



VARIATIONS INTERINDIVIDUELLES DES COMPOTEMENTS OLFACTIFS CHEZ LES ENFANTS DE 6-12 ANS

Camille Ferdenzi

► To cite this version:

Camille Ferdenzi. VARIATIONS INTERINDIVIDUELLES DES COMPOTEMENTS OLFACTIFS CHEZ LES ENFANTS DE 6-12 ANS. domain_other. Université de Bourgogne, 2007. Français. NNT: . tel-00162889

HAL Id: tel-00162889

<https://theses.hal.science/tel-00162889>

Submitted on 16 Jul 2007

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



UNIVERSITE DE BOURGOGNE

ECOLE DOCTORALE SCIENCES DE LA VIE ET DE LA SANTE

Thèse de doctorat
Sciences de l'Alimentation

Présentée par
Camille FERDENZI

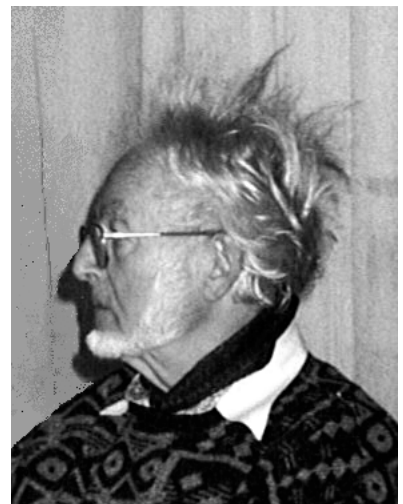
**VARIATIONS INTERINDIVIDUELLES DES
COMPORTEMENTS OLFACTIFS CHEZ LES ENFANTS
DE 6-12 ANS**

Soutenue le 29 juin 2007

Jury

Mme Valérie Camos *Professeur (Université de Bourgogne)*..... **Codirectrice de thèse**
Mme Danièle Dubois *Directeur de Recherche (CNRS, Paris)* **Examineur**
M. André Holley *Professeur (Université Claude Bernard, Lyon)*..... **Examineur**
M. Craig Roberts *Professeur (Université de Liverpool, UK)*..... **Rapporteur**
M. Benoist Schaal *Directeur de Recherche (CNRS, Dijon)*..... **Directeur de thèse**
M. Robert Soussignan ... *Maître de Conférences (Université de Reims)*..... **Examineur**
Mme Arlette Stréri *Professeur (Université Paris V)*..... **Rapporteur**

A Grand-Pierre



**Il y a peu de différence entre un homme et un autre,
mais c'est cette différence qui est tout.**

William James

Remerciements

Mes premiers remerciements s'adressent à Benoist Schaal, pour m'avoir permis de mener à bien ce travail de recherche au Centre Européen des Sciences du Goût, au sein de l'équipe d'Ethologie et de Psychobiologie Sensorielle. Benoist Schaal m'a accordé sa confiance pour alimenter et mener à bien cette recherche, il m'a accompagnée sur ce chemin pavé de difficultés et d'incertitudes et m'a permis de laisser cours à mon imagination et à ma créativité. Merci également d'avoir contribué à ma formation olfactive en me permettant de participer à la Summer School on Human Olfaction à Dresde en 2003 et en m'ouvrant l'esprit à des approches sociologiques et anthropologiques de l'olfaction.

Je remercie tout particulièrement Valérie Camos pour avoir codirigé cette thèse et apporté de ce fait un souffle nouveau sur le projet de recherche, notamment en terme de psychologie de l'enfant. J'ai pu apprécier les bénéfices d'un co-encadrement grâce aux spécificités de chacun des directeurs en terme de cadre théorique, de méthodologies et de vocabulaire.

Je tiens aussi à remercier Dominique Valentin pour avoir épaulé mes débuts dans la recherche sur la perception, et pour son soutien au moment de l'attribution des bourses de thèse ministérielles.

J'exprime ma profonde gratitude à Sylviane Martin, Charlotte Marinot, Laura Tailhandier et Fabien Pacaut qui ont, avec sérieux et bonne humeur, participé à la préparation du matériel expérimental et à la collecte des données dans les écoles, les centres de loisirs et au laboratoire.

Un immense merci aux directeurs d'écoles qui ont accepté le déroulement de notre étude dans leur établissement et sans qui ce projet n'aurait pu être mené à bien : Mme Chauvin, directrice de l'Ecole Joffre, M. Gashen, directeur de l'Ecole Voltaire, Mme Benoît, directrice de l'Ecole Saint Pierre, et Mme Lagoutte et Mme Roizot, directrices successives de l'Ecole Dampierre.

Des remerciements chaleureux pour les enseignants, qui ont accepté avec patience et gentillesse mon intervention pendant les heures de classe et m'ont fait partager la vie de l'école : je pense notamment à Mme Caillet, M. Dardot, Mme Goux, M. Imbeaux, M. Loche, Mlle Michot, Mlle Sanchez et Mme Vilm, de l'école Joffre, à Mme Chiffot, Mme Couësmes, Mme Dubois, Mme Jacques, M. Maillefaud, Mme Penneçot et M. Tixier, de l'Ecole Voltaire, à Mme Brégand, Mme Breugnot, Mme Chéritat, Mme Deschamps, Mme Ferreux, Mme Hug et Mme Joliet, de l'Ecole Saint Pierre, et enfin à Mme Bonnaffoux et Mme Dehan, de l'Ecole Dampierre.

Un grand merci aussi aux responsables des Centres de Loisirs qui ont participé à l'étude, à savoir Mme Giordanna-Pignon et Mlle Ghiro, pour le Centre Aéré de l'Inra à Bretenières, M. Boisson pour la colonie de vacances des Amis de Chaux, Mme Fricot pour la MJC des Grésilles, Mme Perraud pour les MJC Maladière et Montchapet et M. Rollot pour le Centre de Loisirs de Couchey.

J'adresse mes remerciements chaleureux à Michel Tavan pour sa contribution à la fabrication de plusieurs matériels expérimentaux, à Tao Jiang pour ses conseils sur les égalisations d'intensité, à Dominique Valentin et Pascal Schlich pour leurs conseils statistiques. Je tiens à remercier Matthieu Rossé et Robert Soussignan pour leur investissement dans les mesures électrophysiologiques, même si celles-ci n'ont finalement pas été mises en oeuvre. Merci à Véronique Bué, Nadine Mutin, Sabine Gros et Cédric Serrano pour le soutien logistique. Merci aussi aux membres de l'équipe pour leurs contributions : Bruno, Anne-Sophie, Delphine, Sébastien, Luc et Karine.

Je remercie également les psychologues Vanda Gufoni (CESG, Dijon), Carolyn Granier-Deferre et Françoise Askevis (Université Paris V) qui ont participé aux discussions sur la méthode du questionnaire. Un grand merci à André Holley pour les riches discussions autour de ma thématique de recherche. Ma reconnaissance va aussi à Thomas Hummel (Université de Dresde, Allemagne) et Hely Tuorila (Université d'Helsinki, Finlande) pour l'intérêt qu'ils ont manifesté pour le questionnaire de comportement olfactif et pour son utilisation dans leurs pays respectifs.

Merci aux sociétés Firmenich et Granger-Veyron pour avoir fourni à titre gracieux des arômes alimentaires et du papier pour cartes à parfum.

Ayant consacré une partie de ma thèse, non développée dans ce mémoire, à l'étude de l'olfaction des déficients visuels, je tiens à exprimer toute ma gratitude à M. Racine et M. Doubleau pour m'avoir accueillie au Clos Chauveau à Dijon. Merci aussi à Mme Holzschuch, ergothérapeute, et M. Claudet (Editions Les Doigts Qui Rêvent) pour leurs conseils et les discussions enrichissantes sur la déficience visuelle. Je remercie enfin M. Collit et M. Julien, de l'EREA-DV de Villeurbanne, en exprimant mon souhait de voir se concrétiser à l'avenir la collaboration que nous avons entamée.

Pour leur soutien et leur bonne humeur précieuse durant ces mois de labeur, je remercie Alex, Flore, Bao, Dominique & Roseline, et Françoise & Jean-Claude.

Du fond du cœur, je remercie Gérard Coureaud pour son aide, son soutien sans faille et sa présence.

Merci à ma famille : Nanouchka, mes parents, Mamée et Claude, la tribu des zinzins, pour leurs encouragements.

Une pensée toute particulière pour Grand-Pierre qui, avec ses airs de savant fou, a chatouillé mon esprit scientifique. Je te dédie ce travail, à toi qui m'a vue le commencer mais qui n'est plus là pour en voir les fruits. Merci pour ces belles leçons de vie et pour avoir partagé la nature, les livres, et des moments de complicité et de rire irremplaçables.

Enfin, un énorme merci à tous les enfants qui ont participé à l'étude, pour leur enthousiasme, leur spontanéité et leur application, pour les confidences du style « ma mère a une haleine de coyote au réveil » et pour m'avoir fait découvrir ces charmantes créatures que sont les Schlingueurs : merci pour la confiance et l'étonnement !

Symboles et abréviations utilisés dans cet ouvrage

♦ Niveau de significativité des tests statistiques :

- *** : significatif à $p < .001$
- ** : significatif à $p < .01$
- * : significatif à $p < .05$
- *t* : tendance $.05 < p < .10$
- *ns* : non significatif ($p \geq .10$)

♦ Variables olfactives mesurées :

- **score ECOLE** : score obtenu au questionnaire d'Evaluation des Comportements Olfactifs de l'Enfant (sur 16)
- **-Olf/+Olf** : groupes d'enfants les moins olfactifs et les plus olfactifs (premier et dernier quartiles de la distribution des scores ECOLE)
- **SENSIB** : score de sensibilité (capacité de détection de la molécule d'alcool phényl-éthylique) (sur 16)
- **DISCR** : score de discrimination olfactive (sur 16)
- **ID-LIBRE** : identification d'odeurs sans indices (sur 16)
- **ID-QCM** : identification d'odeurs avec indices (sur 16)

♦ Autres :

- **CSP** : catégorie socioprofessionnelle
- **+/-** : odeur plaisante/déplaisante

♦ Dans le texte, les moyennes sont données avec l'écart-type sous la forme (8.8±2.1), tandis que dans les graphiques, l'erreur-type est utilisée préférentiellement.

Table des matières

Introduction.....	1
Contexte théorique	3
1. QUELLE PLACE POUR L'OLFACTION DANS L'ESPECE HUMAINE ?	3
1.1. Brève description du système olfactif humain	3
1.2. L'odorat, un sens trop souvent négligé chez l'Homme	5
1.2.1. L'Homme, un microsmate ?	5
1.2.2. Une dimension sensorielle dévalorisée	6
1.3. L'Homme mérite-t-il vraiment son titre de microsmate ?	7
1.3.1. Conséquences des troubles de l'odorat.....	7
1.3.2. Influence des odeurs sur les comportements humains.....	10
1.3.3. Les activités d'odorisation et de désodorisation dans notre société	13
1.4. Particularités de la modalité olfactive chez l'Homme.....	14
1.4.1. De la difficulté de nommer les odeurs.....	14
1.4.2. La mémoire olfactive : un phénomène durable et lié aux émotions	15
1.4.3. Les aspects implicites de la perception olfactive.....	16
1.5. Aspects de l'olfaction humaine à explorer	17
2. LE DEVELOPPEMENT DES CAPACITES OLFACTIVES CHEZ L'ENFANT	20
2.1. Un sens précocement fonctionnel	20
2.2. Les capacités olfactives de l'enfant.....	21
2.2.1. La sensibilité olfactive.....	21
2.2.2. La discrimination des odeurs	23
2.2.3. La mémoire des odeurs	25
2.2.4. L'identification des odeurs.....	26
2.2.5. L'expression des préférences olfactives	28
2.3. L'impact des odeurs sur les comportements enfantins.....	31
2.3.1. Odeurs et choix alimentaires.....	32
2.3.2. Odeurs sociales et équilibre émotionnel	33
2.3.3. Odeurs ambiantes et modulation de l'état émotionnel et de l'activité mentale.....	35
3. LES DIFFERENCES INTERINDIVIDUELLES EN OLFACTION HUMAINE.....	39
3.1. Différences liées au genre	39
3.1.1. Seuil de détection olfactive.....	39
3.1.2. Identification et mémoire des odeurs	41
3.1.3. Réactivité hédonique	42
3.1.4. Importance et utilisation des odeurs dans la vie quotidienne	42
3.2. Différences liées à l'environnement.....	44
3.2.1. Exposition olfactive et sensibilité	44
3.2.2. Familiarité et perception olfactive : apport des études interculturelles	46
3.2.3. Effet du contexte sur la perception olfactive	48

3.3. Olfaction et personnalité	49
3.3.1. Définition de la personnalité	49
3.3.2. Personnalité et fonctionnement sensoriel	50
3.3.3. Personnalité et perception olfactive	50
3.3.4. Personnalité et olfaction chez l'enfant	52
3.4. Les facteurs de variations individuelles : un système d'interactions	53
4. OBJECTIFS ET HYPOTHESES DE TRAVAIL	56

Partie I Etude de l'attention et de la réactivité aux odeurs chez l'enfant.....61

1. DEVELOPPEMENT D'UN QUESTIONNAIRE DE MESURE DES COMPORTEMENTS OLFACTIFS DE L'ENFANT (ETAPE 1A)	61
1.1. Introduction	61
1.2. Matériels et méthodes.....	62
1.2.1. Participants	62
1.2.2. Méthode.....	63
1.2.3. Procédure	64
1.2.4. Codage des items (développement - finalisation).....	64
1.2.5. Traitements statistiques (développement - finalisation).....	65
1.3. Résultats et discussion.....	65
1.3.1. Sélection des items.....	65
1.3.2. Développement des items.....	66
1.3.3. Finalisation et fiabilité de l'outil.....	68
1.3.4. Résumé et conclusion	69
2. PASSATION DU QUESTIONNAIRE ECOLE ET ANALYSE DES DIFFERENCES INTERINDIVIDUELLES (ETAPE 1B).....	70
2.1. Introduction	70
2.2. Matériels et méthodes.....	71
2.2.1. Participants	71
2.2.2. Méthode.....	72
2.2.3. Procédure	73
2.2.4. Variables calculées.....	73
2.3. Résultats	74
2.3.1. Analyses préalables	74
2.3.2. Analyse du score total de comportement olfactif.....	79
2.3.3. Analyse détaillée par item	80
2.3.4. L'objet d'attachement dans les comportements olfactifs.....	91
2.4. Discussion	94
2.4.1. Qualités et limites du questionnaire ECOLE.....	94
2.4.2. L'écologie olfactive enfantine	97
2.4.3. Différences interindividuelles de comportement olfactif déclaré	100
2.4.4. Résumé et conclusions	104

3. TRAITEMENT DE STIMULATIONS OLFACTIVES PRESENTEES IMPLICITEMENT (ETAPE 2)	105
3.1. Introduction.....	105
3.2. Méthode générale.....	106
3.2.1. <i>Participants</i>	106
3.2.2. <i>Procédure</i>	107
3.3. Expérience 1 - Mémoire associative de paires objet-odeur.....	109
3.3.1. <i>Matériel et méthode</i>	109
3.3.2. <i>Résultats</i>	111
3.4. Expérience 2 - Evaluation hédonique d'objets odorisés.....	115
3.4.1. <i>Matériel et méthode</i>	115
3.4.2. <i>Résultats</i>	116
3.5. Expérience 3 - Tâche de barrage.....	119
3.5.1. <i>Matériel et méthode</i>	119
3.5.2. <i>Résultats</i>	121
3.6. Liens entre le questionnaire ECOLE (Etape 1b) et les expériences 1, 2 et 3 (Etape 2).....	125
3.6.1. <i>Liens entre score ECOLE et scores des expériences 1 à 3</i>	125
3.6.2. <i>Liens entre score ECOLE et évaluation hédonique des odeurs</i>	127
3.6.3. <i>Liens entre score ECOLE et conscience des odeurs dans les Expériences 1 à 3</i>	127
3.6.4. <i>Lien entre score ECOLE et capacité de traitement de l'information</i>	128
3.7. Discussion.....	129
3.7.1. <i>Impact des odeurs sur les performances</i>	129
3.7.2. <i>Liens entre le comportement olfactif rapporté et mesuré en situation</i>	138
3.7.3. <i>Résumé et conclusions</i>	140

Partie II Etude des facteurs liés à l'attention et la réactivité aux odeurs 143

1. SELECTION DES INDIVIDUS LES MOINS ET LES PLUS OLFACTIFS (ETAPE 3).....	143
2. MESURE DES CAPACITES OLFACTIVES DES ENFANTS (ETAPE 4)	145
2.1. Introduction.....	145
2.2. Participants, matériels et méthodes.....	147
2.2.1. <i>Méthode générale</i>	147
2.2.2. <i>Seuil de détection</i>	149
2.2.3. <i>Discrimination</i>	151
2.2.4. <i>Identification</i>	151
2.3. Résultats.....	152
2.3.1. <i>Analyses préalables</i>	152
2.3.2. <i>Capacités olfactives</i>	153
2.3.3. <i>Liens entre les capacités olfactives (Etape 4) et le score total ECOLE (Etape 1b)</i>	157
2.3.4. <i>Liens entre les capacités olfactives (Etape 4) et les autres variables olfactives (Etape 2)</i>	158
2.4. Discussion.....	160
2.4.1. <i>Les capacités olfactives des enfants</i>	160
2.4.2. <i>Liens entre les capacités olfactives et les autres variables olfactives</i>	165
2.4.3. <i>Résumé et conclusions</i>	169

3. EVALUATION PAR LES PARENTS DE LA PERSONNALITE (ETAPE 5), DE L'ENVIRONNEMENT (ETAPE 6) ET DU COMPORTEMENT OLFACTIF DES ENFANTS (ETAPE 7).....	171
3.1. Introduction	171
3.2. Méthode générale	172
3.2.1. <i>Participants</i>	172
3.2.2. <i>Méthode</i>	173
3.2.3. <i>Procédure</i>	173
3.3. Evaluation des traits de personnalité (ETAPE 5)	174
3.3.1. <i>Méthodes</i>	174
3.3.2. <i>Variables calculées</i>	175
3.3.3. <i>Résultats</i>	176
3.3.4. <i>Discussion</i>	181
3.4. Evaluation des caractéristiques de l'environnement (ETAPE 6).....	189
3.4.1. <i>Méthodes</i>	189
3.4.2. <i>Variables calculées</i>	189
3.4.3. <i>Résultats</i>	190
3.4.4. <i>Discussion</i>	197
3.5. Evaluation du comportement olfactif par les parents (ETAPE 7)	206
3.5.1. <i>Méthode</i>	206
3.5.2. <i>Variable calculée</i>	206
3.5.3. <i>Résultats</i>	206
3.5.4. <i>Discussion</i>	208
 Discussion générale.....	 211
1. PERTINENCE DU QUESTIONNAIRE DE COMPORTEMENT OLFACTIF	211
2. LES DIFFERENCES INTERINDIVIDUELLES EN OLFACTION	217
2.1. Différences développementales	217
2.2. Différences liées au genre	223
2.3. Rôle d'autres facteurs liés aux différences interindividuelles	226
3. PERSPECTIVES DE RECHERCHE.....	231
3.1. Approfondir certaines questions soulevées par la démarche exploratoire	231
3.2. Elargir le champ d'application du questionnaire ECOLE	232
 Conclusions	 235
 Références bibliographiques	 237
Annexes.....	255
Curriculum Vitae.....	285

Introduction

Parmi les cinq sens, celui de l'olfaction reste aujourd'hui l'un des moins bien connus. Longtemps malmené par bon nombre d'intellectuels, ce sens à l'architecture archaïque et fortement connecté au fonctionnement émotionnel de l'Homme dévoile, depuis quelques décennies de recherches approfondies, son implication dans les comportements humains. Les stimulations odorantes peuvent véhiculer un contenu informationnel sur les aliments, les personnes et d'autres éléments du milieu dans lequel se développe l'individu. Par ailleurs, l'attraction et le rejet provoqués par les odeurs contribuent à moduler les comportements d'approche et d'évitement envers ces éléments de l'environnement.

Bien que le fonctionnement du sens olfactif humain commence à être mieux compris grâce à des études en laboratoire, la place réellement occupée par les odeurs dans les comportements quotidiens n'a été que rarement évaluée. La compréhension du sens olfactif reste incomplète si l'on ne considère pas son développement dans un système complexe d'interactions entre l'individu (avec ses spécificités biologiques et psychologiques) et son environnement physique et socioculturel. La compréhension et la prise en compte de la variabilité interindividuelle et de ses origines semblent nécessaires pour le chercheur qui souhaite dégager des lois générales sur le comportement humain.

L'enfance de 6 à 10 ans est une période particulièrement propice à l'étude du développement de l'olfaction. A six ans, les enfants commencent à raisonner sur le monde environnant ; les capacités cognitives sont en développement mais déjà suffisantes pour pouvoir recueillir la description verbale de leurs perceptions olfactives. L'enfance est une période de découvertes, d'accumulation d'expériences et de connaissances. Les normes sociales s'imposent progressivement, laissant encore aux enfants leur spontanéité et leur liberté d'expression, notamment par rapport à des comportements olfactifs potentiellement tabous pour les adultes. Enfin, il s'agit d'une période de transition, avant le passage dans l'univers bien particulier (y compris au niveau des odeurs : émises, perçues et recherchées) de l'adolescence.

L'objectif de cette recherche est de mieux comprendre : 1) le *fonctionnement* de l'olfaction, du point de vue de l'attention et de la réactivité olfactives dans des situations de vie quotidienne, mais aussi des capacités olfactives standard (détection, discrimination, identification) et des préférences ; 2) son *développement*, certainement lié à l'amélioration des capacités cognitives avec l'âge et à l'accumulation d'expériences ; 3) *l'impact de facteurs individuels* (notamment psychologiques) *et environnementaux* (exposition aux odeurs, dimensions socioculturelles) sur son fonctionnement. Ce travail relève en priorité de la psychologie (différentielle, développementale et environnementale), et fait aussi appel à des notions de psychophysique et de sociologie. Il s'inscrit dans un cadre de culture française et urbaine, de milieux sociaux plutôt diversifiés, et privilégie une approche écologique, situant l'individu dans son contexte de vie.

Contexte théorique

1. Quelle place pour l'olfaction dans l'espèce humaine ?

L'odorat est une modalité sensorielle qui, par rapport aux sens dits 'majeurs' tels que la vision ou l'audition, a fait l'objet d'un intérêt scientifique assez tardif. En comparaison de certaines espèces animales, l'odorat humain semble avoir perdu de sa fonctionnalité au cours de l'évolution. Cependant, des données scientifiques en nombre croissant s'accordent à montrer que les capacités olfactives humaines sont beaucoup plus fines qu'il n'y paraît et qu'elles jouent un rôle important dans notre vie quotidienne.

1.1. Brève description du système olfactif humain

La Figure 1 représente les voies périphériques et centrales du système olfactif humain et permet d'introduire quelques notions utilisées par la suite.

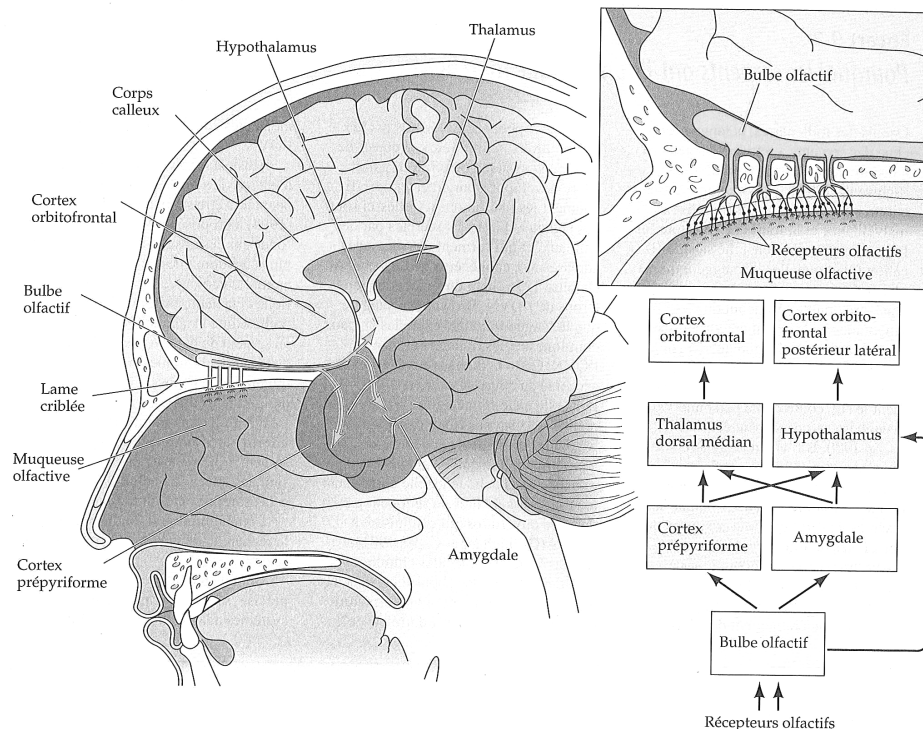


Figure 1 Anatomie du système olfactif humain et, à droite, principales voies olfactives cérébrales (extrait de Rosenzweig et al., 1998).

Les molécules odorantes sont véhiculées dans l'air, par la voie *orthonasale*, c'est-à-dire par les narines, ou par la voie *rétronasale*, c'est-à-dire de la cavité buccale vers les fosses nasales en passant par les choanes. La voie rétronasale implique les arômes libérés lors de la mastication des aliments. Dans les deux cas, les molécules volatiles sont absorbées sur la muqueuse olfactive, zone spécialisée de la muqueuse nasale, située au sommet de la cavité nasale. Après avoir transité à travers le mucus qui recouvre la région olfactive, les molécules odorantes entrent en contact avec les cils des neurones sensoriels olfactifs où elles se fixent sur les protéines réceptrices.

Ces complexes ligands-récepteurs sont à l'origine de la transduction intracellulaire et de la génération de potentiels nerveux se propageant le long des axones, qui forment le nerf olfactif traversant l'os ethmoïde au niveau de la 'lame criblée'. Ces fibres se projettent dans la première structure relais du circuit olfactif, le *bulbe olfactif*, lieu de convergence et de régulation de l'information olfactive (Holley & MacLeod, 1977). Le bulbe olfactif a des connexions avec le *cortex olfactif*, comprenant notamment le cortex piriforme et l'amygdale. Le circuit de transmission se poursuit, d'une part, vers le *cortex orbito-frontal* (via le thalamus), siège des processus de discrimination et d'identification des odeurs, et d'association aux entrées des autres systèmes sensoriels. D'autre part, des connexions existent entre l'amygdale et l'hypothalamus, structures *limbiques* impliquées dans les processus émotionnels. Cette portion du circuit de traitement de l'information olfactive serait fortement impliquée dans les aspects motivationnels et affectifs liés à la perception des odeurs, ainsi que dans ses conséquences comportementales et physiologiques. Enfin, l'information véhiculée dans le cortex olfactif est aussi transmise à des structures impliquées dans les processus mnésiques comme *l'hippocampe* (Kandel et al., 2000 ; Holley, 2006).

Il existe aussi un système olfactif dit 'accessoire' ou 'secondaire' par opposition au système 'principal' ou 'primaire' présenté ci-dessus. Ce système secondaire est constitué d'un organe récepteur *voméronasal* (situé un peu en retrait des narines, de part et d'autre de la cloison nasale). Ce système, longtemps considéré à tort comme étant exclusivement impliqué dans la perception phéromonale, semble inopérant chez l'humain (Tirindelli et al., 1998 ; Keverne, 1999). Notons pour finir que certaines molécules odorantes (comme les alcools ou les acides) ont une composante irritante qui stimule à la fois le système olfactif et le système *trigéminal*. Ce dernier, composé des fibres sensibles et motrices du nerf V

(trijumeau) innervant la muqueuse nasale, est responsable des perceptions tactiles, thermiques et nociceptives des régions faciale, buccale et nasale (Doty, 1995).

1.2. L'odorat, un sens trop souvent négligé chez l'Homme

1.2.1. L'Homme, un microsmate ?

Au début du siècle, Herrick (1924) déclarait que les hommes et les primates sont des organismes microsmates, pour lesquels l'olfaction joue un rôle mineur dans le comportement. Cette distinction entre microsmates (par exemple l'Homme, les cétacés) et macrosmates (par exemple les rongeurs, les carnivores), initiée par Broca (1888), est basée principalement sur des arguments neuroanatomiques comme la taille des organes olfactifs visibles, la surface de l'épithélium olfactif, le volume du bulbe olfactif, ou le volume du bulbe olfactif rapporté au volume du cerveau.

La biologie moléculaire croit confirmer cette classification de micro- et macrosmates en évaluant le nombre de gènes codant pour les récepteurs responsables de la détection des odeurs. Sur le millier de gènes codant pour les récepteurs olfactifs que possède l'Homme, 50 à 70% sont des pseudogènes, c'est-à-dire des gènes non fonctionnels (Rouquier et al., 1998 ; Gilad et al., 2004). Ce pourcentage de pseudogènes est de 30 à 50% chez les singes anthropoïdes (chimpanzés, gorilles), inférieur à 30% chez les primates qui ont divergé à des stades évolutifs plus anciens (singes de l'Ancien et du Nouveau monde), et quasiment nul chez les rongeurs (Rouquier et al., 2000 ; Gilad et al., 2004). Cette diminution du nombre de gènes olfactifs fonctionnels au cours de l'évolution des primates coïnciderait avec l'apparition de la vision trichromatique (Gilad et al., 2004), suggérant qu'avec le perfectionnement des autres sens, l'olfaction aurait perdu de sa fonctionnalité pour les anthropoïdes, y compris l'Homme.

Pourtant, ces données anatomiques et génétiques ne semblent pas suffisantes pour tirer des conclusions sur les performances olfactives et l'utilisation effective des odeurs dans le comportement humain (Schaal & Porter, 1991). En effet, outre l'équipement sensoriel nécessaire à la perception olfactive périphérique, les processus centraux jouent un rôle essentiel dans le traitement des informations et déterminent la façon dont les entrées sensorielles sont utilisées. Ainsi, les espèces dont les capacités cérébrales sont particulièrement développées – dont l'Homme – pourraient atteindre de ce fait un niveau de perception olfactive hautement performant, malgré les limitations évoquées plus haut (Kerverne, 1983).

1.2.2. Une dimension sensorielle dévalorisée

A cette tendance commune de considérer l'Homme comme un microsmate, s'ajoute la connotation négative souvent attribuée à l'odorat humain. Nombreux ont été les biologistes, psychologues, médecins, philosophes et psychanalystes à dévaluer et même rejeter cette modalité du fait de son caractère archaïque et animal, étroitement lié à la sexualité (Le Guérer, 1998, 2002). « Sens du désir, de l'appétit, de l'instinct, celui-ci porte le sceau de l'animalité. Flairer assimile à la bête » (Corbin, 1982, p. IV). Certains parlent de plaisir impur provoqué par les odeurs, d'autres de sens inférieur, vulgaire, primitif, érotique, asocial ou encore égoïste. En d'autres termes, il est considéré comme un sens dédié au plaisir plus qu'à la connaissance : « Victime de sa fugacité, la sensation olfactive ne saurait solliciter d'une manière durable la pensée » (Corbin, 1982, p. IV). Aujourd'hui encore, l'expression des comportements olfactifs (le flairage) est souvent dissuadée, voire réprimée. C'est le cas dans certaines situations impliquant les aliments (il est par exemple malvenu de flairer ostensiblement son assiette avant de l'entamer) ou les odeurs corporelles, qui sont souvent l'objet de tabous. Notons au passage que si ces attitudes envers les odeurs sont caractéristiques de nos cultures occidentales, d'autres cultures valorisent davantage les odeurs (Schleidt, 1992 ; Aubaile-Sallenave, 1997). Cette négativité dont l'odorat a longtemps été teinté n'a certainement pas favorisé l'essor des recherches sur ce sens et a pu notamment rendre difficile l'étude de l' "olfaction sociale". Cependant, surtout à partir des années 1970, sous l'impulsion de l'éthologie et de la psychologie comparative, la curiosité scientifique a bouleversé les tabous, permettant aux recherches de se multiplier dans ce domaine.

En résumé, de nombreux arguments biologiques et culturels convergent pour dire que l'odorat humain a perdu de sa fonctionnalité au cours de l'évolution et qu'il représente un vestige de notre passé évolutif. Peut-on pour autant affirmer que les êtres cognitifs et langagiers que nous sommes devenus sont indifférents aux facettes olfactives de leur environnement ? Les données exposées dans ce paragraphe impliquent-elles que les capacités humaines de détection et d'analyse olfactives sont médiocres ? Rien n'est moins sûr, comme le montre un nombre croissant de travaux sur l'impact des odeurs (ou de leur absence) dans les comportements humains.

1.3. L'Homme mérite-t-il vraiment son titre de microsmate ?

Les dysfonctionnements de l'odorat paraissent avoir des conséquences très négatives sur les comportements quotidiens et la qualité de vie. Chez les individus sains, les odeurs jouent un rôle important dans les comportements alimentaires et sociaux, et influencent les états émotionnels et l'activité mentale. Ces aspects de la sensorialité olfactive humaine, détaillés ci-après, sont autant d'arguments qui remettent en cause l'idée de la microsmatie de l'espèce humaine.

1.3.1. Conséquences des troubles de l'odorat

LA PERTE DE SENSIBILITE OLFACTIVE

Une manière d'évaluer l'importance du sens olfactif dans notre vie quotidienne consiste à interroger les personnes *hyposmiques* (qui ont une sensibilité olfactive réduite) et *anosmiques* (qui ne détectent pas les odeurs). Ces dysfonctionnements peuvent avoir des origines diverses et souvent peu étudiées : traumatismes crâniens, infections respiratoires, maladies sinuso-nasales, maladies neuro-dégénératives (Parkinson, Alzheimer), facteurs génétiques, exposition à des substances toxiques, vieillissement. Dans une étude de cas, Sacks (1985) évoque le cas d'un patient ayant soudainement perdu l'odorat suite à un choc crânien. Celui-ci, victime d'une véritable nostalgie olfactive, s'exprime ainsi (p. 207) :

« Le sens de l'odorat, disait-il, je n'y avais jamais pensé. Normalement, on n'y pense pas. Mais, quand je l'ai perdu, j'ai eu l'impression d'être frappé de cécité. La vie a perdu une bonne partie de sa saveur. On ne sait pas à quel point la saveur est odeur. Vous sentez les gens, vous sentez les livres, vous sentez la ville, vous sentez le printemps – pas consciemment peut-être, mais comme un riche arrière-plan de tout le reste. Tout mon univers se trouvait brusquement et radicalement appauvri... ».

D'autres approches plus systématiques ont mis en évidence une diminution de la qualité de vie, du plaisir de vivre en général (Tennen et al., 1991), et notamment une diminution du plaisir lié à l'alimentation (Ferris & Duffy, 1989 ; Van Toller, 1999 ; Miwa et al., 2001). La sensation communément appelée 'goût' est formée par les saveurs, perçues au niveau de la langue (gustation), et par les arômes, perçus grâce à l'olfaction rétronasale. Du fait de la richesse des arômes existants, sans commune mesure avec celle des saveurs, l'olfaction prédomine dans le

traitement sensoriel des aliments. La perte totale de l'olfaction ne laisse place qu'aux saveurs (notamment sucrée, salée, acide et amère), sans le relief apporté par la multiplicité des odeurs. Van Toller (1999) rapporte que certaines personnes anosmiques en oublient de manger. Les conséquences de ces modifications perceptives sur les choix alimentaires, l'équilibre nutritionnel ou les variations de poids restent néanmoins controversées (Van Toller, 1999 ; Hummel & Nordin, 2005).

La perte de l'odorat affecte aussi les interactions sociales et la vie sexuelle des personnes (Tennen et al., 1991 ; Varga et al., 2000). Par exemple, certains patients rapportent : « J'appréhende toujours d'avoir mauvaise haleine. J'ai peur d'offenser les gens » et évoquent une diminution de la libido (Tennen et al., 1991). La diminution du plaisir alimentaire semble interagir avec la vie sociale, du fait que celle-ci prend souvent forme autour d'un repas. Les individus atteints d'anosmie apprécient moins ces moments, ont des réticences à cuisiner ou à aller au restaurant, et ont donc tendance à limiter ce type d'interactions sociales (Tennen et al., 1991).

Outre la perte d'une dimension hédonique du quotidien, les personnes atteintes de troubles de l'odorat perdent l'accès à des informations importantes concernant les dangers domestiques. Lorsqu'on les interroge, elles rapportent plus fréquemment que des sujets *normosmiques* avoir vécu, du fait de leur déficience, des événements potentiellement dangereux, tels que des incidents lors de la préparation des repas (des plats qui brûlent), l'ingestion d'aliments avariés ou l'incapacité à détecter une fuite de gaz ou un feu (Miwa et al., 2001 ; Santos et al., 2004). Comme le souligne Corbin (1982, p. V), l'odorat « sentinelle » reste le « meilleur analyste des qualités de l'air ».

La perte d'odorat pourrait certes avoir certains avantages, comme celui de ne plus être confronté aux odeurs désagréables des excréments, de la transpiration, du vomi ou de la décomposition (Tennen et al., 1991). Toutefois, la perte du plaisir associé aux odeurs alimentaires et sociales revêt une telle importance qu'elle va de pair avec une augmentation de la prévalence des symptômes dépressifs chez les personnes atteintes de dysfonctions olfactives (Deems et al., 1991 ; Varga et al., 2000).

L'HYPERSENSIBILITE AUX ODEURS

A l'inverse des personnes anosmiques, certains individus présentent une hypersensibilité aux odeurs environnantes. Une enquête réalisée aux Etats-Unis (Bell et al., 1993) auprès de 650 étudiants indique une prévalence élevée de l'intolérance aux odeurs de pesticides, de gaz d'échappement, de peinture, de moquette ou de parfum (66% sont intolérants à au moins une de ces odeurs et 15% à au moins quatre de ces odeurs). Une autre étude plus récente confirme la forte prévalence de ce trouble (Caress & Steinemann, 2004), en rapportant 11% d'individus sujets à une intolérance olfactive dans un panel représentatif de la population américaine. Le terme de syndrome de Sensibilité Chimique Multiple SCM (*Multiple Chemical Sensitivity*, proposé par Cullen, 1987) est utilisé pour désigner ces intolérances olfactives. Ce syndrome ne semble pas lié à une plus grande sensibilité de détection olfactive, mais plutôt à des traits d'anxiété, de dépression et de somatisation (Doty et al., 1988 ; Caccappolo-van Vliet et al., 2002 ; Papo et al., 2006), bien que l'existence de liens de cause à effet entre troubles psychologiques et intolérance aux substances chimiques n'ait pas été clairement démontrée (Magill & Suruda, 1998). D'autres hypothèses ont été avancées pour expliquer ce syndrome (phénomènes allergiques, apprentissage associatif entre des odeurs et des substances aux effets toxiques ou stressants), mais son étiologie reste controversée (Hastings & Miller, 2003). Les symptômes déclenchés par cette perception exacerbée des odeurs désagréables sont la fatigue, les maux de tête, les troubles intestinaux et respiratoires, l'anxiété ou encore les vertiges (Miller & Mitzel, 1995). Ils interfèrent sérieusement avec la vie quotidienne, entraînant souvent une limitation des activités, un retrait social et la modification des habitudes hygiéniques et alimentaires (Lax & Henneberger, 1995). Leurs conséquences très négatives sur la qualité de vie (Bell et al., 1993 ; Nordin et al., 2003) expliquent les nombreuses recherches actuelles autour des causes et des traitements possibles de ce syndrome.

La diminution ou l'augmentation de l'intensité perçue des odeurs sont au cœur de la plupart des plaintes des patients atteints de troubles olfactifs. Il existe cependant d'autres troubles comme la *parosmie* (distorsion des perceptions olfactives) ou la *phantosmie* (hallucinations, perception d'odeurs qui n'existent pas), qui, la plupart du temps, sont à l'origine de perceptions olfactives déplaisantes et altèrent elles aussi la qualité de vie (Leopold, 1995).

1.3.2. Influence des odeurs sur les comportements humains

LA PRISE ALIMENTAIRE

La dimension olfactive prédomine dans la perception des aliments. Son impact sur le plaisir alimentaire a été décrit plus haut à travers les effets délétères de l'anosmie. La composante olfactive joue un rôle essentiel dans les mécanismes d'attraction et d'aversion alimentaire. Elle véhicule des informations sur le contenu nutritionnel et la sécurité des aliments (Mattes, 2003), grâce à l'apprentissage associatif préalable entre les odeurs et les effets post-ingestifs positifs (plaisir, rassasiement) ou négatifs (malaise). La sensibilité à l'une des composantes odorantes d'un aliment pourrait influencer la réponse de consommation de cet aliment (Weiler et al., 2000 ; Font i Furnols et al., 2003), bien que cette tendance ne soit pas toujours vérifiée (Solbu et al., 1990). Le lien entre perception olfactive et choix alimentaires s'exprime aussi dans le cas de la néophobie alimentaire, qui se traduit par le rejet des aliments non familiers, et qui est associée à une moindre appréciation des odeurs alimentaires et à une inhibition de l'échantillonnage olfactif (faible activité de flairage : Frank & van der Klaauw, 1994 ; Raudenbush et al., 1998). L'implication des odeurs dans les mécanismes d'attraction/rejet alimentaires s'exprime aussi à travers l'alternance entre l'état de faim et l'état de satiété, qui correspond à des changements d'appréciation des odeurs alimentaires (Holley, 1999). De plus, les odeurs alimentaires jouent un rôle dans le déclenchement anticipatoire de la physiologie digestive : leur perception, avant toute ingestion, favorise l'émission des sécrétions salivaires, gastriques et de diverses hormones comme l'insuline (Mattes, 2003). Elles sont aussi étroitement liées aux mécanismes de la satiété (Holley, 1999 ; Yeomans, 2006). Ainsi, la prise alimentaire est-elle modulée par les aspects hédoniques et fonctionnels des odeurs des aliments.

LES INTERACTIONS SOCIALES

Les odeurs des personnes avec lesquelles nous interagissons ont un impact sur nos comportements (Schleidt, 1992 ; Schaal, 1996, 2001). Le corps humain possède une signature olfactive complexe, constituée par le mélange des diverses sécrétions corporelles (sueur, sébum, mucus, salive etc.), ainsi que par les produits surajoutés (cosmétiques) et du métabolisme (alimentation) (Schaal & Porter, 1991). Le rôle de ces signatures olfactives individuelles dans l'attraction ou la répulsion interpersonnelle ne doit pas être négligé chez l'Homme. Par exemple, le type

immunogénétique des individus (Complexe Majeur d'Histocompatibilité, CMH) est associé à des phénotypes olfactifs particuliers, et les individus expriment des préférences olfactives pour des personnes ayant un CMH différent du leur (Wedekind et al., 1995 ; Wedekind & Furi, 1997), ce qui pourrait avoir un rôle dans la réduction de la consanguinité (Schaal, 2001). Par ailleurs, l'odeur corporelle des femmes serait plus attractive pendant leur période féconde (Singh & Bronstad, 2001). Aucune étude n'examine de façon directe l'impact de l'odeur corporelle sur le choix d'un partenaire sexuel, mais lorsqu'on les interroge, les femmes disent accorder plus d'importance à l'odeur de leur partenaire sexuel qu'à ses autres caractéristiques sensorielles (apparence, son de la voix, toucher de la peau) ou sociales (Herz & Inzlicht, 2002). On peut aussi noter le rôle inhibiteur des odeurs jugées déplaisantes dans la vie sociale, du fait du rejet ou du retrait volontaire de la personne émettrice (Todd, 1979 ; McKeown, 2003). Enfin, la vie sociale humaine est marquée par les odeurs dans des contextes culturels divers, tels que l'affirmation de l'identité ethnique (Schleidt, 1992) ou les rites de passage (Aubaile-Sallenave, 1997).

L'ETAT EMOTIONNEL ET L'ACTIVITE MENTALE

L'exposition à des odeurs ambiantes affecte l'attitude et l'humeur des personnes (Ehrlichman & Bastone, 1992 ; Herz, 2002). Plus précisément, les odeurs jugées plaisantes ont pour effet d'améliorer les évaluations de l'humeur (Ludvigson & Rottman, 1989 ; Knasko, 1995), en diminuant les niveaux d'anxiété, de sentiment dépressif, de tension et de colère (Schiffman et al. 1995b ; Lehrner et al., 2005). Les effets inverses, c'est-à-dire l'induction de ressentis négatifs, sont obtenus avec des odeurs déplaisantes (Knasko 1992 ; Schiffman et al., 1995a). Notons toutefois que, de façon surprenante, Chen et Haviland-Jones (1999) ont montré une atténuation de l'autoévaluation de l'état dépressif suite à la perception d'odeurs corporelles humaines, que celles-ci soient perçues comme étant agréables ou non.

L'introduction dans l'atmosphère d'odeurs hédoniquement contrastées influence également l'activité cognitive des individus. Par exemple, la présence d'une odeur plaisante dans le cadre professionnel influence de façon positive l'attitude et les performances d'employés dans des activités de négociation et de gestion de conflit (Baron, 1990). Au contraire, une odeur déplaisante diminue les performances scolaires d'étudiants, en les rendant, par exemple, moins tolérants à une tâche frustrante (Rotton, 1983). Plus récemment, Degel et Köster (1999) ont montré que les performances à des tests de mathématiques et de comptage de lettres étaient

meilleures en présence d'une odeur de lavande (ni plaisante, ni déplaisante, selon les participants) qu'en présence d'une odeur de jasmin (déplaisante). La valence hédonique des odeurs ambiantes peut donc influencer l'humeur et les comportements, et ceci au même titre que d'autres stimulations environnementales comme la musique ou la lumière (cf. Herz, 2002).

L'impact de la dimension hédonique des odeurs sur les comportements peut être expliqué en partie par des mécanismes d'apprentissage associatif et de conditionnement (Herz, 2002) : les odeurs déplaisantes véhiculent tension et stress du fait de leur signification (maladie, malpropreté, nocivité), tandis que les odeurs plaisantes véhiculent un sentiment de bien-être et de relaxation (Nakano et al., 1992, cité par Herz, 2002). Le pouvoir de ces associations est révélé à travers plusieurs travaux sur la suggestibilité des participants. La première montre que le simple fait de croire à la présence d'une odeur déplaisante, alors que les sujets se trouvent dans une pièce non odorisée, influence l'humeur de façon négative (Knasko et al., 1990). De façon similaire, lorsqu'on expose les participants à des odorants décrits comme ayant des propriétés bénéfiques ou nocives, indépendamment de leurs propriétés réelles, les participants autoévaluent leur santé et leur bien-être directement en fonction de la croyance induite par l'expérimentateur (Dalton, 1999 ; Campenni et al., 2004). Par ailleurs, les états émotionnels induits par la dimension hédonique des odeurs sont corroborés par des mesures physiologiques (rythme cardiaque, conductance de la peau, réflexe de sursaut). Celles-ci révèlent une excitation du système nerveux autonome plus importante lors de l'inhalation d'une odeur désagréable que lors de l'inhalation d'une odeur agréable (Miltner et al., 1994 ; Alaoui-Ismaili et al., 1997). Ces mesures objectives sont étroitement liées à celles de l'autoévaluation de l'humeur (Bensafi et al., 2002). Notons ici que l'idiosyncrasie des associations construites autour des odeurs est susceptible d'entraîner des réponses dont la variabilité interindividuelle est difficile à contrôler dans le cadre d'une expérimentation.

Certaines études mettent en avant les propriétés stimulantes/excitantes et calmantes/sédatives des odeurs, sans les relier à des considérations d'ordre hédonique. Ces effets sont déterminés par des mesures physiologiques et comportementales qui montrent, par exemple, un effet calmant des odeurs florales comme la lavande ou la rose (Torii et al., 1988 ; Sugano, 1989 ; Heuberger et al., 2004 ; Goel et al., 2005) ou un effet stimulant des odeurs d'agrumes et de menthe (Warm et al., 1990 ; Kikuchi et al., 1991 ; Miyasaki, 1991). Ces effets sont toutefois susceptibles d'être modulés en fonction de l'attente des sujets par

rapport aux odeurs (Lorig & Roberts, 1990 ; Ilmberger et al., 2001). Leurs conséquences comportementales pourraient dépendre de l'état initial de vigilance ou de stress des sujets (Degel & Köster, 1999) : une odeur a priori stimulante peut améliorer la vigilance (effet bénéfique) ou à l'extrême aggraver le stress (effet délétère), et de la même façon une odeur a priori calmante peut selon le contexte diminuer le stress (effet bénéfique) ou entraîner une baisse de vigilance (effet délétère). C'est ainsi, par exemple, que des odeurs considérées comme calmantes (lavande, bergamote) ont dans certains cas des effets positifs (Sugano & Sato, 1991 ; Degel & Köster, 1999) et dans d'autres, des effets négatifs sur les performances à des tests nécessitant la mobilisation de l'attention (Ludvigson & Rottman, 1989 ; Gould & Martin, 2001 ; Rodionova & Minor, 2005).

Dans l'ensemble, les études présentées ici mettent en évidence que la perception des odeurs ambiantes n'est pas sans conséquences sur le bien-être, le comportement et la physiologie humaine. Ces conclusions sont à l'origine d'un engouement récent de la psychologie environnementale pour des applications dans le domaine du marketing. L'effet du contexte sur les comportements du consommateur est bien connu, et si une grande importance est accordée à l'éclairage et à l'ambiance sonore des points de vente, le contrôle de l'ambiance olfactive aurait aussi un impact. En effet, une ambiance olfactive agréable et relaxante a des effets positifs sur l'évaluation des produits et du magasin, ainsi que sur l'évaluation du temps passé dans le magasin (Spangenberg et al., 1996 ; Morrin & Ratneshwar, 2000). Dans d'autres contextes de consommation, l'odorisation de l'atmosphère influence le temps passé et les sommes dépensées au restaurant (Guégen & Petr, 2006), ainsi que les sommes mises en jeu au casino (Hirsch, 1995).

1.3.3. Les activités d'odorisation et de désodorisation dans notre société

Enfin, l'importance des odeurs dans la vie humaine est incontestable si l'on considère les nombreuses actions destinées à odoriser et désodoriser l'environnement et le corps, et l'importante activité industrielle et commerciale qui y est associée (Martin & Laffort, 1991 ; Holley, 1999). D'une manière générale, les humains cherchent à éliminer les odeurs qu'ils jugent comme étant désagréables pour les remplacer par des odeurs plus plaisantes : la recherche de l'effet positif de l'odeur est au centre de ces activités (séduction, plaisir alimentaire, bien-être). Les odeurs corporelles sont effacées et masquées par l'ajout d'odeurs artificielles (parfums, déodorant). De plus, les produits cosmétiques ou d'entretien

domestique non parfumés sont extrêmement rares. Parallèlement, l'industrie alimentaire développe une énergie considérable à l'aromatisation des aliments, et des avancées environnementales notables sont observées en matière de désodorisation de l'air et de l'eau (Martin & Laffort, 1991 ; Guerrand, 2004). Enfin, on remarque un engouement croissant pour l'utilisation de parfums d'ambiance (destinés à la maison, la voiture), ainsi que pour l'aromathérapie. Au total, l'intensité de ces activités de recherche, de développement et de promotion autour des odeurs constitue un argument de poids pour affirmer que l'Homme est loin de négliger la dimension olfactive de son environnement et des membres de son espèce.

1.4. Particularités de la modalité olfactive chez l'Homme

La convergence des observations présentées ci-dessus permet de reconsidérer l'odorat comme une entrée sensorielle riche en potentiel informatif et puissante dans la régulation des comportements humains. Si l'impact de l'olfaction sur la vie quotidienne a été relativement peu étudié, de nombreuses études en laboratoire ont permis de mieux connaître ses spécificités en matière de traitement cognitif, notamment de verbalisation et de mémorisation.

1.4.1. De la difficulté de nommer les odeurs

Une des particularités de la perception olfactive est la difficulté rencontrée pour nommer les odeurs. Inhaler un odorant déclenche plus facilement une impression de familiarité qu'une étiquette verbale : ce phénomène a été baptisé « *tip-of-the-nose state* » par Lawless et Engen (1977), par analogie au « *tip-of-the-tongue state* » qui se traduit par « avoir un mot sur le bout de la langue ». Retrouver le nom d'une odeur n'est donc pas chose aisée, et lorsqu'on demande à des sujets de faire l'effort d'identifier des odorants communs, sans leur fournir aucun indice, on constate leur piètres performances puisqu'ils ne parviennent à identifier que 40 à 45% des stimulations présentées (Lawless & Engen, 1977 ; Cain, 1979 ; Rabin & Cain, 1984). Ces faibles performances peuvent s'expliquer par l'absence de vocabulaire spécifique pour décrire les odeurs dans nos sociétés (ce qui n'est pas le cas dans toutes les cultures, cf. Mouélé, 1997 ; Dubois, 2006) : le label attribué à un odorant désigne toujours l'odeur *de quelque chose*, comme si, par exemple, on nommait couleur *de citron* la couleur *jaune*. L'identification des odeurs est par conséquent peu consensuelle : les noms générés sont souvent idiosyncrasiques (par exemple, *odeur des petits gâteaux préparés par ma grand-mère à Noël* pour désigner

l'odeur de *cannelle*). Les faibles performances d'identification pourraient alors être en partie dues à la difficulté de l'expérimentateur à décider de l'exactitude d'une réponse. Par ailleurs, l'identification des odeurs fait appel à la mémoire d'association entre un odorant et un nom, association qui est loin d'être automatique dans les conditions de la vie quotidienne. Notons que si l'on allège la tâche de rappel d'une dénomination adéquate pour un odorant en demandant aux sujets de choisir parmi plusieurs alternatives, les performances sont nettement améliorées (Cain et al., 1995).

1.4.2. La mémoire olfactive : un phénomène durable et lié aux émotions

Spontanément, la mémoire des odeurs n'est donc pas de nature sémantique, même si le fait d'associer volontairement un nom à une odeur aide à la mémoriser (Walk & Johns, 1984 ; Lyman & McDaniel, 1990). La mémoire olfactive relève davantage de processus épisodiques, de sorte que l'encodage d'une odeur englobe tout le contexte de cette perception, à savoir le lieu, le moment, l'événement et les émotions associés (Köster, 2002). C'est la raison pour laquelle les odeurs sont d'efficaces indices de rappel d'événements passés (Laird, 1935 ; Aggleton & Waskett, 1999), comme l'illustre le célèbre épisode de la madeleine de Proust (1989, p. 77-80) :

« [...] je portai à mes lèvres une cuillerée du thé où j'avais laissé s'amollir un morceau de madeleine. Mais à l'instant même où la gorgée mêlée des miettes du gâteau toucha mon palais, je tressaillis, attentif à ce qui se passait d'extraordinaire en moi. Un plaisir délicieux m'avait envahi, isolé, sans la notion de sa cause. [...] D'où avait pu me venir cette puissante joie ? [...] Et tout d'un coup le souvenir m'est apparu. Ce goût, c'était celui du petit morceau de madeleine que le dimanche matin à Combray [...] quand j'allais lui dire bonjour dans sa chambre, ma tante Léonie m'offrait après l'avoir trempé dans son infusion de thé ou de tilleul. La vue de la petite madeleine ne m'avait rien rappelé avant que je n'y eusse goûté [...]. Mais, quand d'un passé ancien rien ne subsiste, après la mort des êtres, après la destruction des choses, seules, plus frêles mais plus vivaces, plus immatérielles, plus persistantes, plus fidèles, l'odeur et la saveur restent encore longtemps, comme des âmes, à se rappeler, à attendre, à espérer, sur la ruine de tout le reste, à porter sans fléchir, sur leur gouttelette presque impalpable, l'édifice immense du souvenir. »

Cet extrait évoque également les dimensions émotionnelle, autobiographique et ancienne des souvenirs olfactifs, qui semblent être plus marquées que pour les autres modalités sensorielles (Herz & Cupchik, 1995 ; Chu & Downes, 2000, 2002 ; Mohr et al., 2001 ; Herz & Schooler, 2002). La spécificité émotionnelle des souvenirs olfactifs s'exprime à travers le fait que les associations générées à partir de la perception de stimuli olfactifs sont généralement plus émotionnelles que celles générées à partir de stimuli d'autres modalités (Hinton & Henley, 1993 ; Mohr et al., 2001). Des considérations neuroanatomiques pourraient expliquer ce phénomène, dans la mesure où le bulbe olfactif a des connexions directes avec les structures cérébrales impliquées dans les émotions et la mémoire (Herz, 2002). Quant à la longévité des souvenirs olfactifs, elle correspond à la remarquable résistance à l'oubli mesurée en condition expérimentale, qui serait supérieure à celle des mémoires visuelle et verbale (Engen & Ross, 1973 ; Herz & Engen, 1996).

1.4.3. Les aspects implicites de la perception olfactive

La plupart des travaux portant sur la mémoire olfactive utilisent des tâches explicites, où l'on demande aux sujets de sentir des odorants et de les mémoriser avant de leur demander de les reconnaître parmi d'autres. Or, le traitement de l'information olfactive pourrait être en partie implicite. Kirk-Smith et al. (1983) ont introduit la notion de 'conditionnement olfactif inconscient', processus qui a été approfondi par Degel et Köster (1999). Ces derniers ont exposé à leur insu trois groupes de sujets, l'un à une odeur ambiante de lavande, l'autre à une senteur de jasmin et le dernier à une condition inodore, dans trois pièces distinctes. Plus tard, les sujets devaient sentir plusieurs odorants, incluant celui rencontré auparavant, et évaluer leur degré de correspondance avec divers environnements présentés sous forme de photographies, incluant la pièce où s'était déroulée l'exposition à l'une des conditions odorantes. Le degré de correspondance entre l'odeur et la pièce était plus élevé chez les sujets ayant rencontré cette association lors de la phase d'exposition que chez les sujets exposés à une autre association odeur-pièce. Les quelques sujets se rappelant explicitement avoir senti l'odeur cible dans la pièce test ayant été écartés des analyses, les auteurs concluent à l'existence d'une mémorisation implicite des odeurs ambiantes.

Bien que nous soyons capables de focaliser notre attention sur des stimulations olfactives (Spence et al., 2001), nous ne semblons pas le faire systématiquement au quotidien. Köster (2002) propose que dans les conditions de vie commune, le

traitement des informations olfactives, et notamment leur mémorisation, s'effectue le plus souvent de façon non intentionnelle et plutôt implicite. L'existence d'un traitement implicite des odeurs a été mise en évidence à travers des tâches de mémorisation, mais aussi à travers l'impact d'une odeur ambiante diffusée à l'insu des sujets sur leurs comportements de consommation (Spangenberg et al., 1996) et sur leurs performances à des tests cognitifs (Degel & Köster, 1999). En outre, le traitement implicite des odeurs pourrait être plus efficace qu'un traitement explicite : dans l'étude de Degel et Köster (1999) présentée plus haut, les sujets qui parviennent a posteriori à nommer l'odeur ambiante à laquelle ils ont été exposés n'ont pas mémorisé cette odeur, alors que ceux qui se sont montrés incapables de l'identifier l'ont mémorisée. En revanche, dans des conditions où les odorants sont présentés explicitement (et non à l'insu des sujets), le caractère fortuit ou intentionnel de l'apprentissage ne semble pas entraîner de différences de performance pour leur reconnaissance (Engen & Ross, 1973 ; Larsson et al., 2003). Dans l'ensemble, les mécanismes du traitement implicite des odeurs sont encore mal connus et leur étude pourrait offrir de réelles perspectives pour la compréhension du fonctionnement de l'odorat dans des conditions écologiquement valides (Issanchou et al., 2002 ; Köster, 2002).

1.5. Aspects de l'olfaction humaine à explorer

Dans les paragraphes précédents, nous avons mis en évidence que l'olfaction influe sur les interactions de l'Homme avec son environnement. L'impact et les spécificités de ce sens sont à présent mieux connus, mais plusieurs aspects doivent encore être explorés : c'est le cas notamment de l'importance et de l'utilité des odeurs dans la *vie quotidienne*. Comme le suggèrent Kirk-Smith et Booth (1987), il faudrait pouvoir aborder des situations de la vie de tous les jours avec le minimum d'intrusion, car les réponses aux odeurs en conditions expérimentales, souvent dénuées de signification psychologique, pourraient ne pas correspondre aux réponses qui seraient obtenues dans des conditions de vie réelle. Cette approche paraît malaisée étant donné le caractère individuel (intime, autobiographique), caché (implicite, parfois tabou) et la faible communicabilité de l'olfaction. Pourtant, nous avons pu constater l'apport considérable d'approches qualitatives des anthropologues, philosophes et historiens dans l'étude de ces questions, ainsi que la contribution de méthodes plus quantitatives et systématiques relevant de la psychologie, et dont l'émergence est récente.

Dans le domaine des sciences humaines et sociales, la réflexion sur la place de l'olfaction dans notre société et dans d'autres cultures est, depuis quelques années, en plein essor. Par exemple, plusieurs approches anthropologiques ont permis d'observer puis de décrire les croyances et les rites associés aux odeurs dans différentes cultures, qui attribuent à certaines substances odorantes des propriétés médicinales et/ou spirituelles (Howes, 1986 ; Aubaile-Sallenave, 1997 ; Motte-Florac, 1999 ; Coiffier, 2004 ; Obringer, 2004). A propos des sociétés occidentales, l'historien Corbin (1982) brosse un tableau détaillé de l'avènement d'une sensibilité nouvelle à la fin du XVIII^{ème} siècle, prônant la pureté et la désodorisation des corps et de l'environnement. Mais ce contrôle des odeurs devenu primordial ne signe pas forcément la perte des compétences olfactives ni l'exclusion des odeurs de notre environnement perceptif. Ainsi, Candau (2004) met en évidence l'existence de savoir-faire olfactifs développés et spécifiques, en s'appuyant sur l'analyse anthropologique de l'expertise olfactive dans certaines professions (cuisiniers, médecins légistes). Tandis que certains auteurs soulignent l'importance des odeurs dans les interactions sociales, comme marqueurs de l'individualité et de l'altérité (Howes, 1986 ; Le Breton, 2003), impliqués dans l'attachement et la séduction (Chaumier, 2003 ; Petit-Skinner, 2004), d'autres insistent sur l'importance commerciale des parfums et des produits parfumés (Classen & Howes, 1994) et à la montée du marketing olfactif (Courbet & Fourquet, 2003).

Dans le domaine de la psychologie est apparu, depuis quelques années, un intérêt particulier pour l'étude de l'olfaction au quotidien par l'exploitation de l'introspection et de l'autoévaluation, méthode classiquement utilisée dans l'étude des comportements et attitudes individuelles. Le questionnement permet de recueillir une richesse d'informations autrement inaccessibles à l'expérimentateur, et relativement fiables si un certain nombre de précautions sont respectées. C'est notamment grâce à ce type d'approche qu'ont pu être évaluées les conséquences des troubles olfactifs sur la vie quotidienne (voir plus haut). D'autres questionnaires ont également été développés pour étudier l'importance attribuée aux odeurs par des sujets sains dans leur quotidien. Parmi les premiers, celui de Lenti Boero (1995) a consisté à demander à une centaine d'étudiants de parler de leurs odeurs préférées et de ce qu'elles leur évoquent. La plupart des odeurs citées sont des odeurs sociales, de nature ou d'alimentation ; elles sont le plus souvent associées à des personnes ou à des moments particuliers du cycle journalier, annuel ou du cycle de la vie.

Par la suite, des questionnaires plus structurés ont été développés, utilisant comme mode de réponse la notation sur des échelles de type Likert. Ainsi, Wrzesniewski et al. (1999) ont créé l'AIO – Affective Impact of Odors – afin d'évaluer dans quelle mesure les odeurs influencent l'appréciation des lieux, des objets et des personnes (par exemple : « Quand vous aimez un nouveau produit cosmétique, est-ce en partie parce que vous aimez son odeur ? »). Le SoSQ – Sense of Smell Questionnaire – (Martin et al., 2001) interroge les personnes à la fois sur leurs comportements vis-à-vis des odeurs (par exemple : « J'utilise des produits cosmétiques ayant des parfums différents selon l'humeur dans laquelle je suis ») et sur leurs croyances par rapport à l'olfaction (« L'aromathérapie peut être utilisée pour traiter des maladies spécifiques »). Herz et Inzlicht (2002) ont examiné l'importance de la dimension olfactive par rapport à d'autres caractéristiques (visuelles, sociales) dans le choix d'un partenaire sexuel. La CSS – Chemical Sensitivity Scale – de Nordin et al. (2003) a permis d'évaluer le degré d'intolérance aux odeurs dans des situations concrètes de la vie quotidienne (par exemple : « Au cinéma, le parfum des autres me dérange »). Le questionnaire le plus récent est celui développé par Cupchik et al. (2005), l'OELQ – Odours in Everyday Life Questionnaire. Il est conçu pour évaluer le rôle des odeurs dans la perception de l'environnement, dans les pratiques quotidiennes, la sexualité et les relations sociales, et dans les souvenirs (par exemple : « Les odeurs sont-elles importantes dans votre vie sentimentale ? » ou « Mangez-vous de l'ail ou des oignons avant des interactions sociales ? »). D'une manière générale, ces outils se sont montrés fructueux et les comportements olfactifs autoévalués se sont avérés liés aux réactions individuelles en situation olfactive réelle (Cupchik et al., 2005), ainsi qu'au genre (Martin et al., 2001 ; Herz & Inzlicht, 2002 ; Nordin et al., 2004a) et à la culture (Wrzesniewski et al., 1999). Ce type d'approche basée sur des données verbales, relativement récente, paraît donc utilisable pour évaluer les comportements et attitudes envers la dimension olfactive de l'environnement chez l'adulte.

Le questionnement comme outil d'approche de l'olfaction semble donc prometteur. Il est entendu que cette méthode possède des limites du fait qu'elle repose sur ce que les personnes interrogées disent faire, et non pas toujours sur ce qu'elles font réellement (ce décalage potentiel pouvant être créé intentionnellement ou non par les sujets). Cependant, elle permet – mieux qu'aucune autre – une approche fine des attitudes, des représentations et des conduites exprimées dans la vie quotidienne. En ce sens, cette méthode est hautement écologique. Jusqu'à présent dans l'étude de l'olfaction, ce type

d'approche n'a été mis en œuvre que chez l'adulte. Dans cette étude, nous étendrons cette approche à la population enfantine, afin d'explorer les spécificités olfactives liées à cette période de la vie et de mieux comprendre le développement de cette modalité sensorielle. Bien que les capacités olfactives au cours de l'ontogenèse commencent à être mieux connues, de nombreuses zones d'ombre persistent dans la connaissance de l'olfaction chez l'enfant.

2. Le développement des capacités olfactives chez l'enfant

Dans cette seconde partie sont rassemblées différentes approches ayant permis de mieux comprendre le développement de l'odorat chez l'Homme. Ce sens apparaît fonctionnel très tôt au cours de l'ontogenèse, et les capacités olfactives des enfants peuvent se montrer extrêmement fines. Les périodes de développement étudiées et les dimensions olfactives mesurées restent toutefois hétérogènes. Quant à l'impact des odeurs sur les comportements et la vie quotidienne, il est encore moins connu chez l'enfant que chez l'adulte.

2.1. Un sens précocement fonctionnel

L'odorat est fonctionnel dès la vie fœtale : différentes approches, allant de l'examen neuroanatomique à l'observation de la réactivité aux odeurs des prématurés, ont permis d'émettre cette affirmation. D'un point de vue anatomique (pour revues, cf. Schaal, 1988 ; Schaal et al., 1995), les cellules réceptrices du système olfactif sont formées dès la 11^{ème} semaine de gestation et semblent être fonctionnelles (Pyatkina, 1982). Au bout de 18 semaines, le bulbe olfactif possède une structuration comparable à celle de l'adulte (Humphrey, 1940), et au bout de 6 mois de gestation, les bouchons qui obturaient auparavant les narines sont résorbés, permettant un flux de liquide amniotique dans la cavité nasale (Schaffer, 1910).

D'un point de vue fonctionnel, d'autres études montrent que les nouveau-nés prématurés sont capables de détecter des stimulations olfactives, et même de les discriminer dès le début du troisième trimestre de gestation (Sarnat, 1978 ; Pihet et al., 1997). Ces observations conduisent à penser que le fœtus de cet âge est capable de détecter les odeurs, puisque la perception olfactive en milieu liquide est

possible (Schaal & Orgeur, 1992). Cette hypothèse est confirmée par des travaux basés sur la présence, dans le liquide amniotique, de molécules aromatiques provenant notamment de l'alimentation maternelle (Mennella et al., 1995). Ces études mettent en évidence une réactivité postnatale sélective envers des stimuli rencontrés durant la phase utérine, chez l'animal (par exemple, Coureaud et al., 2002) mais aussi chez l'homme. Schaal et al. (2000) montrent que des nouveau-nés dont la mère a consommé de l'anis durant la grossesse expriment une préférence pour cette odeur, contrairement aux bébés dont la mère n'en a pas consommé. Des résultats similaires ont été obtenus par Mennella et al. (2001) avec l'arôme de carotte, présenté à l'enfant quelques semaines après la cessation de toute exposition. Ces travaux démontrent la capacité de l'humain non seulement à détecter mais aussi à mémoriser des odeurs rencontrées *in utero*.

2.2. Les capacités olfactives de l'enfant

Les aptitudes olfactives précoces sont de mieux en mieux connues, grâce à l'analyse du comportement et de paramètres physiologiques (nouveau-nés) et à la transposition de méthodes utilisées chez l'adulte (enfants). Néanmoins, et malgré les quelques méthodes ingénieuses créées spécialement pour les très jeunes enfants, la connaissance du développement du sens olfactif reste encore lacunaire du fait du déficit d'études réalisées entre la période néonatale et l'âge de 3-4 ans. Ces lacunes peuvent facilement s'expliquer par les difficultés à adapter des méthodologies à l'évolution rapide des aptitudes motrices et cognitives propre à cette période (cf. Richman et al., 1995a ; Hummel et al., 2007). Les études présentées par la suite rendent compte, de l'enfance à l'adolescence, du développement de la sensibilité olfactive, du traitement cognitif et affectif des odeurs, et comparent ces capacités olfactives avec celles des adultes.

2.2.1. La sensibilité olfactive

Chez le nouveau-né, des indices comportementaux (mimiques faciales, mouvements corporels) et physiologiques (rythmes cardiaque et respiratoire) permettent de montrer, par comparaison entre un stimulus témoin et un stimulus odorant, qu'ils sont capables de détecter un certain nombre d'odorants de qualités et d'intensités différentes (Engen et al., 1963 ; Soussignan et al., 1997).

Chez l'enfant, la sensibilité olfactive est souvent mesurée à l'aide de méthodes similaires à celles utilisées chez l'adulte : le plus souvent, ce sont des mesures

psychophysiques de seuil olfactif qui consistent à déterminer à partir de quelle concentration un individu est capable de détecter un odorant. En général, il s'agit de présenter un odorant à des niveaux de concentration croissants, et de déterminer la détection grâce à un choix forcé parmi 3 ou 4 stimulations dont une seule est odorante. Une simplification de la méthode, qui consiste à désigner la stimulation odorante parmi deux (un blanc et un odorant), paraît adaptée pour les enfants à partir de 6-8 ans¹ (Laing, 2003 ; Chalouhi et al., 2005). Ce type de méthode a permis à certains chercheurs de montrer que la sensibilité olfactive n'évolue pas avec l'âge au cours de l'enfance : entre 6 et 13 ans pour l'eugénol, l'aldéhyde C14 et l'alcool phényl-éthylique (Chalouhi et al., 2005) et entre 8 et 18 ans pour le butanol (Wakefield et al., 2004).

Cependant, Koelega (1994b) mesure une sensibilité plus faible à 9 ans qu'à 15 et 20 ans pour le butanol, l'acide isovalérique et deux odeurs musquées, mais cette différence pourrait être due à l'utilisation d'une procédure contraignante de choix parmi quatre stimulations. A l'inverse, avec un choix parmi deux échantillons, Solbu et al. (1990) montrent que les enfants de 6-7 ans sont plus sensibles à l'odeur de triméthylamine que les enfants de 8 à 16 ans. Ce résultat est en accord avec d'autres études étudiant la sensibilité à l'androsténone. En effet, tandis qu'environ un adulte sur deux y est anosmique, 92% des enfants de 3 ans ont des réactions négatives à cet odorant, suggérant qu'ils sont plus nombreux que les adultes à le détecter (Schmidt & Beauchamp, 1988). De plus, Dorries et al. (1989) montrent que les 9-14 ans ont des seuils olfactifs à l'androsténone plus bas que les 15-20 ans. A des concentrations supraliminales, les enfants de 7-9 ans jugent plus intenses que les adolescents de 16-17 ans les odeurs d'androsténone, de musc, de butanol et de caramel.

Une étude électrophysiologique renforce l'idée que la sensibilité olfactive pourrait s'affaiblir au cours du développement, au moins pour certains odorants. Menée auprès d'une douzaine d'enfants âgés de 3.5 à 10 ans, celle-ci met en évidence des latences plus courtes des potentiels évoqués cérébraux chez les sujets les plus jeunes lors de la perception de l'odeur d'H₂S (Nikolaus & Knecht, 2005). Sachant qu'il existe, chez l'adulte, une corrélation entre les latences des potentiels évoqués

¹ Notons que Davidson et al. (1998) décrivent une méthode, inspirée des travaux de Froelich à la fin du XIX^{ème} siècle (cité par Zwaardemaker, 1925) et basée sur la distance entre le nez et l'odorant nécessaire pour détecter l'odeur. Cette méthode, qui présente l'avantage de mobiliser peu de ressources cognitives et attentionnelles, semble donc adaptée pour évaluer la sensibilité des jeunes enfants. Pourtant, elle n'est pas utilisée, probablement du fait de son imprécision (impact des mouvements d'air dans la pièce) et de la tendance générale des enfants à répondre par l'affirmative lorsqu'on leur demande s'ils sentent quelque chose.

et le seuil de détection pour des stimuli olfactifs (Tateyama et al., 1998), ce résultat suggère que les 3.5-5 ans seraient plus sensibles à l'odeur d'H₂S que les enfants plus âgés. La possible supériorité des plus jeunes en matière de détection olfactive apparaissant pour des odorants plutôt désagréables (H₂S, androsténone), on est en droit de s'interroger sur le rôle de la dimension hédonique dans les mesures olfactives effectuées.

Enfin, si l'on s'intéresse à la comparaison des sensibilités olfactives entre enfants et adultes, les conclusions sont partagées. Certains travaux s'accordent à montrer qu'il n'y a pas de différence de sensibilité mesurée par double choix forcé, pour le butanol (Lehrner, 1993 ; Cain et al., 1995 ; Lehrner et al., 1999a), la pyridine (Dorries et al., 1989) ou encore l'eugénol, l'aldéhyde C14 et l'alcool phényl-éthylque (Chalouhi et al., 2005). D'autres études mettent en évidence une supériorité des enfants par rapport aux adultes. C'est le cas des travaux de Toulouse et Vaschide (1899) et Strauss (1970), utilisant respectivement des odeurs de camphre et d'alcool phényl-éthylque, mais qui présentent certaines limitations méthodologiques (cf. Schaal, 1999). Des méthodes de choix parmi deux stimuli montrent que les enfants sont plus sensibles que les adultes aux odeurs d'androsténone (Dorries et al., 1989) et de triméthylamine (Solbu et al., 1990). En conclusion, les données actuelles suggèrent que la sensibilité olfactive pourrait être stable ou se détériorer à travers l'enfance et jusqu'à l'âge adulte, en fonction des odorants et des méthodes utilisés.

2.2.2. La discrimination des odeurs

Dès la période néonatale, l'enfant est capable de percevoir la différence entre deux odorants de qualité distincte. Cette capacité a été mise en évidence de plusieurs manières : par des différences dans les caractéristiques des réponses motrices (fréquence, durée) ou dans les patterns d'activation cérébrale en réaction aux différents odorants présentés, mais aussi par l'utilisation du paradigme d'habituation/déshabitude et du conditionnement renforçant (cf. Schaal, 2004). Utilisant par exemple la présentation simultanée de deux odorants, des chercheurs ont montré que les nouveau-nés s'orientent préférentiellement vers l'odeur corporelle de leur mère par rapport à l'odeur d'une mère non familière (Macfarlane, 1975 ; Cernoch & Porter, 1985 ; Schaal, 1986).

Chez l'enfant plus âgé, les capacités à discriminer des paires d'odeurs variées s'améliorent avec l'âge. C'est ce que montrent Richman et al. (1995a) avec des enfants de 2 à 18 ans, et Knecht (2003) avec des enfants de 3 à 12 ans. Dans le premier cas, un odorant est senti puis doit être retrouvé parmi deux odorants dont l'un est identique et l'autre différent. Dans l'autre cas, après avoir senti trois stimuli dont deux sont identiques, les enfants doivent désigner l'odorant qui diffère des deux autres (Knecht, 2003).

Mais la discrimination olfactive chez l'enfant a surtout été étudiée dans des contextes plus écologiques, où les stimulations présentées sont des odeurs de personnes familières ou non. Les stimuli olfactifs utilisés dans ces études sont généralement des T-shirts imprégnés de l'odeur de 'donneurs' et présentés en aveugle aux enfants. Ceux-ci sont capables de distinguer l'odeur de leurs frères et sœurs et de leurs amis par rapport à l'odeur de pairs inconnus (chez les 5-8 ans : Porter & Moore, 1981 ; chez les 9-10 ans : Mallet & Schaal, 1998 ; chez les 4-11 ans : Weisfeld et al., 2003). Le développement de ces capacités est rarement abordé en fonction de l'âge. Seuls Weisfeld et al. (2003) adoptent une approche développementale et remarquent que les 6-8 ans ne parviennent pas à discriminer l'odeur corporelle maternelle de celle d'une femme non familière, alors que les 9-15 ans y parviennent. Bien que le nombre d'études à ce sujet soit trop limité pour pouvoir émettre des conclusions définitives, il semblerait que l'on assiste ici à une discontinuité développementale, puisque les nouveau-nés possèdent cette capacité (voir plus haut), ainsi que la majorité des enfants de 2 à 4.5 ans (Montagner, 1974 ; Schaal, et al., 1980).

Si la discrimination entre individus proches et non familiers paraît bien développée, la discrimination des odeurs corporelles en fonction du genre du donneur semble en revanche peu aisée chez l'enfant (donneurs enfants : Mallet & Schaal, 1998), alors que les adultes y parviennent (donneurs adultes : Schleidt et al., 1981). Ce résultat peut s'expliquer par le fait que les différences d'odeurs corporelles entre individus féminins et masculins deviennent plus marquées à partir de la puberté. On peut aussi supposer que l'information 'genre' véhiculée par l'odeur des pairs est moins pertinente chez l'enfant que chez l'adulte, du point de vue des interactions sexuelles. Ainsi pourrait se manifester chez l'enfant un des aspects de la plasticité des compétences olfactives, décrite par Marlier et al. (1997) et Schaal (2004) chez le nouveau-né, en fonction des besoins et motivations propres à chaque âge.

2.2.3. *La mémoire des odeurs*

Les performances de discrimination entre odeurs familières et non familières sont dépendantes des capacités de mémorisation olfactive. La capacité des nouveau-nés à exprimer une préférence pour un odorant rencontré *in utero* (Schaal et al., 2000 ; Mennella et al., 2001, voir plus haut) souligne l'existence d'une mémorisation précoce des odeurs. Les travaux de Delaunay (2007), qui examinent la rétention d'une odeur (camomille) apprise par les nouveau-nés en association avec les premiers épisodes d'allaitement au sein, vont également dans ce sens. A 7 et 21 mois, les enfants du groupe expérimental manipulent préférentiellement un objet parfumé à la camomille par rapport au même objet parfumé à la violette, alors que les enfants du groupe témoin (non exposés à la camomille) n'expriment pas ce comportement différentiel. Cette rétention pourrait même être effective à plus long terme. Dans une étude de Haller et al. (1999), des sujets adultes devaient déguster deux ketchups dont l'un était très légèrement aromatisé à la vanille, et choisir celui qu'ils préféraient, sans en connaître la composition. Les participants ayant été allaités ont choisi en majorité le ketchup pur, tandis que ceux nourris au biberon (exposés à des formules lactées contenant de la vanille²) ont manifesté une préférence pour le ketchup à la vanille. Dans l'ensemble, ces résultats suggèrent l'existence d'une mémoire implicite des odeurs extrêmement précoce et durable.

Plusieurs études ont testé les capacités de mémoire olfactive des enfants plus âgés, en conditions expérimentales et explicites. Lorsqu'on demande à des enfants de sentir des odorants, puis de les reconnaître 15 à 20 min plus tard parmi d'autres stimulations odorantes, on s'aperçoit que leurs performances augmentent avec l'âge (entre 7 et 15 ans : Jehl & Murphy, 1998) tout en restant inférieures à celles des adultes (enfants de 5-14 ans : Lehrner, 1993 ; enfants de 4-11 ans : Lehrner et al., 1999b). Hvastja et Zanuttini (1989) décrivent une amélioration de la mémoire de reconnaissance olfactive immédiate entre 6 et 8 ans, illustrant probablement la maturation des processus de traitement de l'information. La mémoire olfactive à long terme (temps de rétention : 30 jours), en revanche, se détériore entre 8 et 10 ans, passant de 67% à 56% d'odeurs correctement reconnues. L'interprétation des auteurs repose sur l'augmentation des interférences entre les expériences olfactives (de plus en plus nombreuses avec l'âge), mais elle n'est pas cohérente avec le fait que, plus tard, le niveau de reconnaissance s'élève en moyenne à 65% chez l'adulte (par exemple : Engen & Ross, 1973). Le caractère transitoire d'une telle diminution

² Les auteurs précisent que l'étude, réalisée auprès de sujets allemands, repose sur le fait que les formules lactées proposées en Allemagne ont été, pendant de nombreuses années, aromatisées à la vanille.

des performances mnésiques au cours du développement n'est donc pas à exclure, et mériterait par exemple d'être mis en relation avec la discontinuité développementale dans la reconnaissance de l'odeur maternelle évoquée dans le paragraphe précédent (§ 2.2.2.). Pour finir, les performances à des tests de rappel, consistant à nommer des odeurs préalablement rencontrées lors d'une séance d'apprentissage, s'améliorent aussi avec l'âge (Jehl & Murphy, 1998). La mémoire sémantique des odeurs, mise en œuvre dans ce type de tâche, a été plus largement étudiée à travers les tâches d'identification des odeurs.

2.2.4. L'identification des odeurs

Dès 5-6 ans, les enfants ont des connaissances sur la comestibilité des sources odorantes, sur leur origine et leur usage (Rouby et al., 1997). Mais sont-ils capables de nommer précisément les odeurs ? Les méthodes utilisées pour mesurer ces capacités consistent la plupart du temps à présenter une série d'odorants, que les sujets doivent dénommer spontanément (identification libre) ou pour lesquels ils choisissent une dénomination parmi plusieurs propositions (identification indicée ou à choix forcé). Le développement des capacités d'identification olfactive au cours de l'enfance ne fait pas l'objet de conclusions unanimes. Certains travaux ne mesurent aucune variation des performances avec l'âge : l'identification à choix forcé de six odorants très familiers (vanille, menthe etc.) est stable entre 6 et 13 ans (Chalouhi et al., 2005) et l'identification libre de 22 odorants communs n'est pas différente entre 7-10 et 11-15 ans (Jehl & Murphy, 1998). Pourtant, d'autres études notent une amélioration des capacités d'identification à choix forcé (entre 3 et 12 ans : Knecht, 2003 ; entre 4 et 17 ans : Richman et al., 1995b) et d'identification libre (enfants de 5 à 18 ans, aveugles et voyants : Rosenbluth et al., 2000 ; Wakefield et al. 2004). Richman et al. (1992 ; 1995b) montrent qu'une forte augmentation de l'identification à choix forcé s'opère entre 3.5 et 6-8 ans, et que chez les jeunes enfants ces performances d'identification sont corrélées aux capacités verbales générales (mesurées par un test de vocabulaire, Richman et al., 1992). Ces résultats suggèrent que l'amélioration de l'identification olfactive avec l'âge reflète en partie la maturation cognitive des enfants.

A l'échelle du cycle de vie, les capacités d'identification forment généralement une courbe en U inversé (Figure 2). Les adultes (20-50 ans) ont des performances maximales, tandis que les enfants (moins de 20 ans) et les personnes âgées de plus de 60 ans ont des capacités d'identification amoindries (Doty et al., 1984).

Plusieurs études s'accordent à dire que les enfants entre 4 et 14 ans identifient moins bien les odeurs que les adultes, que ce soit lors de tests d'identification libre ou à choix forcé (Doty et al., 1984 ; Lehrner, 1993 ; De Wijk & Cain, 1994 ; Cain et al., 1995 ; Rouby et al., 1997 ; Lehrner et al., 1999a,b). Néanmoins, les performances des enfants peuvent être meilleures que celles des adultes pour des odorants ayant une signification particulièrement forte pour les enfants (vanille, menthe : Chalouhi et al., 2005). Le développement des performances d'identification en fonction de l'âge résulte probablement de l'exposition à des palettes d'odorants plus variées et de la nécessité croissante de les lexicaliser. La fluctuation des capacités cognitives (verbalisation, mémoire sémantique), c'est-à-dire leur amélioration chez les jeunes et leur déclin chez les personnes âgées (par exemple, Cain et al., 1995), semble toutefois plus à même d'expliquer le profil des performances olfactives au long de la vie. Cain et al. (1995) montrent en effet que lorsqu'on diminue la charge cognitive de l'exercice, en donnant à choisir le nom de l'odeur parmi quatre alternatives, la différence de performances d'identification olfactive entre enfants et adultes, et entre personnes âgées et adultes, est significativement atténuée.

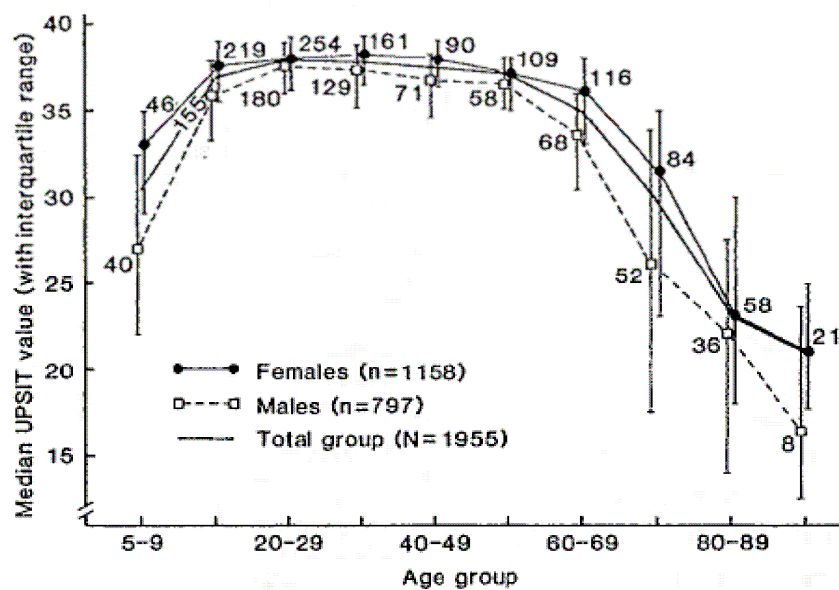


Figure 2 Evolution des capacités d'identification olfactive avec l'âge et en fonction du genre (extrait de Doty et al., 1984).

2.2.5. *L'expression des préférences olfactives*

Les réactions d'aversion ou de préférence pour les odeurs ont fait l'objet d'un débat opposant les partisans de l'inné et de l'acquis : ces réactions sont-elles fixées dès la naissance ou apparaissent-elles au cours du développement ? Selon Engen (1982), le modelage des préférences olfactives ne se ferait qu'après la naissance, par le jeu de l'expérience olfactive et l'engagement des mécanismes associatifs entre cette expérience et ses conséquences positives ou négatives. De façon cohérente avec cette hypothèse, plusieurs travaux ont montré que les enfants de moins de 5 ans réagissent moins négativement à des odeurs considérées comme déplaisantes par les enfants plus âgés et les adultes (triméthylamine, acide butyrique, odeur fécale, putréfaction, sueur : Peto, 1936 ; Stein et al., 1958 ; Engen & Katz, 1968, cité par Schaal, 1988). Mais dans ces études, les sujets doivent indiquer verbalement s'ils aiment ou non les odeurs senties : l'inadéquation de ce type de méthode a été constatée chez les jeunes enfants, qui ont une forte propension à répondre positivement aux questions posées et qui possèdent des capacités attentionnelles limitées.

De nouvelles méthodes ont donc été proposées. L'une d'elle consiste à vaporiser différents odorants au-dessus d'une table autour de laquelle jouent des enfants âgés de 1 à 5 ans, et à analyser leurs réponses faciales (Lipsitt et al., 1975, cité par Schaal, 1988). Les réponses des enfants aux odeurs semblent en accord avec les jugements hédoniques adultes, mais elles restent rares du fait de la focalisation attentionnelle sur le jeu. Il convient de souligner ici que l'analyse des mimiques faciales chez l'enfant ne semble pas être aussi fiable que chez le nouveau-né : même si une réactivité faciale peut être observée (Figure 3a,b), elle est facilement biaisée par la volonté de plaire à l'expérimentateur (chez les 5-12 ans, Soussignan & Schaal, 1996) et ne correspond pas aux notations hédoniques sur échelle (chez les 7-11 ans, Stevenson & Repacholi, 2003). Une autre méthode, créée par Schmidt et Beauchamp (1988), et encore employée à l'heure actuelle avec de jeunes enfants, utilise deux personnages d'un programme télévisé très populaire auprès des enfants américains (Big Bird, connoté positivement, et Oscar the Grouch, connoté négativement). Les enfants doivent pointer le personnage à qui ils souhaitent donner chacun des odorants présentés, sachant qu'on leur demande de donner les « bonnes choses » à Big Bird et les « choses mauvaises/dégoûtantes » à Oscar the Grouch. Cette méthode montre que dans l'ensemble, les odeurs jugées plaisantes ou déplaisantes par les adultes sont évaluées comme telles par la majorité des

enfants. Toutefois, si l'on examine de plus près les pourcentages de réponses (plaisant/déplaisant), on remarque des différences entre adultes et enfants pour deux odeurs déplaisantes et deux odeurs plaisantes (sur neuf). Les enfants sont plus nombreux que les adultes à ne pas apprécier l'odeur d'androsténone (92% contre 59%) et moins nombreux que les adultes à ne pas apprécier l'odeur de pyridine (71% contre 100%). Ils sont moins nombreux que les adultes à juger positivement les odeurs de carvone (64% contre 94%) et d'eugénol (50% contre 82%). Dans cette étude, les enfants ont une tendance plus marquée que les adultes à classer les odeurs comme déplaisantes, ce qui va à l'encontre de l'hypothèse avancée en début de paragraphe selon laquelle les jeunes enfants seraient plus tolérants que les adultes aux odeurs désagréables. Cette hypothèse pourrait dépendre des odorants étudiés, puisque dans l'étude de Schmidt et Beauchamp (1988), elle n'est vérifiée que sur un seul stimulus (pyridine). Cette variabilité en fonction des odorants a aussi été mise en évidence par Soussignan (1997) qui note que les enfants de 4 ans sont beaucoup moins nombreux que les enfants plus âgés (6.5-13.5 ans) à apprécier l'odeur de lavande (45% contre 90-100%), alors qu'il n'y a pas de différences pour l'odeur de banane. La méthode utilisée dans ce cas est un système d'échelle hédonique dont les niveaux sont représentés par des cartes de couleurs différentes. L'auteur remarque que l'odeur de lavande a été moins bien identifiée par les jeunes enfants que par les plus âgés, alors qu'aucune différence n'est obtenue pour l'odeur de banane : la disparité des jugements hédoniques relevés pourrait donc être liée à une différence de familiarité des odeurs (les odeurs peu familières étant moins appréciées).

En résumé, ces études montrent que des préférences olfactives existent de façon précoce (même si elles présentent des spécificités par rapport aux adultes). Ces conclusions sont confirmées par le fait que les nouveau-nés ont dès la naissance des expressions faciales traduisant l'appréciation d'odorants plaisants (vanille, banane) et l'aversion pour des odorants déplaisants pour l'adulte (œuf pourri, beurre rance) (Steiner, 1979 ; Soussignan et al., 1997, Figure 3a). Néanmoins, il reste difficile de conclure que ces réponses précoces relèvent d'une programmation génétique puisque, comme nous l'avons déjà souligné, l'expérience olfactive commence dès la vie utérine.



Figure 3 Réactivité faciale (a) de nouveau-nés (d'après Soussignan et al., 1997) et (b) d'enfants (d'après Soussignan & Schaal, 1996) à des odeurs plaisantes (gauche) et déplaisantes (droite).

Si elles existent de façon précoces, les préférences olfactives sont néanmoins plastiques. Elles semblent, par exemple, pouvoir être modulées très tôt par les associations avec des événements renforçants. A la naissance, le nouveau-né ne différencie pas l'odeur des sécrétions lactées de sa mère de l'odeur du liquide amniotique ; mais après quelques tétées, il développe une préférence pour l'odeur du lait, qui semble avoir acquis une signification plus pertinente que le liquide amniotique dans le nouveau contexte extra-utérin (Marlier et al., 1997). De même, une dizaine de séances de massage associées à la présence d'une odeur de citron chez des nouveau-nés d'un jour entraînent, le jour suivant, une orientation préférentielle vers cette odeur (Sullivan et al., 1991).

Chez l'enfant plus âgé, le domaine alimentaire semble peu concerné par des changements dans les préférences olfactives (garçons de 8 à 16 ans : Laing & Clark, 1983), excepté pour l'apparition d'aversion et de préférences olfactives conditionnées liée à l'expérience individuelle (cf. § 2.3.1.). En revanche, des changements de préférences sont mis en évidence pour les odeurs biologiques. Dans des tests de préférence, par exemple, les filles et les garçons de 9-15 ans expriment une aversion pour l'odeur de leur père par rapport à l'odeur d'un homme inconnu de même âge, alors qu'à 6-8 ans les enfants n'expriment pas de préférence pour l'une ou l'autre des odeurs (Weisfeld et al., 2003). Selon ces auteurs, l'apparition de cette aversion pourrait contribuer à la conservation d'une certaine distance entre parents et enfants de sexe opposé lors de l'émergence de la sexualité adolescente. Toujours en comparant enfants (8-11 ans) et adolescents (16-17 ans), Stevenson et Repacholi (2003) mettent en évidence, chez les filles uniquement, l'acquisition d'une aversion pour l'odeur de la sueur masculine (et féminine, mais de façon moins marquée). Pourtant, aucun effet d'âge n'apparaît pour le jugement hédonique de l'androsténone, l'un des composés odorants de la sueur : seule son intensité est jugée plus forte par les enfants que par les adolescents. Ces derniers résultats sont concordants avec les travaux de Dorries et

al. (1989) et de Hummel et al. (2005) qui décrivent une diminution de la sensibilité aux composés stéroïdiens de la sueur (androsténone et androstadiénone) entre la préadolescence et l'adolescence, essentiellement chez les garçons. Chez ceux-ci, l'augmentation de la production endogène de ces composés au moment de la puberté pourrait entraîner un phénomène d'habituation (Hummel et al., 2005). Ce phénomène pourrait également expliquer l'apparition d'une aversion pour l'odeur de sueur chez les filles (Stevenson & Repacholi, 2003). Ces changements semblent spécifiques à l'androsténone et à l'androstadiénone, car ils n'apparaissent pas avec d'autres odorants (pyridine, butanol, musc, caramel). D'autres études sont encore nécessaires pour mieux comprendre les changements de réactivité hédonique aux odeurs sociales en fonction des modifications physiologiques et comportementales liées au développement, ainsi que leurs fonctions au cours de l'ontogenèse.

Le corpus d'études présenté dans cette partie permet d'affirmer que, dès le plus jeune âge, l'enfant possède des compétences olfactives dans certains cas très fines. D'une manière générale (mais avec des exceptions), les travaux présentés montrent que l'enfant a une capacité de détection des odeurs égale ou supérieure à celle des adultes, mais que ses capacités de traitement cognitif de l'information olfactive s'améliorent au fil du développement, du fait de la maturation des structures intégratives et de l'accumulation d'expériences en mémoire. On constate également qu'au fil du développement, ces capacités connaissent le plus souvent des réorganisations qui demandent à être étudiées davantage. Face à l'efficacité des capacités olfactives enfantines, il est justifié de s'interroger, tout comme chez l'adulte, sur l'impact au quotidien de cette modalité sur les comportements et les affects des enfants.

2.3. L'impact des odeurs sur les comportements enfantins

Quotidiennement, les enfants sont exposés à des situations et à des niches environnementales plus ou moins variées selon le sexe et l'âge. Ils y rencontrent une écologie olfactive particulière, qui vient enrichir leur espace perceptif. Comme chez l'adulte, les stimulations olfactives se montrent à même de moduler leurs états affectifs et de guider leurs choix comportementaux dans des situations alimentaires, sociales ou autres.

2.3.1. Odeurs et choix alimentaires

Les stimulations olfactives, prédominantes dans la perception de l'aliment, exercent leur influence sur la prise alimentaire à travers les dimensions de familiarité et de nouveauté, plus qu'en fonction de facteurs de sensibilité. Par exemple, Solbu et al. (1990) ne trouvent pas de lien entre la sensibilité à l'odeur de triméthylamine (odeur de poisson) et l'acceptabilité alimentaire du poisson chez des enfants de 6 à 16 ans. La familiarisation avec des stimulations olfactives permet quant à elle d'induire une préférence chez le nouveau-né comme chez l'enfant. L'exposition précoce à une composante aromatique introduite (via l'alimentation de la mère) dans le liquide amniotique engendre une préférence pour cette composante, présentée soit immédiatement, soit 4 jours après la naissance (Schaal et al., 2000). De même, l'exposition à un arôme in utero, dans le lait maternel ou les formules lactées favorise, quelques semaines plus tard, l'acceptation d'aliments solides possédant ces arômes (Mennella et al., 2001). Cette modulation précoce des préférences alimentaires reste observable à l'âge de 4-5 ans (Mennella & Beauchamp, 2002) et jusqu'à l'âge adulte (Haller et al., 1999). On observe également une augmentation de la préférence pour un produit alimentaire initialement nouveau et peu apprécié, lorsque ce produit est consommé à plusieurs reprises (à 5 mois : Maier et al., 2006 ; entre 9 et 17 ans : Ton Nu, 1996).

La réaction à un stimulus chimiosensoriel nouveau (aliment non familier) est souvent soit positive, soit négative. La nouveauté peut déclencher des réactions d'aversion, regroupées sous le terme de *néophobie alimentaire* et particulièrement marquées entre 2 et 7 ans (Birch & Marlin, 1982 ; Hanse, 1994), mais qui régressent à l'adolescence (Pliner, 1994 ; Ton Nu, 1996). Toutefois, ce phénomène pourrait être lié davantage à des facteurs de développement cognitif et psychologique qu'à des facteurs d'ordre sensoriel comme la sensibilité ou les préférences olfactives. Dans une perspective à plus court terme, la nouveauté peut aussi déclencher des réactions positives. Pendant la période néonatale, l'introduction d'un arôme d'ail ou de vanille dans le lait maternel ou dans une formule lactée induit une augmentation de la succion. Celle-ci s'atténue si l'exposition à l'arôme inhabituel perdure et peut donc être interprétée comme une réaction positive à la nouveauté (Mennella & Beauchamp, 1991, 1996). Chez l'enfant plus âgé (2.5-5 ans), Birch et Deysher (1986) observent, à l'échelle du repas, une baisse de la préférence pour un aliment consommé de façon répétée, alors qu'un aliment consommé de façon moins récente demeure plus attractif. Ces différentes études illustrent le phénomène de *satiété sensorielle spécifique*, qui

implique la composante olfactive des aliments et dont la fonction à tout âge serait de favoriser la diversité dans la prise alimentaire. Ces effets à la fois positifs et négatifs de la nouveauté constituent le paradoxe de l'omnivore (Rozin, 1976), selon lequel la diversité alimentaire est à la fois recherchée et source d'anxiété.

Enfin, les préférences alimentaires peuvent être façonnées à travers des apprentissages associatifs. D'une part, l'individu peut acquérir suite à une seule ingestion une aversion forte et durable pour l'aliment qui a provoqué un malaise, ainsi que pour son odeur (*aversion conditionnée*). La prévalence de ces aversions, qui apparaissent avec les expériences alimentaires, semble plus élevée à partir de 11 ans que chez les 6-10 ans (Mattes, 1991). D'autre part, des associations se forment entre flaveur et effets post-ingestifs bénéfiques (rassasiement énergétique, réponse à une carence). L'individu apprend ainsi à aimer la flaveur des aliments qui satisfont ses besoins spécifiques, et régule sa consommation alimentaire en conséquence : à ce titre, les enfants seraient meilleurs régulateurs que les adultes (Birch & Deysher, 1986).

2.3.2. Odeurs sociales et équilibre émotionnel

Quelques études se sont intéressées aux réactions infantiles à l'odeur des personnes. Deux catégories d'odeurs y ont été abordées : l'odeur individuelle des proches (parents, fratrie, amis) et l'odeur corporelle de l'enfant lui-même.

ODEUR DES PROCHES

Dès leur plus jeune âge, les enfants sont capables de différencier l'odeur de leurs proches dans le cercle familial (mère, frères et sœurs) ou en dehors (pairs). Ces odeurs peuvent-elles avoir une fonction dans le développement de l'enfant ? Une des fonctions les plus précoces des odeurs sociales, et en particulier de l'odeur de la mère, concerne le guidage de la prise alimentaire chez le nouveau-né. Une augmentation des mouvements de recherche buccale est observée chez des nouveau-nés âgés d'un jour à qui l'on présente l'odeur corporelle de leur mère : celle-ci pourrait donc avoir un rôle préparatoire à la prise alimentaire (Sullivan & Toubas, 1998). De plus, dans une étude de Varendi & Porter (2001), la présentation de l'odeur du sein comme unique stimulus déclenche le déplacement du nouveau-né vers la stimulation, soulignant son rôle de guidage vers la source alimentaire. Ces comportements d'approche et de retrait en réaction aux odeurs des proches, ainsi que leurs fonctions, ont été peu étudiés chez les enfants plus

âgés. Weisfeld et al. (2003) mettent en évidence l'existence d'aversion olfactives envers l'odeur du père (chez les 9-15 ans) et des membres de la fratrie du sexe opposé (dès 6 ans), dont la fonction pourrait être de participer aux mécanismes de prévention de l'inceste. Dans le cadre d'interactions entre pairs, un enfant dégageant une odeur désagréable peut connaître des difficultés d'intégration sociale, comme le décrit Todd (1979). Comme chez l'adulte, la perception des odeurs sociales pourrait contribuer à moduler les interactions entre membres de la famille et entre pairs, mais ces questions restent encore largement inexplorées chez l'enfant.

Une autre fonction des odeurs individuelles touche la réduction de l'anxiété chez l'enfant. La présentation de l'odeur corporelle maternelle permet de réduire les pleurs chez le nouveau-né (Sullivan & Toubas, 1998), tout comme d'autres odeurs biologiques familières telles le liquide amniotique (Varendi et al., 1998) ou le lait maternel (Mellier et al., 1997 ; Rattaz et al., 2005). Bien qu'aucune étude, à notre connaissance, n'existe à ce sujet chez les enfants plus âgés, l'effet apaisant des odeurs sociales familières pourrait perdurer au cours du développement. De façon empirique, on sait par exemple que certains parents confient à leur enfant un vêtement portant leur odeur lorsqu'ils s'absentent, ou que les enfants s'emparent spontanément de tels objets. L'odeur individuelle de l'enfant, composante intime et familière, pourrait elle aussi avoir un rôle sécurisant et apaisant, notamment par l'intermédiaire de l'utilisation d'un objet d'attachement.

ODEUR DE SOI

Dans une étude citée par Schaal (1988 : Gallois, 1985), des enfants de 2-3 ans sont exposés à plusieurs reprises à des ours en peluche visuellement identiques, dont l'un porte un T-shirt imprégné de l'odeur de l'enfant, un autre porte un T-shirt propre et le dernier ne porte rien. Dans 70% des cas, les enfants sélectionnent préférentiellement l'ours qui porte leur propre odeur, indiquant une discrimination précoce de l'odeur de soi, ainsi qu'une attirance vers cette odeur.

Au quotidien, la recherche de l'odeur de soi par l'enfant pourrait s'exprimer à travers l'utilisation d'un objet d'attachement. Cet objet, généralement doux (tissu, peluche, poupée), possède une odeur spécifique et prégnante, constituée des sécrétions biologiques de l'enfant (salive, larmes, sébum, sécrétions nasales). Il est souvent placé par l'enfant dans la zone bucco-nasale et fait l'objet de fréquentes activités buccales (Mahalski, 1983). La manipulation de l'objet d'attachement est

donc une source de stimulation olfactive récurrente, qui reste pourtant difficilement dissociable de la signification globale de l'objet. Selon le pédiatre et psychanalyste Winnicott (1958), cet objet aurait un rôle transitionnel lors de la séparation d'avec la mère. Il est connu pour procurer du réconfort et un sentiment de sécurité, facilitant ainsi l'adaptation de l'enfant à des situations nouvelles, sources d'angoisse. Cette compensation de la séparation est illustrée par le fait que la prévalence de l'utilisation d'objets d'attachement est plus forte dans les sociétés occidentales que dans d'autres cultures où les mères restent physiquement plus proches de leurs jeunes enfants (Hong & Townes, 1976). L'implication de l'olfaction dans les mécanismes d'apaisement engendré par l'objet d'attachement reste difficile à mettre en évidence, car elle est concomitante aux propriétés tactiles, visuelles et symboliques de l'objet. Mais, de manière anecdotique, certains parents rapportent la forte réticence de leur enfant au lavage de l'objet d'attachement, du fait que celui-ci perd son odeur habituelle. Ainsi, l'odeur de soi véhiculée par l'objet d'attachement (ou par d'autres objets : vêtements, draps) pourrait jouer un rôle dans l'équilibre émotionnel de l'enfant : cette fonction de l'olfaction, peu étudiée jusqu'à présent, mériterait d'être davantage mise en lumière.

2.3.3. Odeurs ambiantes et modulation de l'état émotionnel et de l'activité mentale

Les odeurs, notamment par leur dimension de familiarité, semblent moduler les comportements d'approche/retrait et l'équilibre affectif des enfants. Se pourrait-il que des odeurs choisies arbitrairement aient aussi un impact sur des activités a priori sans rapport avec elles ?

EFFETS DES ODEURS SUR L'ETAT EMOTIONNEL

S'intéressant à l'impact de la valence hédonique des odeurs sur les comportements d'enfants de 2-3, 6-7 et 10-11 ans, Barnham et Broughan (2002) leur ont présenté dans un ordre aléatoire trois boules de pâte à modeler. L'une était parfumée au poisson (désagréable), l'autre à la pomme (agréable) et la troisième n'avait pas d'odeur surajoutée. La durée de manipulation des boules de pâte a été mesurée, ainsi que les réactions émotionnelles des enfants par l'analyse de leurs expressions faciales (2-3 ans) et par la description verbale des objets modelés (6-11 ans). La valence hédonique des odeurs n'a pas eu d'effet sur le temps de manipulation. En revanche, des réactions plutôt positives ont été observées chez les 6-11 ans en présence de l'odeur de pomme, plutôt négatives pour l'odeur de poisson et neutres

dans la condition témoin. Les réactions émotionnelles des enfants de 2-3 ans étaient, quant à elles, relativement indifférenciées, conduisant les auteurs à suggérer l'acquisition progressive des réactions affectives aux odeurs. Cependant, la comparaison des deux groupes d'enfants paraît délicate du fait de l'hétérogénéité des variables mesurées. On peut également regretter qu'aucune évaluation de la dimension hédonique des odeurs pour chaque groupe d'âge n'ait été recueillie : des différences entre les préférences olfactives des jeunes enfants et celles des enfants plus âgés pourraient expliquer les différences développementales obtenues dans cette étude.

EFFETS DES ODEURS SUR LES PERFORMANCES

Chez l'adulte, les odeurs ont des effets sur les performances d'attention, soit par leurs propriétés intrinsèques stimulantes ou apaisantes, soit du fait de leur valence hédonique qui induit un état émotionnel particulier (cf. § 1.3.2.). Qu'en est-il chez l'enfant ?

Pour tenter de répondre à cette question, Rodionova et Minor (2005) ont introduit des dispositifs libérant de faibles concentrations d'odeur ambiante de menthe (réputée stimulante) ou de lavande (réputée relaxante) dans plusieurs salles de classe. Les performances scolaires d'enfants de 8 à 12 ans à des exercices écrits et oraux de mathématiques et de russe ont été examinées. Par rapport à la condition témoin, les performances à l'oral, mais pas à l'écrit, sont meilleures en présence de l'odeur de menthe (en terme de note et de nombre d'erreurs). En présence de l'odeur de lavande, les performances en russe à l'oral sont améliorées tandis que celles de mathématiques (à l'oral et à l'écrit) diminuent. Ces résultats suggèrent que les odeurs pourraient, comme chez l'adulte, moduler l'activité mentale des enfants et, dans certains cas, améliorer les performances académiques. Toutefois, les conditions d'application de ces effets restent mal connues, et leur direction variable est difficilement interprétable. Etant donné le manque d'indications sur la constitution des groupes témoins, sur le niveau scolaire initial de chaque classe et sur la connaissance par les élèves et les enseignants de la présence d'odorants dans l'atmosphère, les résultats de cette étude demeurent provisoires.

Une autre étude (Epple & Herz, 1999) explore l'effet d'odeurs ambiantes sur les performances des enfants. Elle consiste à faire exécuter à des enfants de 5 ans une tâche impossible (cheminement dans un labyrinthe sans issue dans le but de gagner un jouet, Figure 4a) en présence d'une odeur ambiante plaisante pour les

adultes. Vingt minutes après cette phase associative, au cours de laquelle les enfants ont ostensiblement exprimé leur frustration, ils ont à effectuer un test de barrage (parmi une série d'animaux, entourer ceux qui n'ont pas de queue) dans une des trois conditions suivantes : en présence de l'odorant rencontré pendant la tâche impossible, en présence d'un odorant différent, ou en l'absence d'odorant. Les performances de barrage en présence de l'odorant préalablement associé à la situation d'échec sont inférieures à celles obtenues en présence d'un autre odorant ou dans la condition témoin (Figure 4b). Ce résultat suggère que, par association au sentiment négatif déclenché par le labyrinthe impossible, l'odeur ambiante revêt une signification négative qui, à son tour, influence le comportement (comme l'indiquent les moindres performances au test d'attention).

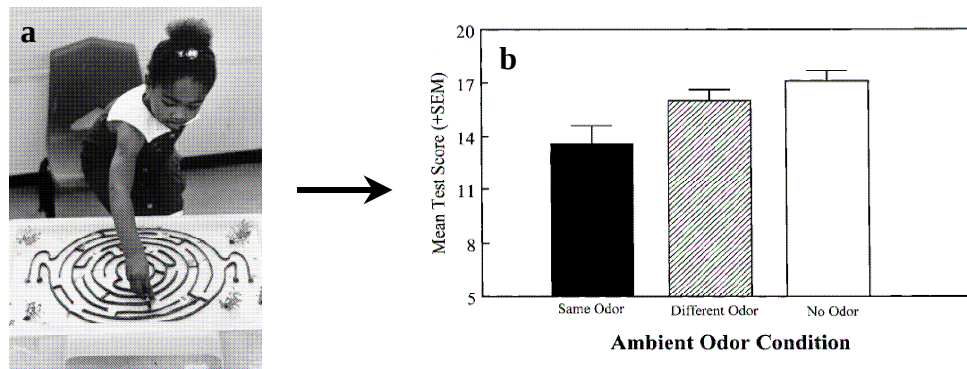


Figure 4 (a) Dispositif expérimental d'exposition à une odeur ambiante pendant la réalisation d'un labyrinthe impossible et (b) performance à un test cognitif réalisé ultérieurement dans différentes conditions olfactives : même odeur ambiante, odeur différente, aucune odeur (extrait de Epple & Herz, 1999).

D'autres études avec des sujets de différents groupes d'âge confirment que la valence hédonique d'une odeur peut être modifiée après qu'elle ait été associée à un contexte teinté affectivement. Sullivan et al. (1991) montrent l'orientation préférentielle de nouveau-nés vers une odeur, du fait de son association préalable avec des épisodes de massages considérés comme agréables. Chez l'enfant plus âgé, Hvastja et Zanuttini (1989) montrent que des odeurs associées à des images positives obtiennent une évaluation hédonique plus positive que les mêmes odeurs associées à des images négatives. Cet effet est mis en évidence chez les enfants de 6-8 ans, mais pas chez les enfants de 10 ans (d'éventuelles différences de valence hédonique des images entre ces groupes pourraient constituer une explication, mais ce paramètre n'a pas été contrôlé). Quoi qu'il en soit, les auteurs expliquent ce décours développemental par le fait que la valence hédonique des odeurs pourrait être fixée à partir de 10 ans et ne plus être modulée par conditionnement, mais cet argument n'est pas cohérent avec les résultats obtenus chez l'adulte. En

effet, Baeyens et al. (1996) montrent que chez l'adulte, un odorant rencontré de façon répétée dans une situation plaisante reçoit par la suite une évaluation hédonique plus positive qu'un odorant témoin. Grâce au processus d'acquisition d'une signification par conditionnement, l'odeur peut ensuite à elle seule influencer l'attitude et le comportement. C'est également le cas dans d'autres études qui montrent que la valence hédonique d'odeurs module la perception *i)* d'une réalisation en pâte à modeler odorisée chez l'enfant (Barnham & Broughan, 2002 : voir plus haut) et *ii)* de photographies initialement neutres associées à des odeurs chez l'adulte (Wrzesniewski et al., 1999). L'étude de Epple et Herz (1999) renforce l'idée que ces processus, souvent non conscients, existent chez l'enfant. Une étude plus poussée de ces questions pourrait amener à envisager des applications concrètes, comme par exemple l'amélioration des performances scolaires d'enfants en difficulté, grâce à un conditionnement olfactif positif (Herz, 2002).

Au vu de la synthèse présentée ici, on constate que l'impact quotidien des odeurs dans les comportements enfantins est étudié de façon sporadique. Dans ce cadre qui reste largement à construire, nous souhaitons apporter de nouveaux éléments de connaissance sur les fonctions de l'olfaction dans la vie quotidienne de l'enfant. Notre étude de l' "écologie olfactive" enfantine se placera dans une double optique *développementale* et *différentielle*. Du point de vue *développemental*, nous nous intéresserons à des participant(e)s âgés de 6 à 10 ans, afin d'examiner plus avant les changements possibles au cours des années qui précèdent l'adolescence. Notre approche *différentielle* sera opérationnalisée par l'étude des variations inter-individuelles liées au genre ou à d'autres facteurs, comme les aspects fonctionnels de l'olfaction ou l'environnement odorant. De nombreuses études en olfaction humaine soulignent la variabilité des performances de sensibilité, de traitement cognitif et affectif, que ce soit chez l'adulte ou chez l'enfant. D'autres (mais très peu chez l'enfant) s'attachent à étudier les facteurs (multiples) à l'origine de ces variations, comme le genre, la personnalité, les capacités cognitives et l'environnement. La partie suivante tente donc de faire un point sur le rôle des principaux facteurs de variations interindividuelles susceptibles d'affecter l'olfaction.

3. Les différences interindividuelles en olfaction humaine

Parmi les principaux facteurs à l'origine des variations interindividuelles de fonctionnement olfactif figurent le genre, l'environnement et la personnalité. Des différences de compétences olfactives entre hommes et femmes sont citées de façon récurrente dans la littérature. L'environnement exerce son influence notamment via les effets de l'exposition et du contexte d'exposition, tandis que les traits de personnalité semblent moduler les interactions avec l'environnement y compris dans sa dimension sensorielle. Bien que présentés ici séparément, ces facteurs doivent toutefois être considérés comme faisant partie d'un système complexe d'interactions entre les caractéristiques constitutives de l'individu et les propriétés de l'environnement dans lequel il se développe.

3.1. Différences liées au genre

Le facteur de variations interindividuelles le plus étudié en olfaction est sans doute le genre. Les effets du genre en olfaction sont généralement marqués et mettent en évidence l'avantage récurrent des femmes, notamment en terme de connaissances sur les odeurs et de réactivité olfactive.

3.1.1. Seuil de détection olfactive

L'étude comparative des seuils de détection olfactive des hommes et des femmes a mis en évidence des résultats contradictoires. Certains auteurs ne montrent aucune différence de sensibilité entre individus de genre masculin et féminin pour divers odorants tels que le butanol (Koelega, 1970 ; Lehrner, 1993 ; chez l'enfant : Koelega, 1994b), le safrol (Koelega & Köster, 1974), l'alcool phényl-éthylique (Segal et al., 1995 ; chez l'enfant : Chalouhi et al., 2005), la triméthylamine (chez l'enfant : Solbu et al., 1990) et l'acide isovalérique (chez l'enfant : Koelega, 1994b).

Dans d'autres cas, les femmes détectent de plus faibles concentrations que les hommes pour les odeurs de banane (Koelega & Köster, 1974 ; Koelega, 1994c), de pyridine (Koelega & Köster, 1974), d'alcool phényl-éthylique (Kobal et al., 2001) et de composés musqués (Le Magnen, 1952 ; Koelega & Köster, 1974 ; Lundström et al., 2003). Des mesures électrophysiologiques viennent renforcer l'hypothèse d'une plus grande sensibilité olfactive féminine (potentiels évoqués de plus grande

amplitude en réponse à diverses stimulations olfactives : Evans et al., 1995 ; Olofsson & Nordin, 2004 ; Stuck et al., 2006).

Les différences de sensibilité entre hommes et femmes sont donc soit inexistantes, soit en faveur des femmes, en fonction des molécules utilisées, des méthodes employées (Kobal et al., 2001) et du nombre de sujets, car la variabilité interindividuelle est forte (cf. Doty, 1986). L'âge des participants est aussi un facteur de variation dans l'apparition de ces différences sexuelles. Par exemple, l'odeur d'exaltolide, molécule à odeur musquée, est faiblement détectée par les filles et les garçons alors qu'elle est bien mieux détectée par les femmes que par les hommes (Le Magnen, 1952 ; Koelega & Köster, 1974). Des différences sexuelles de détection olfactive apparaissent aussi au moment de l'adolescence pour l'androsténone et l'androstadiénone (Dorries et al., 1989 ; Hummel et al., 2005) : les garçons ont une sensibilité décroissante pour ces odorants, tandis que la sensibilité des filles se maintient ou s'améliore.

L'apparition de tels dimorphismes sexuels, qui semblent spécifiques à la détection d'odorants biologiques (Dorries et al., 1989), pourrait être due aux changements hormonaux survenant au moment de la puberté. Bien qu'un lien direct entre sensibilité olfactive et taux d'hormones circulantes (notamment les oestrogènes) n'ait pas été clairement démontré, il existe des variations de détection olfactive en fonction du cycle ovarien (Le Magnen, 1952 ; Doty, 1986) et de l'état de fertilité des femmes (Lundström et al., 2006). Un des mécanismes sous-jacents à la plus grande sensibilité des femmes est leur plus grande sensibilité aux effets d'exposition. La présentation répétée d'une odeur de banane induit chez elles une sensibilisation (diminution des seuils de détection) alors que, dans les mêmes conditions, le seuil de détection des hommes ne change pas : ce phénomène pourrait être lié à des facteurs endocriniens puisqu'il n'apparaît ni chez les jeunes filles (8-10 ans) ni chez les femmes ménopausées (50-60 ans) (Dalton et al., 2002). Hormis l'étude de Koelega et Köster (1974) mettant en évidence une plus forte sensibilité féminine pour l'odeur de banane dès 8 ans, la plupart des études chez l'enfant s'accordent à dire que filles et garçons ne présentent pas de différence de sensibilité.

3.1.2. Identification et mémoire des odeurs

L'examen du traitement cognitif des odeurs en fonction du genre met en évidence un net avantage féminin. Chez l'adulte, les études sont unanimes quant aux meilleures performances des femmes en terme d'identification des odeurs (Cain, 1982 ; Doty et al., 1984 ; Ship & Weiffenbach, 1993 ; Larsson et al., 2003 ; Cardesin et al., 2006). Chez les enfants aussi, les filles parviennent à identifier les odeurs avec plus de succès que les garçons (Doty et al., 1984 ; Richman et al., 1995b ; Stevenson & Repacholi, 2003), y compris quand aucun indice n'est fourni et que la récupération de la dénomination est libre (Knecht, 2003). Des facteurs cognitifs non spécifiques à l'olfaction interviennent certainement dans l'établissement de ces différences : l'identification des odeurs est étroitement liée aux capacités verbales générales (Larsson et al., 2000 ; Richman et al., 1992), qui sont généralement meilleures chez les femmes (Maccoby & Jacklin, 1974).

Bien que peu étudiée en terme de différences sexuelles, la mémoire des odeurs est aussi une tâche dans laquelle les femmes semblent surpasser les hommes (Oberg et al., 2002 ; Choudhury et al., 2003 ; Larsson et al., 2003). Ici encore, l'avantage des femmes dans le domaine verbal pourrait expliquer ces différences. En effet, Lehrner et al. (1999b) font l'hypothèse que la mémoire olfactive est basée sur des processus non seulement perceptifs, mais aussi sémantiques. Dans la continuité de cette hypothèse, Larsson et al. (2003) montrent que les femmes tireraient leur meilleure mémoire olfactive d'une plus grande mobilisation de la dimension sémantique des odeurs au moment de la mémorisation. De la même façon, lorsque les odeurs à mémoriser sont familières, les femmes sont plus performantes, mais cette différence sexuelle disparaît lorsque les odeurs à mémoriser ne sont pas familières (Oberg et al., 2002). Chez les enfants, la comparaison de la mémoire d'odorants communs ne semble pas fournir de conclusions claires puisque certains auteurs n'obtiennent pas de différence entre filles et garçons (Jehl & Murphy, 1998), tandis que d'autres relèvent des performances supérieures chez les filles (Choudhury et al., 2003). Les différences sont nettement plus robustes lorsque les stimulations utilisées sont des odorants de la vie quotidienne : très jeunes, les filles ont de meilleures capacités que les garçons à reconnaître les odeurs corporelles des personnes de leur entourage (Verron & Gaultier, 1976 ; Mallet & Schaal, 1998).

3.1.3. Réactivité hédonique

Dans la continuité des données précédentes, on constate que les femmes sont aussi plus réactives aux caractéristiques hédoniques des odeurs. Elles jugent les odeurs désagréables comme étant plus déplaisantes que ne le font les hommes (Broman & Nordin, 2000 ; Olofsson & Nordin, 2004). Les odeurs corporelles (haleine, odeur des aisselles et de sécrétions vaginales) sont jugées moins plaisantes par elles que par les hommes (Doty, 1986). Les filles jugent les odeurs de sueur d'adultes hommes et femmes comme étant plus déplaisantes que ne le font les garçons, mais seulement à partir de l'adolescence (Stevenson & Repacholi, 2003). En revanche, l'évaluation hédonique d'odeurs agréables ne met pas en évidence de différences entre hommes et femmes (Dijksterhuis et al., 2002), sauf chez l'enfant pour l'odeur de caramel qui, dans une étude, est plus appréciée par les filles (Stevenson & Repacholi, 2003).

Ici encore, la plus grande capacité féminine à accéder à l'information (sémantique) sur l'odeur pourrait être à l'origine des différences sexuelles d'appréciation. En effet, Stevenson et Repacholi (2003) montrent par exemple que la dépréciation de l'odeur de sueur masculine par les filles adolescentes correspond à une meilleure capacité à identifier cette odeur. Une seconde expérience permet aux auteurs de confirmer leur hypothèse, car les différences sexuelles de notation hédonique disparaissent lorsque l'expérimentateur fournit à tous les participants des informations sur l'origine des odorants à évaluer. Enfin, lorsqu'on les questionne sur l'importance des odeurs dans leur vie quotidienne, les femmes sont plus nombreuses que les hommes à déclarer que les odeurs déclenchent des émotions (Martin et al., 2001). Autrement dit, les femmes seraient également plus attentives à la signification des odeurs et au contenu émotionnel des contextes associés aux percepts olfactifs.

3.1.4. Importance et utilisation des odeurs dans la vie quotidienne

L'examen séparé des différentes aptitudes olfactives (détection, identification, mémoire et notation hédonique) permet de dire que les femmes sont généralement plus olfactives que les hommes. Ce dimorphisme sexuel, présent dès l'enfance et confirmé au moment de l'adolescence, a des répercussions sur la mobilisation de l'odorat dans la vie quotidienne. Par exemple, les femmes sont généralement plus nombreuses que les hommes à être touchées par l'hypersensibilité et l'intolérance aux odeurs (Bell et al., 1993 ; Nordin et al., 2004a). Cette différence pourrait être

due au fait que, contrairement aux hommes, leur sensibilité olfactive peut s'accroître lors d'expositions répétées à des odorants (Dalton et al., 2002). De plus, la présence de ces dysfonctionnements olfactifs entraîne chez elles une diminution de la qualité de vie plus importante que chez les hommes (Hummel & Nordin, 2005 ; Frasnelli & Hummel, 2005). L'olfaction pourrait donc être un élément plus saillant de l'organisation sensorielle chez les femmes que chez les hommes. Cette hypothèse est par exemple confortée par le fait que les femmes évaluent la douleur moins défavorablement en présence d'une odeur plaisante qu'en présence d'une odeur déplaisante ou d'aucune odeur, alors que les hommes ne sont pas influencés par la présence de stimulations olfactives dans ce contexte (Marchand & Arsenault, 2002).

Dans le domaine de l'olfaction sociale, les femmes semblent se fier plus que les hommes aux informations olfactives émises par les personnes. L'odeur corporelle est un élément de décision plus important pour elles dans le choix d'un partenaire sexuel (Herz & Inzlicht, 2002), et elles parviennent mieux que les hommes à reconnaître leur propre odeur ainsi que celle de leur partenaire (Schleidt et al., 1981 ; Platek et al., 2001). Ces capacités olfactives plus développées sont présentes dès l'enfance, puisque les filles de 4-5 ans (Verron & Gaultier, 1976) et de 9-10 ans (Mallet & Schaal, 1998) reconnaissent l'odeur de leurs pairs plus facilement que les garçons de leur âge. A 9 mois, les filles passent davantage de temps à explorer un hochet odorisé qu'un hochet inodore, alors qu'aucune différence n'apparaît chez les garçons (Schmidt & Beauchamp, 1990). Ces différences sexuelles de réactivité olfactive pourraient même être présentes dès la naissance pour des odeurs biologiques (Makin & Porter, 1989) ou artificielles (Balogh & Porter, 1986), bien que certains biais – dus à de potentielles différences motrices – rendent ces conclusions fragiles.

Outre les différences d'ordre biologique pouvant être à l'origine de différences de fonctionnement olfactif (Le Magnen, 1952 ; Doty, 1986), il est très probable que la réponse des individus aux tests olfactifs ainsi que l'utilisation réelle des odeurs dans la vie courante soient modulées par l'influence de l'environnement social et culturel. La société définit des rôles sexués, à savoir des activités et des attitudes adaptées pour chacun des genres au sein du groupe d'appartenance (Eagly, 1987). Les rôles sexués s'acquièrent de façon précoce (dès la naissance) à travers l'influence des parents, puis des autres membres de la famille, de l'école, des pairs et des médias. La sensorialité olfactive pourrait tenir une plus grande place dans les rôles "féminins" que dans les rôles "masculins", à travers l'exposition olfactive

(l'utilisation de cosmétiques, l'implication dans les activités domestiques, les interactions sociales de proximité) et l'attention portée à ces stimulations. D'un point de vue évolutionniste, les femmes sont, plus que les hommes, tournées vers la constitution, le maintien et la protection de la famille : l'avantage olfactif féminin pourrait ainsi intervenir notamment dans le choix d'un partenaire reproductif (Wedekind et al., 1995), dans l'attachement entre la mère et l'enfant (Schaal et al., 1980 ; Porter et al., 1983), et dans la sélection d'aliments non toxiques destinés à la progéniture.

En conclusion, les femmes font preuve, dans la plupart des cas, de meilleures capacités olfactives que les hommes, ce qui s'exprime aussi dans leur comportement olfactif quotidien. C'est la raison pour laquelle le genre sera un des paramètres principaux de notre étude des différences interindividuelles du comportement olfactif infantin. Les différences sexuelles en olfaction résultent vraisemblablement de la conjonction de plusieurs facteurs, biologiques (paramètres hormonaux), psychologiques (fonctionnement cognitif et émotionnel) et socioculturels. Le rôle des facteurs socioculturels et psychologiques sur le fonctionnement de l'olfaction est traité dans les paragraphes suivants.

3.2. Différences liées à l'environnement

Les effets de l'environnement sur la fonction olfactive ont le plus souvent été étudiés en terme d'exposition olfactive, notamment au travers d'études interculturelles, et en terme de contexte d'exposition, dont les effets ont déjà été partiellement mentionnés plus haut. Ces effets font appel à la plasticité des systèmes de détection et de traitement de l'information sensorielle, et à la dynamique des apprentissages.

3.2.1. Exposition olfactive et sensibilité

L'exposition olfactive peut entraîner des modifications à différents niveaux du système olfactif, tant périphériques que centraux. Des travaux chez le rat et la souris montrent par exemple que l'exposition ponctuelle à un odorant, répétée pendant une dizaine de jours, augmente la sensibilité spécifique à cet odorant (*sensibilisation*) grâce à des modifications fonctionnelles de l'épithélium olfactif (Yee & Wysocki, 2001). L'absence de stimulations olfactives déclenche l'atrophie du bulbe olfactif et une diminution de la sensibilité (Doving & Pinching, 1973) et

à l'inverse, l'exposition durant plusieurs jours à un environnement olfactif varié augmente la neurogenèse dans le bulbe olfactif et améliore la mémorisation des odeurs (Rocheffort et al., 2002). Chez l'homme, Wysocki et al. (1989) montrent que des personnes anosmiques à l'androsténone peuvent acquérir la capacité à détecter cet odorant si elles y sont exposées plusieurs fois par jour pendant six semaines. Si dans cette étude, l'effet est spécifique à l'androsténone et aux individus anosmiques, Stevens et O'Connell (1995) montrent en revanche que la sensibilisation à l'androsténone peut être obtenue par exposition à un odorant de qualité similaire (péménone) et s'applique aussi aux personnes normosmiques. Dalton et al. (2002) confirme ces résultats avec des odorants de qualité fruitée, mais uniquement chez les femmes. La sensibilisation olfactive pourrait apparaître très précocement : chez le lapin, des individus exposés *in utero* à un odorant donné expriment une plus forte sensibilité postnatale (accompagnée d'une préférence) pour cet odorant, mesurée par l'amplitude de l'électro-olfactogramme (Hudson & Distel, 1998). Ce phénomène pourrait impliquer des mécanismes, encore mal connus, d'ordre périphérique (multiplication des récepteurs olfactifs) et central : son rôle adaptatif serait de favoriser la réactivité des individus aux stimulations significatives de leur environnement (éventuellement associées à un renforcement).

A l'inverse, l'exposition répétée à un odorant donné est aussi susceptible d'entraîner une diminution de la réponse à cette stimulation. Cette diminution peut être due à des mécanismes périphériques de désensibilisation par fatigue ou *adaptation* des récepteurs olfactifs (mécanismes probables de saturation des récepteurs). L'adaptation à un odorant donné peut s'appliquer à des stimuli de qualité similaire (adaptation croisée : Todrank et al., 1991 ; Pierce et al., 1993). La diminution de la réponse à une odeur peut également relever de processus centraux : on parle alors d'*habituation* olfactive, qui constitue une forme élémentaire d'apprentissage. Il s'agit d'un phénomène à court terme, favorisé par une exposition prolongée, qui est réversible et généralisable à d'autres stimuli (Boisacq-Schepens & Crommelinck, 2000).

D'une manière générale, l'apparition de l'un ou l'autre des phénomènes d'*habituation* et de *sensibilisation* semble être fonction de l'intensité du stimulus (un odorant à forte concentration provoquera plus facilement une sensibilisation) et de sa signification (l'habituation permet de diminuer la réponse à un stimulus peu pertinent pour l'individu dans un environnement donné, tandis que la sensibilisation augmente la réponse à un signal dont les effets sont préjudiciables à

l'individu). Ainsi, l'influence de l'exposition sur la perception olfactive ne se limite pas à une dimension purement sensorielle, mais englobe aussi des facteurs cognitifs. Par exemple, des personnes exposées pendant 20 min à une odeur ambiante décrite par l'expérimentateur comme naturelle et saine jugent décroissant l'intensité de l'odeur au fil de l'exposition (habituation), tandis que celles auxquelles on fait croire que cette même odeur peut être nocive la perçoivent comme étant de plus en plus intense (sensibilisation ; Dalton, 1996). Dans le même temps, la mesure objective du seuil de détection de l'odorant avant et après exposition atteste d'une adaptation olfactive quelle que soit l'information donnée aux sujets, mettant ainsi en évidence le fort impact des facteurs cognitifs dans les phénomènes perceptifs.

3.2.2. Familiarité et perception olfactive : apport des études interculturelles

Les paramètres physiques et sociétaux de la culture imposent des spécificités en terme d'odeurs accessibles dans l'environnement, recherchées ou masquées, et façonnent ainsi la qualité, l'intensité et la variabilité de l'espace olfactif des individus. C'est pourquoi les études interculturelles de la perception des odeurs constituent un apport intéressant pour comprendre les effets de l'expérience olfactive. Du point de vue de la sensibilité olfactive, les rares études qui ont exploré les variations interculturelles n'ont pas réussi à mettre en évidence de différences de sensibilité, par exemple entre sujets japonais et allemands, pour des odorants familiers et typiques de chaque culture (Hübener et al., 2001 ; Mohr et al., 2002). Les odeurs les plus familières ont toutefois tendance à être perçues comme plus intenses (Ayabe-Kanamura et al., 1998a ; Distel et al., 1999).

Les différences liées à l'expérience apparaissent plus clairement sur les préférences olfactives. Bien que certains types d'odeurs entraînent un consensus interculturel au niveau des préférences olfactives (rejet des odeurs de décomposition : Schleidt et al., 1988 ; Wysocki et al., 1991), il existe des spécificités culturelles liées à la familiarité des odorants. Par exemple, l'odeur de *wintergreen* est moins appréciée en Europe, où elle est peu fréquente, qu'aux Etats-Unis où l'on trouve cet arôme dans de nombreux bonbons et boissons (Pangborn et al., 1988). L'invariance des jugements hédoniques pour les odeurs déplaisantes et la variabilité observée pour les odeurs plutôt plaisantes, en fonction du degré de familiarité de ces odeurs, apparaissent dès l'enfance (à 6-7 ans : Schaal et al., 1998), soulignant l'impact précoce de la culture.

Les capacités d'identification olfactive semblent elles aussi positivement corrélées à la fréquence à laquelle les odeurs sont rencontrées (Doty et al., 1985). De plus, si on demande à des sujets d'identifier librement des odorants, les réponses pour un même stimulus varient d'une culture à l'autre, selon sa signification fonctionnelle ou les associations établies localement : par exemple, l'anis évoque un produit alimentaire pour des sujets allemands mais plutôt un désinfectant pour des sujets japonais (Ayabe-Kanamura et al., 1998b).

Ces études à grande échelle, qui mettent en évidence la modulation de la perception des odeurs par l'expérience olfactive des sujets, posent la question de l'impact des 'microcultures', c'est-à-dire des particularités culturelles locales à l'échelle de la ville, du quartier, voire de l'espace professionnel et domestique. Hummel et al. (2004) et Snyder et al. (2003) étudient par exemple les capacités olfactives de personnes travaillant dans des contextes particulièrement odorants : la parfumerie et le monde agricole. A l'encontre de leur hypothèse initiale, penchant pour les effets délétères d'une exposition durable sur la fonction olfactive, les auteurs n'ont pas relevé de différences de performances (sensibilité, identification) par rapport à des sujets témoins, excepté pour la discrimination où les employés de parfumerie s'avèrent meilleurs. Dans une autre approche basée sur l'utilisation d'un questionnaire, les personnes ayant une profession liée aux odeurs (boulangers, fleuristes, chefs cuisiniers) n'expriment pas plus d'attention aux odeurs quotidiennes que des sujets témoins (Martin et al., 2001). Dans ces études, les variables olfactives mesurées concernent des odorants sans rapport avec les stimulations très spécifiques rencontrées par les sujets dans le cadre de leur profession, expliquant probablement les résultats obtenus.

Dans le référentiel domestique, Forestell et Mennella (2005) montrent que les enfants de 3-8 ans exposés à l'odeur de tabac dans l'environnement familial expriment une préférence pour cette odeur par rapport à une odeur neutre non familière, alors que cette préférence n'apparaît pas chez les enfants non exposés à la cigarette. Ici encore, l'impact de l'environnement olfactif survient précocement au cours du développement et mériterait d'être davantage étudié chez l'enfant. Par exemple, la présence d'un jardin, d'animaux domestiques, l'utilisation ou non de parfums ou d'huiles essentielles par les parents, sont autant d'éléments qui marquent l'environnement sensoriel des individus dès leur plus jeune âge.

3.2.3. Effet du contexte sur la perception olfactive

Comme le suggèrent les résultats de Dalton (1996) présentés plus haut (cf. § 3.2.1.), l'exposition olfactive ne permet pas d'expliquer à elle seule les variations interindividuelles de perception olfactive : le contexte émotionnel et cognitif de l'encodage des odeurs a une influence notable. L'information verbale accompagnant l'odeur influence non seulement l'intensité perçue, selon qu'elle est connotée positivement ou négativement (Dalton, 1996), mais aussi l'appréciation de l'odeur : un mélange odorant d'acides butyrique et isovalérique sera évalué plus positivement s'il est présenté aux sujets comme étant une odeur de 'parmesan' que comme étant une odeur de 'vomi' (Herz & von-Clef, 2001).

Chez l'enfant, une aversion chimiosensorielle (alimentaire) peut se transformer en préférence si le stimulus est valorisé par les pairs (Birch, 1980), soulignant l'intervention précoce du contexte social et cognitif dans la modulation des perceptions. Par ailleurs, des enfants dont les parents consomment de l'alcool du fait de tendances dépressives sont plus enclins à déprécier l'odeur de bière que des enfants dont les parents en consomment de façon conviviale (Mennella & Garcia, 2000). De la même façon, l'état dépressif associé à la consommation maternelle de tabac a un impact sur l'appréciation de l'odeur de cigarette par les enfants (Forestell & Mennella, 2005).

En résumé, l'environnement joue un rôle non négligeable, à travers l'exposition olfactive et le contexte d'exposition, dans l'organisation des perceptions olfactives de l'adulte et de l'enfant, que ce soit en terme de détection, de traitement cognitif ou de préférence. Dans la présente étude, nous nous intéresserons à différents facteurs de l'environnement qui pourraient moduler l'exposition des enfants aux odorants, comme par exemple les pratiques familiales en matière de parfum, de tabagisme, la présence d'animaux et de végétaux (jardin) dans l'environnement domestique, mais aussi la composition familiale (hommes/femmes) et les origines ethniques. Quant au contexte, il ne sera pas étudié en tant que tel dans notre étude, mais il fera l'objet d'un effort de standardisation lors des expérimentations olfactives afin de limiter les variations non souhaitées liées à ce facteur.

3.3. Olfaction et personnalité

Précédemment (§ 3.1.), nous avons laissé entendre que les différences de perception olfactive entre hommes et femmes pourraient être dues à des différences de fonctionnement émotionnel. Ce fonctionnement émotionnel peut être décrit par certains aspects de la personnalité, dont le lien avec la sensorialité olfactive est étudié depuis quelques années.

3.3.1. Définition de la personnalité

La personnalité peut se définir comme l'ensemble des « dispositions à des conduites cognitives et pratiques, à des interactions sociales, et à des réactions affectives qui restent stables tout au long d'une vie et se manifestent dès l'enfance » (Tiberghien, 2002). Le *tempérament*, dont la définition reste malaisée, est la composante constitutionnelle de la personnalité (fondée sur des bases biologiques et héréditaires) : elle concerne plus particulièrement la réactivité émotionnelle et les sentiments (Rothbart & Bates, 2006). En complément de ces réactions prédisposées, un autre aspect de la personnalité comprend les conduites volontaires et conscientes : il s'agit du *caractère* (Cloninger, 1994) qui relève davantage de dimensions cognitives, influencées par le contexte socioculturel. Dans la littérature, la distinction entre personnalité et tempérament n'est pas toujours claire, et nombreuses sont les recherches – notamment chez l'enfant – qui disent porter sur des traits de tempérament, mais qui recouvrent en fait des aspects de la personnalité (cf. Caspi & Shiner, 2006). Par précaution, dans notre étude nous préférons donc parler de *personnalité* de l'enfant.

Plusieurs modèles ont été proposés pour tenter de décrire la structure de la personnalité. Un des plus classiques est le modèle en cinq facteurs (Big Five, Costa & McCrae, 1990) incluant l'Extraversion, le Névrotisme, le caractère Agréable (chaleureux, coopératif, généreux), le caractère Conscientieux (réfléchi, attentif, organisé) et l'Ouverture aux expériences (curieux, créatif, fantaisiste). Des modèles en trois facteurs sont aussi très répandus, comme celui d'Eysenck (1990) comprenant l'Extraversion, le Névrotisme, et le Psychotisme (tendance à altérer le contact avec la réalité). L'*Extraversion* est une dimension commune aux différents modèles proposés : elle se définit par une émotivité positive et distingue les individus qui s'engagent activement dans les relations sociales de ceux qui tendent à éviter le contact avec autrui. Les traits se rapportant à cette dimension sont la sociabilité, l'énergie et l'activité, l'assurance et la dominance sociale. Le *Névrotisme*,

autre dimension commune aux différents modèles de personnalité, se caractérise par la tendance à éprouver des émotions négatives, une angoisse générale, et à avoir par conséquent une perception négative de soi et du monde. Les traits se rapportant à cette dimension sont la peur, l'anxiété et la tristesse, mais aussi l'irritabilité et le manque de confiance. Ces deux dimensions semblent être présentes dès le début de la vie (Rothbart & Bates, 2006).

3.3.2. Personnalité et fonctionnement sensoriel

A ces caractéristiques comportementales correspondent des particularités physiologiques : par exemple, les individus introvertis ont une plus grande réactivité du système sympathique mesurée par dilatation pupillaire (Eysenck & Eysenck, 1985), un rythme cardiaque plus élevé (Gange et al., 1979) et une plus grande activation de l'amygdale (Kagan & Snidman, 2004). Des caractéristiques physiques semblent associées aux traits de personnalité : par exemple, les introvertis auraient plus fréquemment les yeux bleus (Rosenberg & Kagan, 1987). Toutes ces caractéristiques, dont l'interrelation est présente dès la naissance, pourraient être sous-tendues par des paramètres neurobiologiques en partie déterminés génétiquement (Kagan & Fox, 2006). La présence et la quantité de différents neurotransmetteurs et de leurs récepteurs modulent (par excitation ou inhibition) l'activité des différentes zones cérébrales, régissant ainsi les sorties comportementales en réaction aux stimulations extérieures. Ces différences d'excitabilité pourraient s'appliquer à la sensorialité : notamment, les introvertis pourraient avoir une plus grande sensibilité sensorielle. Cette hypothèse a été vérifiée dans les modalités visuelles (Siddle et al., 1969), auditives (Smith, 1968 ; Stelmack & Michaud-Achorn, 1985), gustatives (Fischer et al., 1968) et nociceptives (Haslam, 1967 ; Geen, 1986).

3.3.3. Personnalité et perception olfactive

SENSIBILITE

Les études sur les seuils de détection olfactive en fonction de la dimension d'Extraversion apportent des conclusions peu concordantes. Plusieurs études concluent à l'absence de différence entre introvertis et extravertis, que ce soit pour des mesures de seuil de détection de plusieurs substances (Koelega, 1994c ; Pause et al., 1998) ou d'intensité perçue (Filsinger et al., 1987 ; Larsson et al., 2000). De façon inattendue, Koelega (1970) relève une plus grande sensibilité chez les

extravertis. A l'inverse, Herbener et al. (1989) montrent que la timidité (un trait de l'Introversion) est liée à une meilleure sensibilité aux odeurs.

Par ailleurs, les individus ayant des tendances névrotiques plus fortes, comme les anxieux, semblent plus sensibles aux odeurs que ceux ayant moins de tendances névrotiques, que ce soit en terme de seuil de détection (Koelega, 1994c ; Pause et al., 1998), d'intensité perçue (Chen & Dalton, 2005) ou de vitesse de détection d'odeurs hédoniquement contrastées (Chen & Dalton, 2005). Toutefois, les résultats pour cette dimension de la personnalité restent eux aussi contradictoires, puisque certains auteurs montrent que Névrotisme et sensibilité olfactive ne sont pas liés (Koelega, 1970 ; Larsson et al., 2000). D'autres études suggèrent que les anxieux seraient même moins sensibles aux odeurs (Rovee et al., 1973), ce qui pourrait refléter leur nervosité face à la tâche plutôt qu'une particularité perceptive. Bien que les conclusions ne soient pas univoques, elles laissent toutefois penser que la dimension de Névrotisme pourrait être, dans le domaine de l'olfaction, un meilleur prédicteur de la sensibilité que l'Extraversion. Cette tendance est cohérente avec le fait que : 1) les individus névrotiques (à forte réactivité émotionnelle) ont une activation limbique plus importante, et 2) le système limbique est fortement impliqué dans le traitement de l'information olfactive (Pause et al., 1998 ; Larsson et al., 2000).

Il faut souligner ici le manque de robustesse des conclusions sur le lien entre personnalité et sensibilité olfactive : les résultats obtenus dans ces différentes études sont contradictoires, et ne s'appliquent qu'à certaines odeurs (Pause et al., 1998 ; Koelega, 1994c) ou à des sous-groupes d'individus (aux femmes pour l'intensité perçue et aux hommes pour la vitesse de détection dans l'étude de Chen et Dalton, 2005 ; aux femmes non fumeuses dans l'étude de Koelega, 1994c), sans que pour autant des règles d'exclusion puissent être établies.

AUTRES VARIABLES DE PERCEPTION DES ODEURS

Les individus à tendance extravertie étant particulièrement enclins à ressentir et exprimer leurs émotions positives et les individus à tendance névrotique leurs émotions négatives (Tiberghien, 2002), on pourrait s'attendre à ce que la notation hédonique des odeurs varie en fonction de la personnalité. Or, la propension à considérer une odeur comme agréable ou non ne semble modulée ni par la dimension d'Extraversion (Moncrieff, 1966 ; Filsinger et al., 1987 ; Larsson et al., 2000), ni par la dimension de Névrotisme (Larsson et al., 2000). En revanche, des

résultats significatifs sont obtenus dans le cas de la néophobie alimentaire : les individus néophobes, qui sont aussi plus émotifs et timides (Pliner & Loewen, 1997), apprécient moins les odeurs que les sujets néophiles (Frank & van der Klaauw, 1994 ; Raudenbush et al., 1998).

Enfin, la mémoire de reconnaissance d'odeurs apprises de façon non intentionnelle ainsi que la capacité à identifier les odeurs ne semblent pas être influencées par le degré d'Extraversion (Hvastja & Zanuttini, 1991 ; Larsson et al., 2000). En revanche, les individus présentant des tendances névrotiques ont de meilleures performances identificatoires (Larsson et al., 2000). Toute conclusion est cependant prématurée étant donné le nombre limité d'études portant sur les liens entre ces aspects de l'olfaction et les traits de personnalité.

3.3.4. Personnalité et olfaction chez l'enfant

La personnalité de l'enfant possède une structure similaire à celle de l'adulte, selon des études par questionnaire et des observations comportementales (Caspi & Shiner, 2006). Les dimensions d'Extraversion et de Névrotisme décrites dans les paragraphes précédents sont récurrentes dans les questionnaires de personnalité pour enfants (Achenbach, 1978 ; Buss & Plomin, 1984 ; Lerner et al., 1982 ; Rothbart et al., 2001). Des études longitudinales montrent que certaines caractéristiques observées chez le bébé (activité motrice, sourires/pleurs, peur dans une situation non familière) peuvent prédire le comportement extraverti et névrotique ultérieur de l'enfant (Kagan & Snidman, 2004 ; Caspi & Shiner, 2006). Des modifications peuvent toutefois se produire en interaction avec l'environnement : l'enfant peut améliorer le contrôle de ses émotions et de son comportement (Kagan & Snidman, 2004). On peut imaginer que le lien entre sensorialité et personnalité soit plus marqué chez l'enfant que chez l'adulte, car son comportement (moins contrôlé) pourrait être un reflet plus direct de son état physiologique et motivationnel. Moncrieff (1966) a comparé les préférences olfactives d'enfants introvertis et extravertis (selon le jugement de l'expérimentateur), mais – tout comme chez l'adulte – il n'a pas relevé de différence remarquable entre les deux groupes. Cette absence de différence en fonction de la personnalité pourrait provenir de la méthode utilisée : celle-ci consiste à classer une série d'odorants par ordre de préférence, fournissant une mesure des préférences relatives, et il n'est pas exclu que des différences pourraient apparaître sur les préférences absolues évaluées sur une échelle. Dans une autre étude où la personnalité de l'enfant est évaluée par les parents (Schaal,

1987), les enfants les plus actifs (voire hyperactifs) jugent les odeurs de façon plus négative que les autres enfants. La même tendance est relevée chez les sujets à tendance anxieuse et dépressive, qui présentent de surcroît une meilleure aptitude à identifier les odeurs.

En conclusion, la personnalité semble liée à la façon dont les odeurs sont perçues, mais la rareté des études et l'hétérogénéité des méthodes rendent les conclusions pour le moins provisoires chez l'adulte. Chez l'enfant, ces questions restent quasiment inexplorées. Nous aborderons donc ici la possibilité d'un lien entre, d'une part, les traits de Névrotisme (émotivité, anxiété), d'Extraversion (sociabilité, activité) et de Néophobie Alimentaire, et d'autre part, les comportements et compétences olfactives de l'enfant.

3.4. Les facteurs de variations individuelles : un système d'interactions

Les trois facteurs présentés plus haut semblent être les principales sources de variation interindividuelle en olfaction. Mais la validité écologique d'une approche cloisonnée par facteur reste limitée : il importe de considérer ces facteurs dans un système global d'interactions entre les caractéristiques constitutives de l'individu et l'environnement de celui-ci. Un modèle de représentation de ce système est proposé dans la Figure 5 : bien qu'ayant conscience de la complexité des différents concepts représentés, qui souvent constituent des domaines à part entière de la psychologie ou de la biologie, nous allons tenter de les décrire et de donner un aperçu de leur intégration dans un "modèle" global.

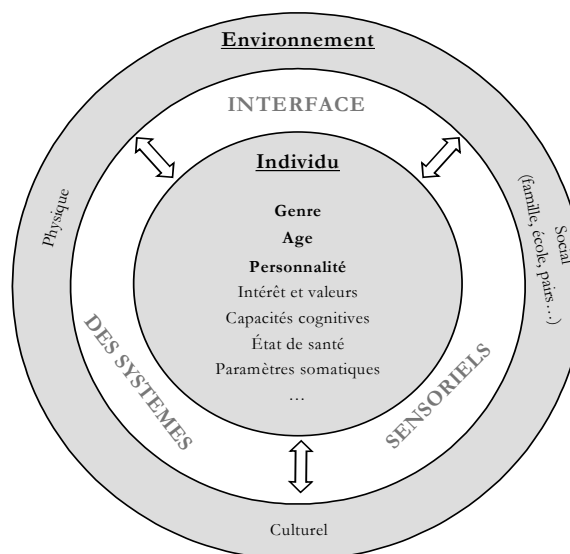


Figure 5 Système d'interactions entre l'individu et son environnement, faisant apparaître les principaux facteurs potentiellement liés à la perception olfactive et à l'exposition aux odeurs.

Au centre du modèle, l'individu peut se définir comme une entité somatique et psychique unique, dérivée de l'interaction complexe d'un patrimoine génétique avec un environnement donné au cours du développement. Certains éléments ou processus constitutifs dépendent initialement de l'expression du génome. C'est le cas par exemple du sexe biologique, masculin ou féminin, et d'autres paramètres somatiques. On peut aussi évoquer certains aspects du tempérament ayant des bases biologiques en partie héritées (réactivité, inhibition, auto-régulation) : ces traits sont repérables dès les périodes les plus précoces du développement et influencent le profil ultérieur de l'enfant (Rothbart, 1981 ; Kagan & Snidman, 2004). Dans le domaine sensoriel, il existe un déterminisme génétique dans l'apparition de particularités visuelles (daltonisme) ou auditives (oreille absolue, Baharloo et al., 1998) : l'équipement olfactif périphérique est lui aussi pour partie héritable, certains individus étant par exemple porteurs d'anosmies spécifiques à certains odorants (Amoore, 1991).

Doté de ces caractéristiques constitutives, l'individu interagit avec le milieu extérieur au moyen de son interface sensorielle : son sensorium lui permet de percevoir l'environnement, de construire ses connaissances, et d'organiser ses actions. Indissociables de la sensorialité, les aptitudes cognitives de l'individu lui permettent d'acquérir (extraction de l'information, attention), de conserver (mémoire) et de transmettre (langage) des connaissances et de répondre de façon adaptée à l'environnement. C'est grâce à cette interface sensorielle et cognitive que l'expression du patrimoine génétique subit l'influence dynamique de l'environnement au cours du développement. Ces processus sont examinés par Bronfenbrenner (1977, 1986), qui présente un modèle écologique du développement axé sur l'environnement social. Il divise cet environnement en cinq niveaux d'influence, allant du système d'interaction le plus proche (la famille, l'école, les pairs) au système le plus large (attitudes et idéologies culturelles), et met l'accent sur l'aspect temporel des interactions qui sont rythmées par les événements de la vie (individuels ou liés aux circonstances sociohistoriques). Les influences environnementales s'expriment, par exemple, sur le genre : des rôles sexués sont assignés dès l'enfance aux filles et aux garçons, notamment par les parents (Lytton & Romney, 1991) à travers leurs attitudes ou les jouets qu'ils fournissent. Les échecs et les succès personnels, ainsi que les valeurs éducatives de la famille en matière de socialisation, modulent le tempérament initial de l'enfant en renforçant ou en atténuant certains traits (Kagan & Snidman, 2004). Les capacités cognitives sont susceptibles d'être modulées par les pratiques éducatives

et les capacités cognitives des parents ainsi que le niveau socioéconomique de la famille (Andersson et al., 1996). Le concept de *niche développementale* (Super & Harkness, 1986 ; Harkness & Super, 1994) souligne le rôle des contextes physiques et sociaux dans lesquels vit l'enfant, ainsi que des habitudes de soin et d'éducation de l'enfant régulées par la culture et par les croyances personnelles des parents. L'idée de niche permet de mieux conceptualiser les interactions individu-environnement, notamment dans le domaine sensoriel. En effet, les différentes caractéristiques de l'environnement citées par Harkness et Super (1994) déterminent la qualité et la quantité de stimulations (y compris olfactives) rencontrées, ainsi que la façon dont ces stimulations vont gagner de la saillance perceptive et de la signification affective.

Si l'environnement module les caractéristiques individuelles, n'oublions par que l'individu peut lui aussi, dans une certaine mesure, influencer son environnement. Grâce aux apprentissages, et au développement concomitant des capacités cognitives et de la personnalité, l'enfant devient en partie capable de faire une sélection dans les stimulations auxquelles il s'expose. Enfin, la complexité du système d'interactions individu-environnement réside aussi dans le fait que les caractéristiques individuelles sont elles aussi interdépendantes : par exemple, le genre est associé à des particularités dans les traits de personnalité, dans les capacités cognitives et dans les caractéristiques psychobiologiques (Geary, 2003).

En conclusion, l'étude des différences interindividuelles est une approche complexe où de nombreux facteurs sont impliqués et interagissent. La place de la sensorialité olfactive dans ce système est encore mal connue, que ce soit chez l'adulte ou chez l'enfant. Par conséquent, l'un des objectifs de ce projet de recherche est de mettre en évidence l'impact de certains facteurs individuels et environnementaux sur le fonctionnement olfactif de l'enfant. L'analyse du système individu-environnement proposée ci-dessus souligne la nécessité de garder à l'esprit, tout au long de la présente étude, l'existence d'inter-relations entre les facteurs étudiés ainsi que leur implication dans un système complexe et dynamique.

4. Objectifs et hypothèses de travail

Au vu du contexte scientifique brossé plus haut, on assiste à une prise de conscience grandissante de l'importance des odeurs dans la vie quotidienne des adultes et, parallèlement, au manque de connaissances à ce sujet chez l'enfant. Par ailleurs, alors qu'un certain nombre de facteurs de variation interindividuelle des capacités olfactives sont connus chez l'adulte, ceux-ci restent mal compris chez l'enfant. La recherche présentée ici vise à contribuer à une meilleure connaissance du sens de l'odorat chez l'enfant. Elle met l'accent sur l'étude des facteurs de variation interindividuelle dans une approche à caractère écologique, c'est-à-dire qui favorise le recueil d'informations sur les compétences olfactives mobilisées dans la vie quotidienne et leur intégration dans un système général d'interactions entre l'individu et son environnement. Le travail s'articulera autour des objectifs et des étapes expérimentales suivants.

⌘ Le premier objectif de ce travail est double : obtenir des informations sur l'attention et la réactivité aux odeurs des enfants dans leur vie quotidienne et mettre en évidence des différences interindividuelles dans ces attitudes. Pour atteindre cet objectif, des méthodes nouvelles devront être développées, qui respectent le caractère intime et implicite de l'olfaction et qui soient aptes à mettre en lumière des différences interindividuelles. Deux étapes expérimentales, constituant la Partie I de l'étude, seront mises en œuvre pour atteindre cet objectif (Figure 6).

L'**Etape 1** consistera à construire un questionnaire de comportement olfactif adressé aux enfants, appelé ECOLE (Evaluation des Comportements OLfactifs de l'Enfant). Cette approche aura pour but d'obtenir des informations, riches et fiables, sur les rapports aux odeurs des enfants dans diverses situations quotidiennes alimentaires, sociales et environnementales. Un test de fluidité verbale permettra de contrôler la variabilité liée à la maîtrise du langage.

L'**Etape 2** aura pour objet d'évaluer, par confrontation à des odorants réels, l'attention et la réactivité olfactives des enfants. Elle reposera sur trois tâches (mémoire associative, évaluation hédonique d'objets, test de barrage) durant lesquelles des odorants seront présentés à l'insu des participants. Elle permettra d'évaluer l'attention spontanément accordée aux odeurs ainsi que l'impact de ces stimulations sur les performances. La performance au test de barrage en l'absence d'odeur sera utilisée comme mesure des capacités de traitement de l'information

de chaque individu. Une évaluation hédonique des odeurs impliquées sera également recueillie.

⌘ **Le second objectif de ce travail est de tenter d'apporter des éléments d'explication aux différences interindividuelles de comportement olfactif mises en évidence lors de la réalisation du premier objectif. Il s'agit de comparer des individus ayant des comportements olfactifs très différents, sur la base de plusieurs facteurs qui, chez l'adulte, sont connus pour influencer sur la perception olfactive. Cinq étapes, constituant la Partie II de l'étude, jalonneront la réalisation de ce deuxième objectif (Figure 6).**

L'**Etape 3** consistera à identifier, sur la base des réponses des enfants dans les Etapes 1 et 2, les individus les 'moins olfactifs' (–Olf), c'est-à-dire ayant une attention et une réactivité faibles aux odeurs, et les individus les 'plus olfactifs' (+Olf).

L'**Etape 4** examinera et comparera les performances olfactives des deux groupes d'enfants +Olf et –Olf par des tests olfactifs standardisés de seuil de détection, de discrimination et d'identification. Les capacités olfactives seront également mises en relation avec les préférences olfactives évaluées dans l'Etape 2.

Les étapes suivantes consisteront à collecter des informations auprès des parents. Dans un premier temps (**Etape 5**), les parents évalueront les traits de personnalité de leur enfant, se rapportant aux dimensions d'Extraversion (activité, sociabilité), de Névrotisme (émotivité, anxiété) et de Néophobie Alimentaire. Ces traits de personnalité seront notamment mis en relation avec la distinction –Olf/+Olf et les préférences et performances olfactives des enfants évaluées respectivement dans les Etapes 2 et 4.

Dans un second temps (**Etape 6**), les parents fourniront des informations sur diverses caractéristiques de l'écologie olfactive (diversité d'odeurs présentes dans le milieu familial) et socioculturelle de l'enfant (composition familiale, origines ethniques, niveau d'éducation des parents). A nouveau, ces caractéristiques environnementales seront mises en relation avec la distinction –Olf/+Olf et les préférences et performances olfactives des enfants évaluées respectivement dans les Etapes 2 et 4.

Enfin, l'**Etape 7** aura pour objet de comparer l'attention et la réactivité olfactives évaluée par les enfants et par les parents.

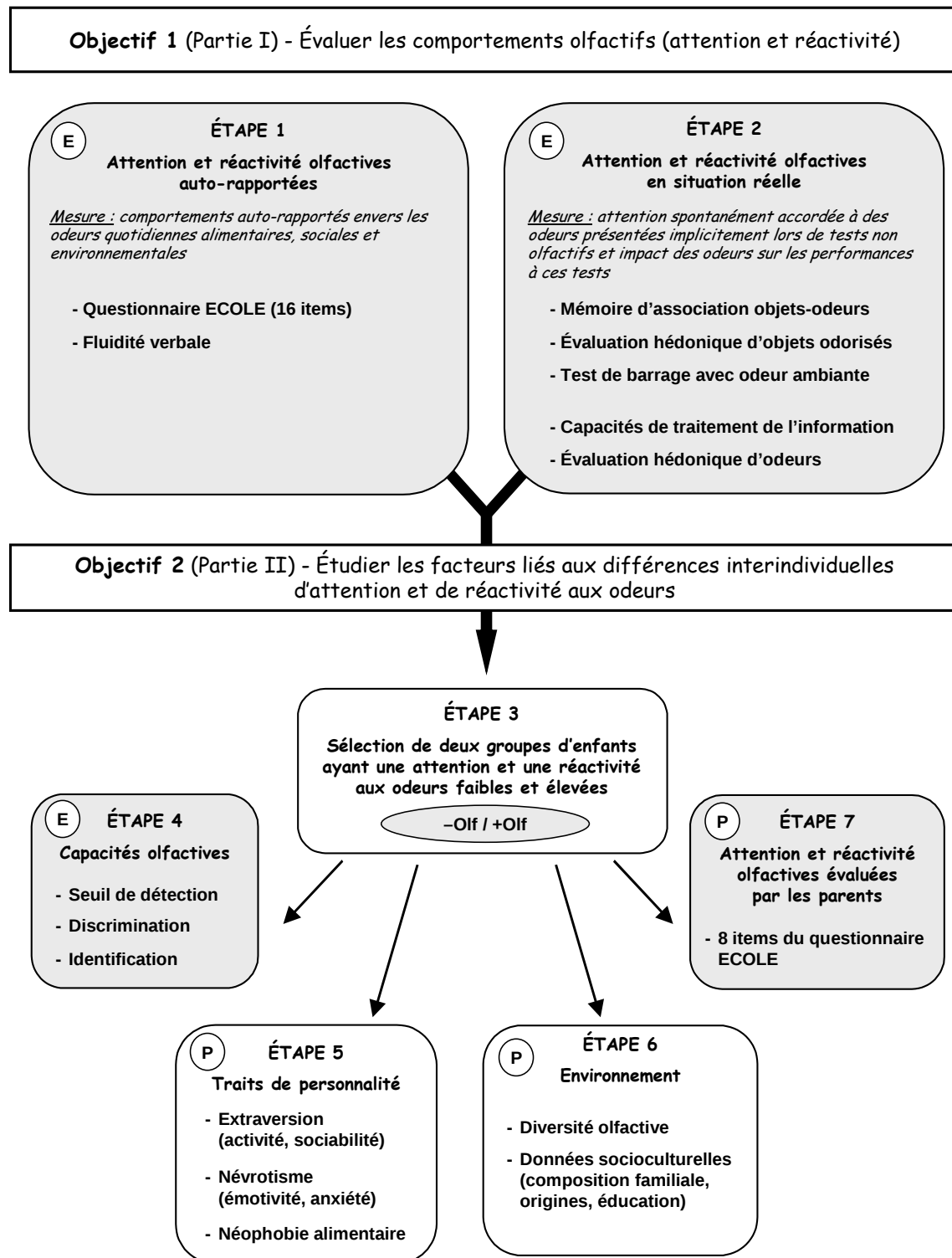


Figure 6 Schéma récapitulatif des deux grands objectifs de la recherche et des sept étapes expérimentales mises en œuvre pour atteindre ces objectifs (E : mesures effectuées auprès des enfants ; P : mesures effectuées auprès des parents).

→ Les résultats attendus dans le cadre de cette étude s'articulent autour des hypothèses suivantes :

Hypothèse 1 – Pertinence du questionnaire ECOLE

Même si l'olfaction engendre des percepts généralement peu lexicalisés, les enfants devraient être capables, comme les adultes, de rapporter verbalement leurs comportements olfactifs de façon précise et fiable lorsqu'ils sont interrogés de manière adéquate. Le questionnaire ECOLE devrait donc permettre d'examiner la sensorialité olfactive des enfants grâce à une approche qui considère les propriétés de leur niche développementale olfactive.

La pertinence des informations fournies par cet outil devrait être confortée par les autres mesures olfactives. Les enfants qui se déclarent les plus attentifs et réactifs aux odeurs (scores ECOLE les plus élevés, Etape 1) devraient être davantage attentifs au contexte olfactif en situation réelle (Etape 2), montrer une réactivité hédonique plus marquée à des odeurs réelles (Etape 2), avoir une plus grande sensibilité et surtout de meilleures capacités de discrimination et d'identification olfactives (Etape 4), et enfin être considérés comme particulièrement olfactifs par leurs parents (Etape 7).

Hypothèse 2 – Impact du contexte olfactif

Le contexte olfactif pourrait (en particulier à travers sa valence affective) influencer les capacités attentionnelles des enfants et la réalisation de tâches cognitives, ainsi que le jugement hédonique d'objets. Cette influence serait plutôt délétère en présence d'odeurs déplaisantes, et bénéfique en présence d'odeurs plaisantes.

Hypothèse 3 – Différences olfactives liées à l'âge

Le perfectionnement des habiletés cognitives (verbalisation, attention, mémoire), ainsi que l'accumulation d'expériences olfactives au cours de l'enfance, devraient influencer les capacités d'attention aux odeurs et de description des perceptions olfactives. Une amélioration des différentes variables olfactives mesurées (score ECOLE dans l'Etape 1, impact du contexte olfactif dans l'Etape 2 et capacités olfactives dans l'Etape 4) ainsi qu'une possible modification des préférences olfactives (Etape 2) pourraient donc être observées entre 6 et 10 ans.

Hypothèse 4 – Différences olfactives liées au genre

Les différences de genre, récurrentes chez l'adulte pour différentes compétences olfactives, pourraient être présentes dès l'enfance. Une supériorité féminine pour les différentes variables olfactives mesurées (score ECOLE dans l'Etape 1, impact du contexte olfactif dans l'Etape 2 et capacités olfactives dans l'Etape 4) ainsi que des préférences olfactives plus marquées (Etape 2) pourraient ainsi être mises en évidence.

Hypothèse 5 – Différences olfactives liées à la personnalité

Certains traits de personnalité pourraient être associés à des particularités au niveau du fonctionnement olfactif. D'après la littérature chez l'adulte, les traits d'Extraversion pourraient être associés à une moindre sensibilité olfactive (Etape 4), les traits de Névrotisme à une meilleure sensibilité olfactive et de meilleures capacités d'identification (Etape 4), et la Néophobie Alimentaire à une moindre appréciation des odeurs (Etape 2). Ces traits pourraient aussi moduler le comportement olfactif mesuré par le score ECOLE (Etape 1) ainsi que les préférences olfactives et la propension à être influencé par le contexte olfactif (Etape 2).

Hypothèse 6 – Différences olfactives liées à l'environnement

Certaines caractéristiques de l'environnement modulent l'exposition olfactive quotidienne des enfants ainsi que le contexte d'exposition, de façon directe (diversité de l'environnement olfactif familial) ou indirecte (composition familiale, origines, niveau d'éducation des parents). Par conséquent, ces caractéristiques sont susceptibles de moduler les compétences olfactives des enfants, notamment le score ECOLE (Etape 1), l'impact du contexte olfactif et les préférences olfactives (Etape 2) et les capacités olfactives (Etape 4).

Partie I

*Etude de l'attention
et de la réactivité aux odeurs chez l'enfant*

1. Développement d'un questionnaire de mesure des comportements olfactifs de l'enfant (ETAPE 1a)

1.1. Introduction

La première étape de cette recherche consiste à développer une méthode d'évaluation qualitative et quantitative des comportements olfactifs quotidiens des enfants. A cette fin, nous choisissons d'utiliser la méthode du questionnaire, largement mise en oeuvre dans les domaines de la psychologie et de la sociologie, et faisant l'objet d'un engouement récent pour l'étude des comportements olfactifs chez l'adulte (Wrzesniewski et al., 1999 ; Martin et al., 2001 ; Herz & Inzlicht, 2002 ; Nordin et al., 2003 ; Cupchik et al., 2005 ; Smeets & Schifferstein, 2006).

Le recueil d'informations sur des situations quotidiennes impossibles à observer ou reproduire en conditions expérimentales confère au questionnaire un avantage écologique. Ceci est d'autant plus vrai qu'il s'agit de comportements *olfactifs*, généralement assez individuels et difficilement observables par un tiers. Par ailleurs, cette méthode présente un bon rapport entre temps de collecte des données et quantité d'informations rassemblées.

Néanmoins, la possibilité que les informations collectées soient biaisées par rapport à la réalité des comportements (différences interindividuelles de compréhension des questions, interférence de la désirabilité sociale) est un inconvénient de la méthode. Pour tenter de minimiser ce biais, nous chercherons à : 1) optimiser la compréhension par un travail approfondi de formulation des questions et par des choix de situations et de comportements pertinents pour les enfants ; 2) favoriser la précision et la véracité des réponses grâce à une passation par entretien individuel ; 3) favoriser l'expression des enfants par une garantie de confidentialité et par l'établissement d'un rapport de confiance avec eux ;

4) mobiliser l'attention et l'intérêt des enfants par la brièveté du questionnaire et le choix de modalités de réponse variées.

Dans cette première étape, nous présenterons la construction du questionnaire baptisé ECOLE (Evaluation des Comportements Olfactifs de l'Enfant), réalisée en trois temps. Premièrement, des entretiens individuels avec des enfants s'articulant autour d'une grille d'une cinquantaine d'items initiaux permettront de sélectionner une trentaine d'items pertinents et représentatifs de leurs expériences olfactives (SELECTION DES ITEMS). Deuxièmement, l'outil sera raccourci, puis amélioré grâce à l'évaluation de l'intelligibilité et de la pertinence des questions, et grâce au recueil des réactions d'ennui, de gêne ou d'incompréhension (DEVELOPPEMENT DES ITEMS). Enfin, nous améliorerons la formulation et l'ordre des items, éliminerons certaines questions, et examinerons des propriétés psychométriques de l'outil attestant de sa fiabilité (FINALISATION ET FIABILITE DE L'OUTIL).

1.2. Matériels et méthodes

1.2.1. Participants

SELECTION DES ITEMS

Neuf enfants de 6-10 ans (4 filles/5 garçons, âge moyen 8.3 ± 1.2 ans) ont été recrutés dans les familles de personnels du laboratoire, en mars-avril 2003, afin de participer à la première étape de construction du questionnaire.

DEVELOPPEMENT DES ITEMS

Quarante-deux participants (22 filles, 20 garçons, âge moyen 8.0 ± 1.5 ans) ont participé à l'étape de développement des items. Au moment du test (juin-juillet 2003), ces enfants séjournaient dans trois Maisons des Jeunes et de la Culture dijonnaises (Grésilles, Maladière et Montchapet) et dans un camp d'été à Chaux (Côte d'Or).

FINALISATION ET FIABILITE DE L'OUTIL

Pour finaliser le questionnaire, 50 participants (23 filles, 27 garçons, âge moyen 8.0 ± 1.4 ans) ont été recrutés à l'école Saint Pierre de Dijon, en novembre 2003. Dix-huit d'entre eux ont répondu deux fois au questionnaire (test/re-test).

L'accord écrit des parents, après information sur les conditions et objectifs de l'étude, était requis pour que les enfants puissent participer à l'étude. L'Inspection de l'Education Nationale, la directrice de l'école et les enseignants ont également donné leur accord pour le déroulement de l'étude dans l'école.

1.2.2. Méthode

SELECTION DES ITEMS

Un ensemble d'une cinquantaine de questions a été généré collectivement au laboratoire, grâce à la mise en commun des expériences olfactives propres à chacun et de précédentes observations de comportements olfactifs enfantins en conditions expérimentales ou spontanées. Les items générés portent sur des situations quotidiennes mettant en jeu des odeurs alimentaires, sociales (corporelles) ainsi que d'autres odeurs de l'environnement. Ils documentent plusieurs comportements, tels que la recherche active de stimulations, la conscience et la connaissance des odeurs environnantes, et la réactivité émotionnelle aux odeurs. Tout au long de la construction du questionnaire ECOLE, nous avons veillé à conserver cette diversité de situations et de comportements.

DEVELOPPEMENT DES ITEMS

Une version à 30 items du questionnaire ECOLE, avec des modes de réponse variés (questions ouvertes, fermées à réponses multiples, classement hiérarchique), a été soumise aux enfants lors d'entretiens standardisés. En fin de passation, deux questions supplémentaires étaient posées pour évaluer la difficulté et l'intérêt de l'outil (« le questionnaire était-il facile, un peu difficile, difficile ? », « le questionnaire était-il intéressant, moyennement intéressant, ennuyeux ? »).

FINALISATION ET FIABILITE DE L'OUTIL

Découlant de la version précédente, une version en 20 items a été utilisée, conservant toujours la diversité de situations (alimentaires, sociales, environnementales), de comportements (recherche de sensation, connaissance, réactivité) et de modes de réponses initialement définis. Les deux questions concernant la difficulté et l'intérêt du questionnaire ont été conservées afin d'évaluer l'évolution de la perception du questionnaire par les enfants.

1.2.3. Procédure

SELECTION DES ITEMS

Les entretiens individuels (30-45 min) autour de la cinquantaine d'items initiaux se sont déroulés à domicile ou au laboratoire, face à l'un des expérimentateurs (au total, deux hommes et une femme). Les incompréhensions, les nouvelles situations olfactives évoquées par les enfants, les réactions d'ennui et d'intérêt ont été recueillies afin d'effectuer un ajustement et une sélection des questions.

DEVELOPPEMENT DES ITEMS - FINALISATION DE L'OUTIL

Les versions successives en 30 puis 20 items ont été proposées individuellement lors d'entretiens d'une durée respective d'environ 30 et 20 min, avec une expérimentatrice. Ces séances se sont déroulées dans une pièce calme, en fin de journée dans les centres de loisir (développement des items) et pendant le temps de classe à l'école (finalisation du questionnaire). Les enfants n'étaient pas avertis que le questionnaire portait sur leur odorat. Afin de favoriser l'expressivité verbale des enfants et la sincérité de leurs réponses, une attention particulière était apportée à instaurer un climat de confiance (notamment par une attitude détendue de l'expérimentatrice et la garantie de l'anonymat des réponses). Avant la passation, les instructions suivantes étaient énoncées : *« Je vais te poser des questions sur ta vie de tous les jours. Il n'y a pas de bonnes et de mauvaises réponses : dis-moi simplement ce que tu penses et ce que tu as l'habitude de faire. Ce que tu vas me raconter restera entre nous, je n'en parlerai pas à ta maîtresse/ton maître, ni à tes copains/copines, ni à tes parents : tu ne dois donc pas être gêné(e) avec moi. N'hésite pas à me dire si tu ne comprends pas quelque chose, afin que je puisse t'aider »*. Durant l'entretien, les réponses étaient données oralement et notées par l'expérimentatrice. A la fin de la session, les enfants étaient priés de ne pas communiquer le contenu du questionnaire à leurs camarades. Pour l'étape de finalisation de l'outil, une session de re-test a été effectuée en moyenne 2 mois après la première passation.

1.2.4. Codage des items (développement - finalisation)

Un score a posteriori a été attribué à chaque item des versions en 30 et 20 items, sur une échelle en 3 points représentant un comportement olfactif significatif (1 point), modéré (0.5 point) ou inexistant (0 point). Par exemple, à la question *« Tes affaires de classe, est-ce que tu les sens jamais, des fois, souvent ? »*, la réponse *souvent*

a obtenu 1 pt, *des fois* 0.5 pt et *jamais* 0 pt. Enfin, un score total a été calculé en faisant la somme des items individuels.

1.2.5. Traitements statistiques (développement - finalisation)

Pour analyser la fiabilité des versions en 30 et 20 items, des corrélations inter-items ont été calculées par le coefficient gamma (Goodman & Kruskal, 1954 ; Siegel & Castellan, 1988) qui est particulièrement adapté à ce type de variables (notation en trois points ordonnés, nombreuses observations ex-æquo). Des corrélations inter-items modestes sont recherchées, indiquant la faible redondance entre les items. La consistance interne du questionnaire a été mesurée par le coefficient alpha (Kline, 1993), calculé dans notre étude à partir de la matrice de corrélation gamma inter-items. Généralement, la consistance interne est considérée comme satisfaisante lorsque le coefficient alpha est supérieur à .70 (Kline, 1993). Les corrélations test/re-test ont permis d'évaluer la répétabilité du score total (r de Pearson) et des items individuels (r gamma). Enfin, les effets des facteurs âge (6, 7, 8, 9 et 10 ans) et genre (garçon, fille) ont été évalués par une analyse de variance.

1.3. Résultats et discussion

Cette partie décrit l'évolution des différentes versions du questionnaire (figurant en Annexes A, B et C), notamment en terme de sélection des items et de caractéristiques psychométriques.

1.3.1. Sélection des items

Les entretiens autour des 50 items initiaux ont montré que les enfants de 6-10 ans sont capables de décrire de façon claire, et parfois très détaillée, leurs attitudes et comportements olfactifs.

Cependant, deux difficultés sont apparues lors de ces entretiens. La première était la faible capacité des enfants à fixer leur attention et à garder un intérêt pour la tâche pendant une longue durée (supérieure à 30 min). En conséquence, les principales améliorations ont consisté à réduire le nombre d'items, à les rendre concis et à établir une dynamique dans le questionnement, notamment par l'instauration de modes de réponse diversifiés afin de rompre la monotonie du

questionnaire. Les items supprimés étaient soit redondants, soit non pertinents dans l'univers olfactif des enfants. D'autres items ont été éliminés, pour lesquels les enfants éprouvaient des difficultés à verbaliser leurs perceptions. Enfin, quelques nouveaux items ont été créés, directement inspirés par les commentaires des enfants.

La seconde difficulté, quoique limitée à quelques enfants, était la gêne engendrée par les items concernant les odeurs corporelles. C'est pourquoi l'ordre des questions a été retravaillé, afin de placer ces items en fin de session, lorsque l'enfant est familiarisé avec la tâche et avec l'expérimentateur. Enfin, quelques items ne faisant pas mention de l'olfaction, et ayant pour but de déterminer si cette modalité pouvait être spontanément évoquée ou non, ont été placés au début. Les items suivants ont été regroupés par catégories d'odeurs (alimentaires, environnementales, puis sociales).

Ces modifications ont permis de former une première version du questionnaire ECOLE constituée de 30 items (Annexe A), testée ensuite auprès d'un échantillon plus conséquent.

1.3.2. Développement des items

Le niveau d'intérêt pour cette version à 30 items s'est montré assez satisfaisant (76% l'ont trouvé *intéressant* et seulement 21% *moyennement intéressant*). Cependant, le questionnaire était d'une longueur encore excessive et a été jugé comme *un peu difficile* par 45 % des participants (*facile* par 52%). Il est donc apparu nécessaire d'éliminer certains items, et d'en reformuler d'autres (le récapitulatif des remaniements est indiqué en Annexe A).

Une première série de modifications a été effectuée avant d'examiner les caractéristiques psychométriques de l'outil. (1) Le premier changement concernait la question sur l'objet d'attachement. Cinq pour cent des enfants n'en ayant jamais possédé, cette question ne pouvait pas contribuer au score total et nous avons donc séparé son analyse de celle du questionnaire. L'objet d'attachement a été introduit, par la suite, dans trois questions annexes, évaluant *i)* l'importance de son odeur par rapport à ses autres propriétés sensorielles, *ii)* la réaction au changement d'odeur lors de son lavage et *iii)* les comportements stéréotypés envers cet objet. (2) Trois items, pour lesquels quasiment aucun enfant n'avait rapporté de comportement olfactif, ont été éliminés : le premier portait sur les

effets néfastes d'un rhume (réponse attendue : diminution du goût des aliments), le second sur *l'occurrence de rêves olfactifs*, et le dernier sur des *événements autobiographiques rappelés par une odeur*. (3) Enfin, toujours du fait de très faibles scores, deux items portant sur *l'odeur de l'oreiller* ont été remplacés par un unique item reformulé, portant toujours sur l'odeur de l'oreiller.

Une fois ces modifications réalisées, les corrélations gamma inter-items sur les 24 items restants étaient en moyenne de $\gamma = .15 \pm .26$, et comprises entre $-.59$ et $+.77$. Le niveau élevé des corrélations positives maximales suggère que certains items tendaient à être redondants. La consistance interne calculée à partir de la matrice de corrélation gamma était élevée ($\alpha = .80$). Le score total sur 24 items était en moyenne de 9.2 ± 3.0 et se distribuait entre 3 et 16 : cette distribution pouvait être assimilée à une distribution normale (Kolmogorov-Smirnov : $d = 0.119$, *ns* ; voir Tableau 2 p.76). Aucun effet du genre, de l'âge ou de leur interaction sur le score total n'était significatif pour cette version du questionnaire.

Une deuxième vague de modifications a ensuite été effectuée, où cinq autres items ont été supprimés. Le premier, portant sur les *pièces odorantes de la maison*, était d'une durée excessive. Le second, portant sur les *changements d'odeur de la chambre après le passage de quelqu'un*, concernait une situation olfactive peu pertinente pour les enfants (score faible). Le troisième, sur la *réaction aux odeurs à la boulangerie* était également peu pertinent (score faible). Son implication dans la corrélation $\gamma = .77$ (excessive) a aussi motivé son élimination. Les deux derniers items, portant sur le fait de *sentir la nourriture à table*, ont été éliminés car ils se sont montrés redondants ; de plus, les réponses à ces items, vraisemblablement influencées par les normes sociales (l'impolitesse du geste a été évoquée par certains répondants), paraissaient refléter un comportement attendu plutôt qu'un comportement réel. Enfin, la transformation de l'item concernant la *gêne occasionnée par une personne malodorante*, ainsi qu'un travail de formulation de la plupart des items ont permis la construction d'une nouvelle version du questionnaire ECOLE en 20 items (Annexe B). L'ordre des items a également été réarrangé, et deux questions ne portant pas sur les odeurs sociales, mais sur l'odeur de cigarette et les odeurs alimentaires, ont été placées en fin de questionnaire afin de clore l'entretien sur une note moins personnelle.

1.3.3. Finalisation et fiabilité de l'outil

La durée de la version en 20 items était relativement bien acceptée par les enfants (20 min). Cette version a également été jugée moins difficile que la précédente (38% des enfants la jugent *un peu difficile*, contre 45% auparavant) et plus intéressante (98% l'ont trouvée *intéressante*, contre 76% auparavant).

Comme précédemment, une première série de modifications a consisté à supprimer deux items non discriminants, c'est-à-dire que les réponses à ces questions étaient unanimes (*rôle du nez* et *odeur des oreillers*). Les 18 items restants se sont avérés modérément corrélés en moyenne ($\gamma = .12 \pm .25$), l'étendue des corrélations étant similaire à la celle de la version précédente (-.55 à +.75). En revanche, la consistance interne a diminué ($\alpha = .69$). Le score total sur 18 items était en moyenne de 8.3 ± 2.5 et se distribuait entre 3.5 et 13.0 : cette distribution pouvait être assimilée à une distribution normale (Kolmogorov-Smirnov : $d = 0.081$, ns ; voir Tableau 2 p.76). Dans cette version, les filles ont obtenu des scores totaux supérieurs à ceux des garçons (9.1 ± 2.3 vs. 7.5 ± 2.3 , $F_{1,40} = 8.59$, $p < .01$), mais l'effet principal de l'âge et l'interaction genre x âge n'étaient pas significatifs.

Enfin, la corrélation entre le score total du test et celui du re-test était élevée ($r = .82$, $p < .001$, Figure 7). Quatorze items sur 18 ont obtenu un coefficient γ de corrélation test/re-test supérieur ou égal à .50.

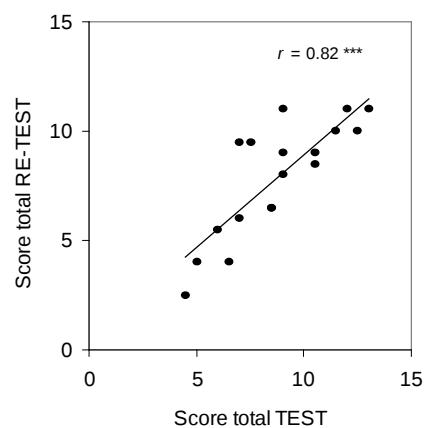


Figure 7 Corrélation entre les scores totaux ECOLE (version préliminaire en 20 items) au test et au re-test ($n = 18$ participants). *** : $p < .001$. NB : la liste des symboles indiquant les degrés de significativité est présentée en début d'ouvrage.

Ces analyses ont motivé une deuxième série de modifications. Un item peu corrélé avec le reste des items a été supprimé (*recherche d'odeurs dans la cuisine lorsque les parents préparent le repas*), augmentant la valeur de consistance interne à $\alpha = .71$. Un autre item a été éliminé du fait d'une corrélation test/re-test nulle (*classification de diverses stimulations sensorielles pouvant gêner le sommeil*). Ainsi, une version finale composée de 16 items a pu être établie (Annexe C), pour être testée sur un échantillon plus important. Une des trois questions additionnelles sur l'objet d'attachement (*classement des différentes propriétés sensorielles de l'objet d'attachement par ordre de préférence*) a été supprimée car elle était peu répétable (faible corrélation test/re-test).

1.3.4. Résumé et conclusion

Grâce à ce travail préliminaire en trois temps, nous avons pu mettre au point un outil de mesure verbale permettant d'évaluer les comportements olfactifs déclarés des enfants de 6-10 ans. Au fil du travail de construction, l'acceptabilité du questionnaire par les enfants a été améliorée (durée d'entretien, pertinence et intérêt des questions). Ses qualités psychométriques se sont avérées acceptables (corrélations inter-items, consistance interne) voire satisfaisantes (corrélation test/re-test), et des différences de genre, cohérentes avec la littérature, ont été mises en évidence (score total plus élevé chez les filles).

2. Passation du questionnaire ECOLE³ et analyse des différences interindividuelles (ETAPE 1b)

2.1. Introduction

Cette étape de l'étude consiste à utiliser avec un grand nombre d'enfants le questionnaire ECOLE en 16 items, élaboré grâce au travail de construction de l'Etape 1a, afin d'examiner les différences interindividuelles de comportements olfactifs. Dans un premier temps, les qualités psychométriques de cette dernière version du questionnaire seront examinées, et sont attendues comme étant acceptables du fait du travail préliminaire de construction. De plus, une analyse factorielle permettra d'explorer les regroupements d'items formant des dimensions au sein du questionnaire.

Dans un second temps, une analyse détaillée des réponses à chaque item sera effectuée, afin de mieux connaître l'écologie olfactive des enfants. La variabilité des réponses (brutes, score total et scores par items) sera examinée, notamment en fonction des facteurs d'âge et de genre. Si l'on considère l'accumulation d'expériences olfactives et la probable amélioration avec l'âge de la capacité des enfants à décrire leurs comportements, une augmentation du score total ECOLE entre 6 et 10 ans peut être attendue. Elle serait cohérente avec l'amélioration des capacités d'identification et de mémoire olfactives mise en évidence au cours de l'enfance par d'autres auteurs (Richman et al., 1995b ; Jehl & Murphy, 1998). Par ailleurs, il est probable que les filles rapportent des comportements olfactifs plus marqués que les garçons, dans la mesure où un certain nombre de travaux montre qu'un avantage féminin existe dès l'enfance pour la connaissance sémantique des odeurs, la mémoire et la réactivité olfactives (Doty et al., 1984 ; Choudhury et al., 2003 ; Stevenson & Repacholi, 2003). La fluidité verbale des enfants sera évaluée afin de déterminer dans quelle mesure la variabilité des réponses peut être liée à des différences sexuelles ou développementales de capacités cognitives (mémoire et langage).

Une attention particulière sera accordée à l'objet d'attachement. Winnicott (1958) décrit la fonction transitionnelle de cet objet au moment de la séparation d'avec la

³ Ferdenzi, C., Coureaud, G., Camos, V. & Schaal, B. Human awareness and uses of odor cues in everyday life: results from a questionnaire study in children. Accepté avec révisions mineures dans *International Journal of Behavioral Development*.

mère (pendant et après le sevrage). Il aurait une action réconfortante et apaisante, permettant à l'enfant de faire face à des situations angoissantes. L'odeur distinctive de l'objet d'attachement, constituée de sécrétions corporelles de l'enfant (salive, larmes, sécrétions nasales etc.), a été mentionnée à plusieurs reprises (Winnicott, 1958 ; Mahalski, 1983 ; Schaal, 1988), mais sa contribution à la fonction rassurante de l'objet n'a pas réellement été étudiée. Si l'odeur de l'objet d'attachement est une composante saillante de l'objet, alors les enfants devraient décrire des comportements olfactifs envers celui-ci, et la possession d'un tel objet pourrait même être liée à une réactivité plus générale aux odeurs.

2.2. Matériels et méthodes

2.2.1. Participants

Deux cent vingt-deux enfants, recrutés en novembre 2004 dans trois écoles élémentaires dijonnaises ont participé à la passation de la version finale du questionnaire de janvier à mars 2005. Les réponses de 215 enfants ont pu être exploitées (102 filles, 113 garçons, âge moyen 8.3 ± 1.3 ans). Parmi les 8 enfants écartés de l'étude, l'un n'avait pas le français pour langue maternelle, un autre avait changé d'école entre le moment du recrutement et la passation du questionnaire, un autre souffrait de mutisme selon l'institutrice, et 5 ne correspondaient pas aux classes d'âge étudiées (11 ans ou plus). Pour l'analyse des résultats, l'échantillon a été divisé en 5 groupes d'âge : 6 ans (n filles/garçons : 19/20), 7 ans (24/31), 8 ans (25/26), 9 ans (25/22) et 10 ans (9/14). Cet échantillon comprenait six fratries de garçons incluant deux couples de jumeaux, cinq fratries de filles incluant un couple de jumelles, et neuf fratries mixtes sans jumeaux. On pourrait penser que les comportements olfactifs des membres des fratries possèdent des similitudes du fait d'un environnement familial commun. Toutefois, leurs scores totaux ECOLE étaient peu corrélés ($r = .10$, $p = .659$). Ces enfants ont donc été considérés comme indépendants du point de vue de leurs comportements olfactifs et inclus dans les analyses. La participation de chaque classe nécessitait le consentement de l'enseignant et du directeur d'école après présentation du projet. Une lettre d'information a été adressée aux parents, dont l'accord écrit était requis pour permettre la participation des enfants à l'étude. Les Inspecteurs de l'Education Nationale des secteurs concernés ont également donné leur accord pour la tenue de l'étude dans les établissements scolaires.

Des sessions préliminaires, faisant office d'entraînement pour les expérimentateurs, ont été effectuées auprès d'un groupe indépendant de 20 sujets (10 filles, 10 garçons, âge moyen 8.2 ± 1.7 ans), dont les réponses n'ont pas été prises en compte dans les résultats présentés ci-après.

2.2.2. Méthode

Les participants ont pris part à deux épreuves : la passation du questionnaire ECOLE et l'évaluation de leur fluidité verbale.

QUESTIONNAIRE ECOLE

La version finale composée de 16 items a été utilisée, augmentée de deux questions concernant l'objet d'attachement. Les items ainsi que leur ordre de passation figurent en Annexe C, qui précise également la catégorie d'odeurs concernée (alimentaire, sociale, environnementale, ou pas de catégorie a priori) et les modes de réponses (libre, choix multiples, classification).

FLUIDITE VERBALE

L'exercice était présenté à l'enfant comme un jeu, dont l'objectif était de citer à voix haute le maximum de mots commençant par la *lettre B* en 60 s, puis le maximum de *fruits* pendant le même temps. Pour la lettre *B*, il était demandé aux participants de ne pas citer de noms propres, ni de mots de la même famille. Le premier test est couramment utilisé par les chercheurs anglo-saxons (*letter fluency*) avec les lettres F, A et S (Benton & Hamsher, 1976). Ces trois lettres paraissent cependant difficiles en français du fait de recouvrements phonologiques, qui ne sont peut-être pas bien maîtrisés par les enfants (par exemple, F : *famille-photo* / A : *aliment-ange* / S : *semer-schéma-ciel*). Le choix s'est donc porté sur une lettre qui se prononce toujours de la même façon en début de mot et dont la prononciation ne peut être générée par d'autres lettres. Parmi les lettres correspondant à ces critères et concernant le plus grand nombre de mots dans la langue française (R, D, M, T, B), la lettre *B* a été sélectionnée. Quant au second test, la catégorie *fruits* a été choisie du fait de son utilisation courante dans les tests de fluidité verbale (Schwartz et al., 2003 ; Sauzéon et al., 2004 ; Sumiyoshi et al., 2004).

2.2.3. Procédure

QUESTIONNAIRE ECOLE

La procédure de passation ainsi que les instructions étaient les mêmes que pour la version précédente du questionnaire (voir §1.2.3. de la Partie I), à la seule différence que deux expérimentatrices faisaient passer les entretiens à tour de rôle, et que cette session était effectuée en moyenne 6 semaines après une première session de présentation implicite d'odeurs (cf. Etape 2). La durée moyenne de passation était d'environ 15 min. Afin de s'assurer que les enfants ne s'étaient pas communiqué le contenu du questionnaire, nous avons divisé chaque classe en 2 groupes de taille égale selon l'ordre de passation et vérifié que les enfants ayant passé le questionnaire en dernier n'avaient pas obtenu de meilleurs scores que ceux ayant répondu avant eux (en premier : 7.0 ± 2.4 ; en dernier : 6.4 ± 2.4 ; $t_{213} = 1.62, p = .106$).

FLUIDITE VERBALE

Immédiatement après la passation du questionnaire, les enfants étaient soumis au test de fluidité verbale. Au préalable, des exemples étaient donnés aux enfants (avec des mots commençant par la lettre *M* et la catégorie *animaux*) afin de s'assurer de la compréhension de la tâche. L'expérimentatrice chronométrait chacun des exercices et notait les réponses. La durée ce test était d'environ 5 min, portant la durée totale de la session à environ 20 min.

2.2.4. Variables calculées

QUESTIONNAIRE ECOLE

Comme dans la version précédente, chaque item a été codé en 3 points (0/0.5/1) représentant l'intensité (nulle/moyenne/forte) du comportement olfactif. Le détail de la procédure de codage pour chaque item est donné en Annexe C : par exemple, la réponse à l'item 15 sur l'odeur de cigarette a reçu 1 point si l'enfant avait une réaction forte à cette odeur (*déteste* ou *adore*), 0.5 point si sa réaction était plus modérée (*aime bien* ou *n'aime pas*) et 0 point s'il y était *indifférent*. Un score final, le **score ECOLE**, a ensuite été calculé en sommant les **16 scores des items individuels**.

FLUIDITE VERBALE

Le nombre de mots cités dans les deux tâches (*lettre B* et *catégorie fruits*) a été sommé et transformé en **score z de fluidité verbale**. N'ont pas été comptabilisés parmi les réponses correctes les mots *i*) ne commençant pas par la *lettre B*, *ii*) commençant par la *lettre B* mais étant des noms propres ou des mots de la même famille qu'un mot déjà cité, et *iii*) n'appartenant pas à la catégorie *fruits*. Selon les analyses effectuées, nous avons utilisé soit le score z , soit la distinction peu fluide/fluide, définie par des scores z respectivement inférieurs et supérieurs ou égaux à 0 (nombre de sujets peu fluides/fluides verbalement : $n = 109/106$).

2.3. Résultats

L'analyse des résultats a consisté, dans un premier temps, à vérifier qu'aucune variabilité indésirable due à l'expérimentateur ou à l'heure de test n'affecte le score total ECOLE. Certaines propriétés psychométriques de l'outil (corrélations inter-items et consistance interne) ont également été examinées afin de s'assurer de la qualité de l'outil, et une analyse factorielle a permis de mettre en évidence différentes dimensions du questionnaire. Dans un second temps, une analyse de la variabilité des scores totaux ECOLE a été effectuée, notamment en fonction de l'âge et du genre. Dans un troisième temps, une analyse plus détaillée des réponses par items a été menée, tant en terme de contenu que de variabilité des réponses due à l'âge et au genre. Enfin, les réponses relatives à l'objet d'attachement ont été considérées et mises en relation avec les scores de comportement olfactif (total et par item).

2.3.1. Analyses préalables

EFFET EXPERIMENTATEUR ET HEURE DE TEST

Les scores totaux ECOLE sont en moyenne plus élevés avec une expérimentatrice qu'avec l'autre (Expérimentatrice 1 : 6.1 ± 2.1 , $n = 60$; Expérimentatrice 2 : 6.9 ± 2.5 , $n = 155$; $t_{213} = 2.41$, $p < .05$). Les groupes testés par chaque personne ne se différencient pas en terme d'âge moyen (8.2 ± 1.0 vs. 8.3 ± 1.4 $t_{213} = .15$, $p = .881$) ou de répartition filles/garçons (47% vs. 48% de filles ; $\chi^2 = .02$, $p = .887$), ce qui ne permet pas d'expliquer l'effet obtenu. Une analyse par niveau scolaire montre que l'effet expérimentateur n'est toutefois significatif que pour les CM1, qui proviennent de deux écoles dont l'une a obtenu des scores supérieurs à l'autre

(Ecole A : 8.0 ± 2.3 ; Ecole B : 6.5 ± 2.3 , $t_{40} = 2.05$, $p < .05$) : le fait que l'Expérimentatrice 2 ait questionné tous les CM1 de l'Ecole A⁴ et la moitié des CM1 de l'école B pourrait expliquer la différence obtenue entre les deux expérimentatrices. De plus, l'Expérimentatrice 2 a réalisé les passations de l'intégralité des CM2 dont les scores ECOLE (7.7 ± 2.1) sont plus élevés que ceux des autres classes (CM1 : 7.2 ± 2.4 ; CE2 : 6.5 ± 1.9 ; CE1 : 6.4 ± 2.4 ; CP : 6.4 ± 2.9), ce qui constitue un autre élément pouvant expliquer l'effet expérimentateur. Enfin, une ANOVA montre que l'heure de passation (9, 10, 11, 14, 15 et 16h) n'a aucun effet sur le score total ECOLE (Annexe D).

QUALITES PSYCHOMETRIQUES DE L'OUTIL

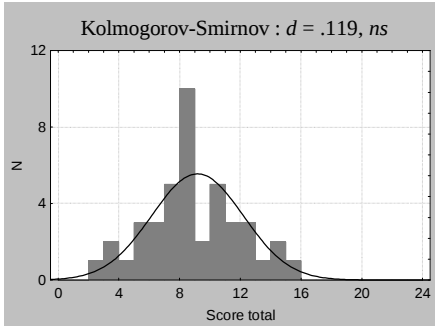
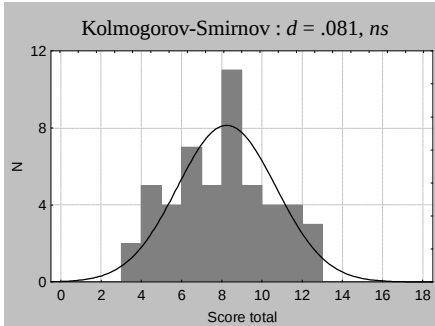
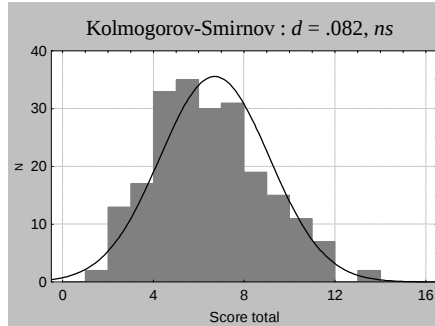
En moyenne, les corrélations gamma inter-items sont modérées ($.19 \pm .15$), et comprises entre $-.22$ et $+.66$ (Tableau 1). Seules trois corrélations sont supérieures à $.50$, ce qui indique que les items retenus dans cette version sont peu redondants. Les corrélations maximales (négatives et positives) sont moins élevées que dans les précédentes versions (Tableau 2 page suivante). Par ailleurs, le coefficient alpha calculé à partir de la matrice de corrélation gamma, et traduisant la consistance interne du questionnaire, est égal à $.78$.

Tableau 1 Corrélations gamma ($n = 215$) entre les 16 items de la version finale du questionnaire ECOLE (l'intitulé complet des items figure dans l'Annexe C). Les corrélations supérieures à $.50$ sont en gras.

	detes	nouv	natur	hier	trist	prec	deho	class	voit	sdb	fam	gens	habi	corp	cigar	devin
detes	-															
nouv	-0,10	-														
natur	0,07	0,15	-													
hier	0,01	0,19	0,10	-												
trist	0,08	0,12	0,19	0,22	-											
prec	-0,01	0,09	0,15	0,28	0,48	-										
deho	-0,01	0,12	0,18	0,21	0,17	0,02	-									
class	0,19	0,36	0,18	0,33	0,31	0,32	0,23	-								
voit	-0,06	0,09	0,19	0,19	0,21	0,35	0,00	0,19	-							
sdb	0,01	0,19	0,08	0,32	0,25	0,04	0,25	0,48	0,04	-						
fam	-0,02	0,16	0,25	0,27	0,41	0,08	0,41	0,37	0,10	0,47	-					
gens	0,16	0,11	0,11	0,45	0,27	-0,01	0,19	0,44	0,07	0,66	0,27	-				
habi	-0,04	0,19	0,19	0,34	0,21	0,37	0,14	0,54	0,12	0,37	0,41	0,28	-			
corp	0,16	0,04	0,14	0,55	0,29	0,24	0,21	0,36	0,26	0,30	0,20	0,28	0,36	-		
cigar	-0,22	0,09	0,11	0,15	0,10	0,18	0,25	0,38	0,02	0,00	0,11	-0,07	0,25	0,10	-	
devin	0,06	0,20	-0,02	0,22	0,12	0,01	0,21	0,24	0,12	0,24	0,14	0,15	0,22	0,04	0,06	-

⁴ Dans l'échantillon étudié, les enfants provenant de l'Ecole A ($n = 20$) étaient 20 CM1, ceux de l'Ecole B ($n = 125$) étaient 30 CP, 31 CE1, 24 CE2, 22 CM1 et 18 CM2, et ceux de l'Ecole C ($n = 70$) étaient 19 CP, 25 CE1, 26 CE2.

Tableau 2 Récapitulatif des caractéristiques de chaque version du questionnaire ECOLE (en 30, 20 puis 16 items).

Versions du questionnaire	ECOLE préliminaire - 30 items	ECOLE préliminaire - 20 items	ECOLE version finale - 16 items
Durée de passation	30 min	20 min	15 min
Intérêt pour le questionnaire	76% des enfants se disent intéressés	98% des enfants se disent intéressés	—
Difficulté du questionnaire	45% des enfants le trouvent un peu difficile	38% des enfants le trouvent un peu difficile	—
Score total : - moyenne $\pm$ écart-type - étendue (observée / théorique) - distribution	9.2 $\pm$ 3.0 3 à 16 / 0 à 24 	8.3 $\pm$ 2.5 3.5 à 13 / 0 à 18 	6.7 $\pm$ 2.4 1.5 à 13.5 / 0 à 16 
Corrélations inter-items : - moyenne $\pm$ écart-type - étendue	$\gamma = .15 \pm .26$ $\gamma = -.59$ à $.77$	$\gamma = .12 \pm .25$ $\gamma = -.55$ à $.75$	$\gamma = .19 \pm .15$ $\gamma = -.22$ à $.66$
Consistance interne (alpha)	$\alpha = .80$	$\alpha = .69$	$\alpha = .78$
Fiabilité test/re-test : - score total - items individuels	—	$r = .82$ *** $\gamma =$ de $.42$ à 1.00 (excepté un item à $\gamma = .00$)	—
Effet âge et genre sur le score total (ANOVA)	âge : <i>ns</i> genre : <i>ns</i> interaction : <i>ns</i>	âge : <i>ns</i> genre : ** (filles > garçons) interaction : <i>ns</i>	âge : * ($\nearrow$ avec l'âge) genre : *** (filles > garçons) interaction : <i>ns</i>

ANALYSE MULTIDIMENSIONNELLE

Une analyse en composantes principales (ACP) effectuée sur les 16 items à partir de la matrice de corrélation gamma indique que le questionnaire ECOLE peut être expliqué par un seul ou cinq facteurs selon le critère de choix utilisé. Un premier critère basé sur le Scree Test (Cattell, 1966) consistant à repérer une rupture dans la courbe des valeurs propres (Figure 8) et à ne sélectionner que les facteurs à gauche de cette rupture, conduit à ne retenir que le premier facteur (26% de la variance expliquée). Tous les items excepté l'item *16-Deviner des odeurs alimentaires* ont un poids factoriel supérieur ou égal à .30 sur ce premier facteur (Figure 9) : la quasi-totalité des items contribue donc (plus ou moins fortement) à la construction de cet axe. Nous pouvons en conclure que le premier axe représente un facteur général et que les différents items sélectionnés au fil des étapes de construction permettent effectivement de mesurer une dimension commune qui semble être l'intensité du comportement olfactif.

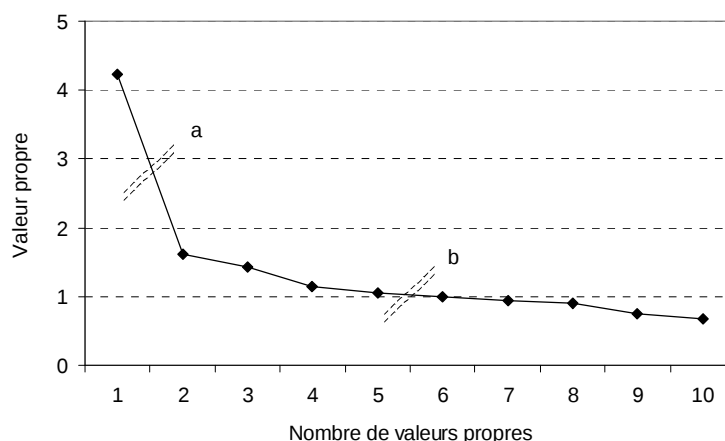


Figure 8 Tracé des valeurs propres de l'ACP réalisée sur les 16 items du questionnaire ECOLE, et choix des facteurs à interpréter selon la méthode (a) du Scree Test ou (b) des valeurs propres supérieures à 1.

Selon une seconde méthode de choix qui consiste à retenir tous les facteurs ayant une valeur propre supérieure à 1 (Kaiser, 1960), le questionnaire ECOLE peut être décomposé en 5 dimensions indépendantes qui expliquent au total 59% de la variance. A nouveau, les items contribuant à plus de .30 sont retenus pour interpréter ces dimensions. Outre le facteur général (facteur 1, 26% de la variance), une seconde dimension (10% de la variance) semble opposer *affectif* et *connaissance* des odeurs (Figure 9). Le pôle *affectif* est caractérisé par les items *6-prec*, concernant les objets odorants conservés précieusement, et *9-voit* et *15-cigar* pour lesquels l'enfant indique s'il aime ou non les odeurs de la voiture et de cigarette. Le pôle *connaissance* est représentée par les items *10-sdb* et *12-gens* pour lesquels

l'enfant doit indiquer si des objets ou des personnes ont une odeur. Le troisième facteur (9% de la variance, Figure 9) semble, quant à lui, opposer les réactions aux odeurs *proximales/familiales* (odeurs d'aliments connus non appréciés et du corps : items *1-detest* et *14-corp*) aux réactions aux odeurs *distales/non familières* (odeurs d'aliments inconnus, de l'extérieur et de tabac : items *2-nouv*, *7-deho*, et *15-cigar*). Le quatrième facteur (7% de la variance, Figure 9) pourrait illustrer une opposition entre odeurs *alimentaires* (item *16-devin*) et *sociales/environnement extérieur* (items *5-trist*, *11-fam*, *3-natur* et *7-deho*). Enfin, la cinquième dimension (7% de la variance, Figure 9) qui oppose les items *2-nouv*, *9-voit*, *16-devin* d'une part et *14-corp*, *15-cigar* d'autre part paraît peu interprétable, du fait de la difficulté à trouver une signification dans cette opposition.

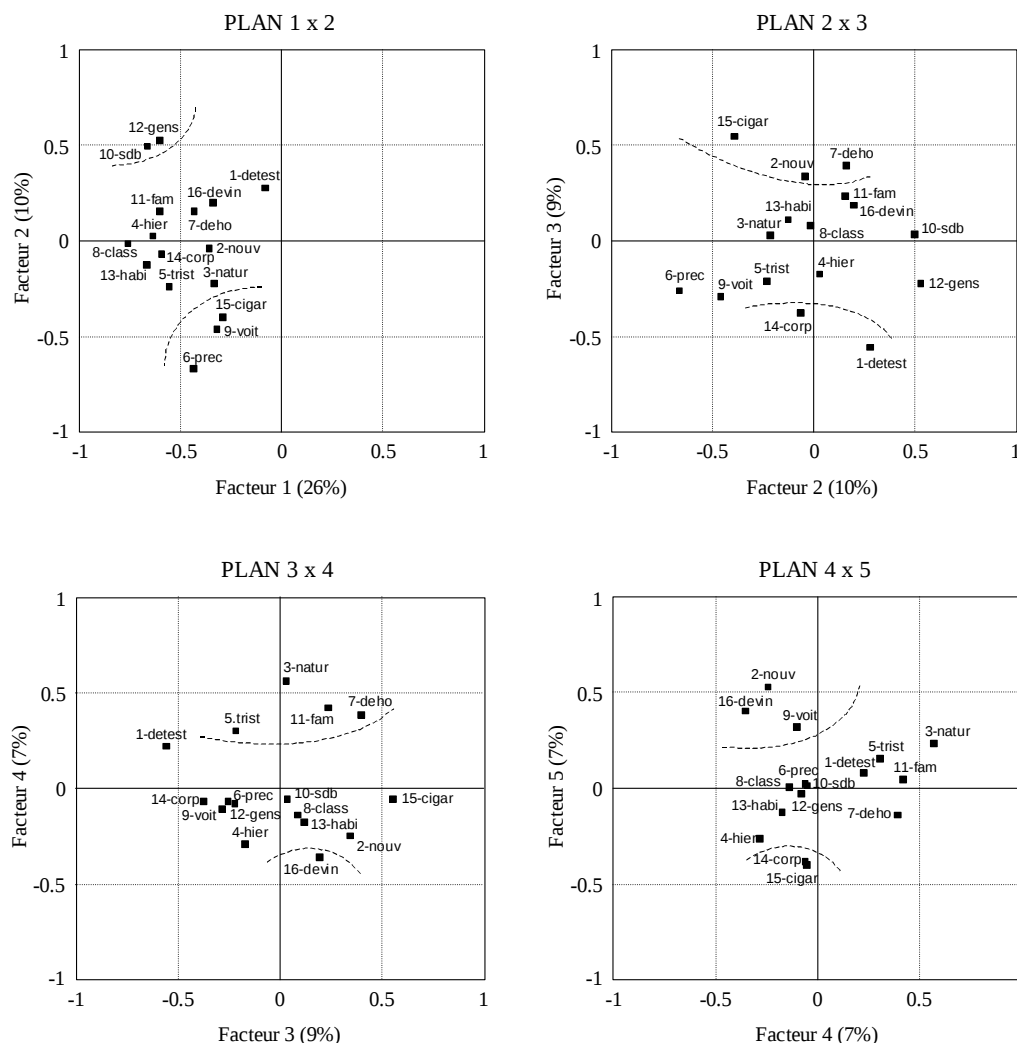


Figure 9 Tracé des 16 variables du questionnaire ECOLE sur les quatre premiers plans de l'ACP. L'intitulé complet des items figure dans l'Annexe C.

Les coefficients alpha par facteur, calculés à partir des matrices de corrélations gamma des items ayant une contribution supérieure à .30, sont égaux à $\alpha = .80$ pour le facteur 1, $\alpha = .42$ pour le facteur 2, $\alpha = .24$ pour le facteur 3, $\alpha = .56$ pour le facteur 4 et $\alpha = .37$ pour le facteur 5. Ces valeurs nettement inférieures à .70, excepté pour le premier facteur, attestent d'une consistance interne limitée. De plus, on note que de nombreux items retenus pour l'interprétation (*15-cigar*, *9-voit*, *2-nouv*, *7-debo*, *14-corps*, et *16-devin*) contribuent à la construction de plusieurs dimensions à la fois. Ces cinq dimensions n'ont donc pas été retenues par la suite (pour calculer des sous-scores, par exemple) et sont présentées ici dans un but uniquement informatif.

2.3.2. *Analyse du score total de comportement olfactif*

DISTRIBUTION DU SCORE TOTAL

Le score total ECOLE est en moyenne de 6.7 ± 2.4 et sa distribution peut être assimilée à une distribution normale (Kolmogorov-Smirnov : $d = .082$, *ns*). L'étendue observée de la distribution (de 1.5 à 13.5) correspond presque à l'étendue maximale des scores (0-16), et atteste ainsi de larges différences interindividuelles dans le comportement olfactif auto-évalué. Par rapport aux versions précédentes du questionnaire, la distribution des scores de cette dernière version apparaît plus homogène et mieux répartie sur l'étendue possible des scores (Tableau 2 p. 76), ce qui suggère que les items conservés représentent mieux dans leur ensemble la variabilité qui caractérise les comportements olfactifs enfantins.

EFFETS DES FACTEURS AGE ET GENRE

Une analyse de variance met en évidence des effets principaux du genre ($F_{1,205} = 24.44$, $p < .001$) et de l'âge ($F_{4,205} = 2.94$, $p < .05$) sur le score total ECOLE, mais pas d'interaction significative. Ce score est plus élevé chez les filles que chez les garçons (7.5 ± 2.3 vs. 6.0 ± 2.2) et augmente avec l'âge excepté entre 7 et 8 ans (Figure 10).

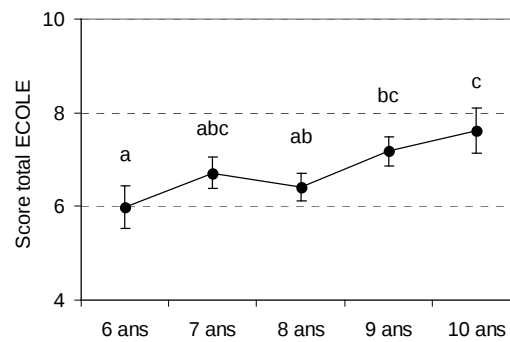


Figure 10 Score total ECOLE en fonction de l'âge (*moyenne ± erreur-type*). Les lettres a, b, c représentent les différences inter-groupes significatives (test de Duncan, $\alpha = .05$).

Une autre ANOVA (âge, genre) indique que les scores $\bar{x}$ de fluidité verbale augmentent avec l'âge ($F_{4,205} = 19.75$, $p < .001$) et qu'ils sont plus élevés chez les filles que chez les garçons ($.11 \pm 1.07$ vs. $-.10 \pm .93$; $F_{1,205} = 4.13$, $p < .05$). De plus, le score total ECOLE est significativement corrélé à la fluidité verbale ($r = .25$, $p < .001$). En conséquence, pour tester si les effets principaux de l'âge et du genre sur le score total ECOLE sont liés aux différences de capacités verbales, une analyse de covariance (ANCOVA) a été effectuée, avec le score $\bar{x}$ de fluidité verbale comme covariable. Il en ressort que l'effet principal de l'âge sur le score ECOLE disparaît lorsque la fluidité verbale est entrée comme covariable ($F_{4,204} = 1.44$, $p = .221$), alors que l'effet dû au facteur genre reste très significatif ($F_{1,204} = 21.33$, $p < .001$). Ainsi, la supériorité du score ECOLE chez les filles ne semble pas être une simple conséquence de leur avantage verbal.

2.3.3. Analyse détaillée par item

Dans cette partie, nous avons analysé les *réponses brutes* des enfants à chaque item (contenu des réponses libres, choix des différentes modalités de réponse) ainsi que les *scores* des 16 items, notamment en fonction de l'âge, du genre et de la fluidité verbale. Les tests statistiques utilisés sont des tests non paramétriques : des tests de Chi-deux ont permis d'évaluer les effets du genre et de l'âge sur les *réponses brutes*, tandis que les *scores* des 16 items (sur 3 points ordonnés) ont été analysés à l'aide du test U de Mann-Whitney pour déterminer les effets des facteurs à 2 modalités (genre, fluidité verbale), et à l'aide de l'analyse de variance de Kruskal-Wallis pour évaluer les effets d'âge (5 modalités). Afin de faciliter la lecture, certains effets non significatifs ne sont pas mentionnés.

ITEMS LIES A DES CONTEXTES ALIMENTAIRES

★ 1-Dégoûts alimentaires

En moyenne, les enfants citent 3.3 ± 1.4 aliments détestés, dont 2.0 ± 1.4 sont rejetés du fait de leur odeur/flaveur. Le score de l'item, représentant la proportion d'aliments rejetés pour leur odeur ou leur goût, augmente avec l'âge ($H_{4,215} = 19.64, p < .001$) et ne varie ni avec le genre, ni avec la fluidité verbale. Les aliments que les enfants disent le plus fréquemment rejeter (indépendamment du genre ou de l'âge) sont les légumes, les boissons gazeuses et les produits animaux (poisson, viande, abats) (Figure 11a).

L'odeur et le 'goût' au sens commun du terme (autrement dit la saveur) sont les motifs plus fréquemment évoqués pour justifier les dégoûts alimentaires. Les autres motifs (Figure 11b) sont la texture, les sensations trigéminales (épicé/piquant), les saveurs (acide/amer), l'aspect visuel, le fait d'avoir été malade suite à l'ingestion et les associations symboliques (par exemple « Ça me rappelle l'animal vivant », « Ça vient de la mer/de la terre » ou « Ça fait grossir »). Une ANOVA (genre, âge) sur le nombre de motifs évoqués pour justifier les dégoûts alimentaires montre que ce nombre augmente avec l'âge (de 1.5 ± 0.9 à 2.4 ± 1.3 entre 6 et 10 ans, $F_{4,205} = 3.15, p < .05$).

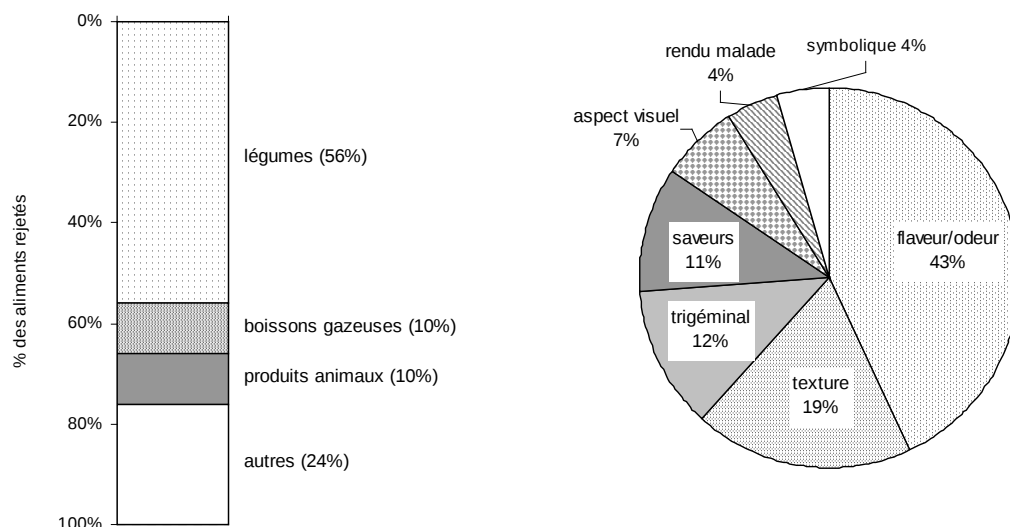


Figure 11 Item 1-Dégoûts alimentaires. (a) Familles d'aliments que les enfants déclarent rejeter. (b) Motifs évoqués pour expliquer les rejets alimentaires.

★ *2-Sentir un nouvel aliment*

Seulement 25% des participants déclarent spontanément flairer un aliment inconnu avant de le mettre en bouche, alors que 36% déclarent le sentir lorsqu'on le leur demande explicitement, et 39% disent ne jamais chercher à sentir un aliment nouveau. Le score de l'item, représentant la propension à sentir les aliments inconnus, n'est pas affecté par le genre, l'âge ou la fluidité verbale.

Les commentaires spontanés de quelques participants (un garçon de 7 ans et une fille de 6 ans) suggèrent que certains enfants sont capables de dissocier l'odeur d'un aliment de ses propriétés en bouche ; autrement dit, ils savent qu'un aliment nauséabond (par exemple du fromage) peut cependant avoir très bon 'goût'. D'autres enfants font remarquer qu'il est impoli de sentir la nourriture. Ces allusions restent toutefois peu fréquentes.

★ *16-Deviner des odeurs alimentaires*

Quarante-huit pour cent des participants déclarent essayer de deviner 'parfois' la nature d'odeurs alimentaires rencontrées fortuitement, tandis que 24% le font 'souvent' et 28% 'jamais'. Le score de l'item, représentant la fréquence à laquelle le sujet essaie de deviner les odeurs alimentaires, ne varie qu'avec l'âge ($H_{4,215} = 10.62, p < .05$), du fait de la diminution de l'utilisation de la modalité 'jamais' entre 6 et 10 ans (de 46 à 22%, $\chi^2 = 10.65, p < .05$).

ITEMS LIES A DES CONTEXTES SOCIAUX

★ *11-Odeurs de la famille*

Une forte proportion d'enfants (77%, passant de 62 à 96% entre 6 et 10 ans, $\chi^2 = 10.70, p < .05$) est capable de dire que les parents et la fratrie ont une odeur. Parmi ces enfants, 58% déclarent qu'ils seraient ennuyés par la disparition de l'odeur de leurs proches, alors que cela conviendrait à 9% d'entre eux (et 33% y seraient indifférents).

Le score de l'item (réaction à la perte imaginée de l'odeur des proches) est plus élevé chez les filles que chez les garçons ($U = 4379, p < .01$), car davantage de filles sont conscientes que leurs proches ont une odeur (83 vs. 72% des garçons, $\chi^2 = 4.14, p < .05$) et seraient perturbées si leurs parents perdaient leur odeur (58 vs. 33% des garçons, $\chi^2 = 13.67, p < .001$) (Figure 12a).

La disparition de l'odeur de certains proches conviendrait aux enfants auxquels ces odeurs déplaisent (odeur des parents : 42% ; des frères ou sœurs : 58%). Les odeurs évoquées spontanément dans ce cas sont les odeurs corporelles, la

mauvaise haleine, l'odeur d'urine ou de tabac. En revanche, les raisons pour lesquelles d'autres enfants déclarent qu'ils seraient ennuyés par l'absence de l'odeur des proches sont la perte d'une stimulation agréable (49%, passant de 79 à 43% entre 6 et 10 ans, $\chi^2 = 10.06$, $p < .05$) et la perte d'un élément rassurant (24%, augmentant de 0 à 36% entre 6 et 10 ans, $\chi^2 = 12.04$, $p < .05$; Figure 12b). Dans 27% des cas, nous avons obtenu d'autres réponses ou des non-réponses.

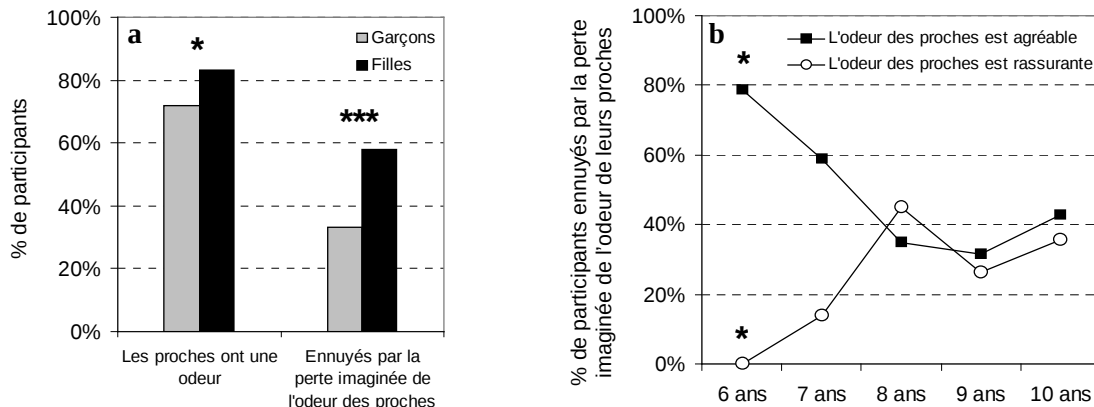


Figure 12 Item 11-Odeurs de la famille. (a) Différences significatives dues au genre pour deux des modalités de réponse (*Chi-deux*). (b) Evolution avec l'âge des raisons évoquées pour expliquer la perturbation engendrée par la perte imaginée de l'odeur des proches (*Chi-deux*).

* 12-Odeur naturelle des gens

Trente-sept pour cent des enfants déclarent que seulement 'certaines personnes' ont leur propre odeur naturelle, 16% savent que 'tout le monde' en émet une, et 47% déclarent que les gens n'ont 'pas d'odeur' s'ils ne se mettent pas de parfum ou de déodorant. Le score de l'item, représentant le degré de conscience de l'odeur des autres, augmente avec l'âge ($H_{4,215} = 16.58$, $p < .01$) du fait de la diminution du nombre de réponses 'pas d'odeur' entre 6 et 10 ans (de 54 à 26%, $\chi^2 = 10.66$, $p < .05$) et de l'augmentation des réponses 'tout le monde' (de 8 à 26%, $\chi^2 = 18.44$, $p < .01$). Enfin, les enfants ayant une bonne fluidité verbale obtiennent de meilleurs scores que les enfants moins fluides ($U = 4544$, $p < .01$).

* 13-Sentir ses habits

Une majorité d'enfants déclare sentir ses habits 'parfois' (49%) ou 'souvent' (20%), les autres rapportant ne jamais le faire. Les filles ont à nouveau de meilleurs scores que les garçons à cet item ($U = 4108.5$, $p < .001$) du fait de leur plus fréquente utilisation de la modalité 'parfois' (59 vs. 41% des garçons,

$\chi^2 = 7.04$, $p < .01$) et de leur moins fréquente utilisation de ‘jamais’ (17 vs. 44% des garçons, $\chi^2 = 19.01$, $p < .001$).

Les raisons avancées par les enfants pour justifier ce comportement sont : déterminer si les vêtements sont propres ou sales afin de les mettre à laver ou non, se faire plaisir (du fait de l’odeur agréable de lessive, la plupart du temps), savoir si les habits ont une odeur plaisante ou déplaisante, et enfin s’auto-stimuler ou se réconforter (Figure 13).

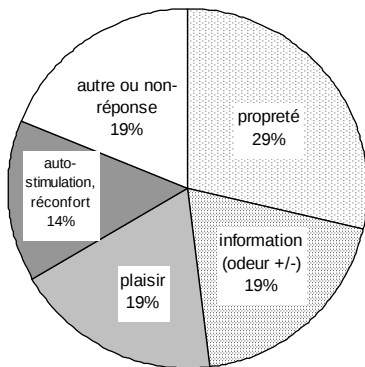


Figure 13 Item 13-Sentir ses habits. Raisons motivant les enfants à sentir leurs vêtements.

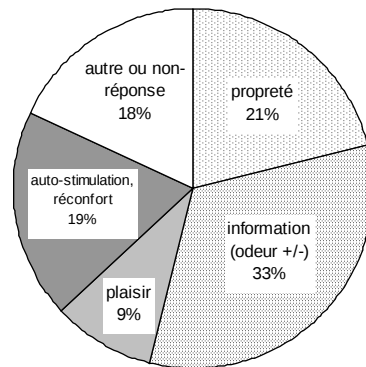


Figure 14 Item 14-Sentir son odeur corporelle. Raisons motivant les enfants à sentir leur corps.

★ 14-Sentir son odeur corporelle

La moitié des enfants déclare sentir ‘parfois’ (38%) ou ‘souvent’ (13%) son corps, alors que 49% disent ne jamais le faire. Le score de cet item est plus élevé chez les filles que chez les garçons ($U = 4566$, $p < .01$), car elles utilisent moins fréquemment la modalité ‘jamais’ (38 vs. 57% des garçons, $\chi^2 = 7.64$, $p < .01$).

Les parties du corps que les enfants évoquent sont les mains, les pieds, les aisselles, les bras et les cheveux (Figure 15). Les cheveux, généralement plus longs chez les filles, sont davantage évoqués par celles-ci (17% vs. 2% des garçons, $\chi^2 = 8.49$, $p < .01$). Les motivations décrites par les enfants exprimant de tels comportements sont similaires à celles avancées pour l’odeur des habits, à savoir : obtenir de l’information sur le caractère plaisant/déplaisant de l’odeur, déterminer si cette partie du corps est propre ou sale et doit être ou non lavée, s’auto-stimuler ou se réconforter, et enfin se faire plaisir (Figure 14).

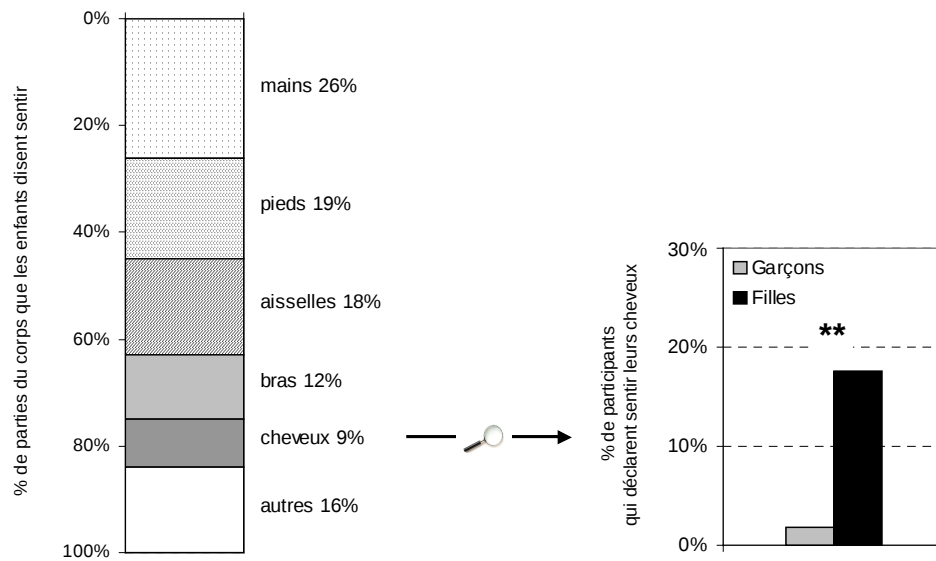


Figure 15 Item 14-Sentir son odeur corporelle. Parties du corps que les enfants déclarent sentir, et différence significative en fonction du genre (*Chi-deux*).

ITEMS LIÉS A D'AUTRES CONTEXTES DE L'ENVIRONNEMENT

★ 3-Les sens dans la nature

Dans un contexte de promenade dans la nature, la modalité sensorielle classée première par ordre d'importance est la vue (46%), suivie du toucher (25%), de l'ouïe (16%) puis de l'odorat (13%). Vingt-deux pour cent des participants ont placé l'odorat en seconde position. Ce sens est placé aux rangs 3 et 4 par 66% des enfants, suggérant qu'une majorité d'entre eux considère les informations olfactives comme mineures en comparaison des autres stimulations sensorielles dans ce contexte. Le score de l'item (importance relative des odeurs dans la nature) est plus élevé chez les filles que chez les garçons ($U = 4522, p < .01$) du fait que les filles sont moins nombreuses à placer l'odorat au dernier rang d'importance (29 vs. 48% des garçons, $\chi^2 = 7.60, p < .01$). Étonnamment, le score est plus faible chez les enfants verbalement fluides que chez les enfants moins fluides ($U = 4868, p < .05$).

★ 4-Odeurs senties hier

Quarante-quatre pour cent des participants se rappellent d'une (31%) ou plusieurs odeurs (13%) senties la veille. Le score de l'item (nombre d'odeurs remémorées) augmente avec l'âge ($H_{4,215} = 27.47, p < .001$) et est supérieur chez les enfants verbalement fluides ($U = 4320, p < .01$).

Parmi les odeurs remémorées (n'étaient acceptées que les odeurs non alimentaires), les enfants ont cité le plus souvent des odeurs sociales. Parmi elles,

68% concernent des membres de la famille, et 12% l'objet d'attachement. Les autres odeurs citées sont des odeurs de nature (des végétaux pour la plupart), cosmétiques (principalement des parfums et parfums d'intérieurs), de pollution (par exemple les gaz d'échappement, les émissions d'usines ou la fumée de cigarette), et d'excréments ou de décomposition (Figure 16). Des effets significatifs du genre et de l'âge apparaissent sur deux de ces catégories d'odeurs : une plus grande proportion de garçons a mentionné les odeurs de pollution (17 vs. 5% de filles, $\chi^2 = 5.01, p < .05$) et les odeurs de nature sont de moins en moins citées avec l'âge (de 40 à 16% entre 6 et 10 ans, $\chi^2 = 11.94, p < .05$) (Figure 16).

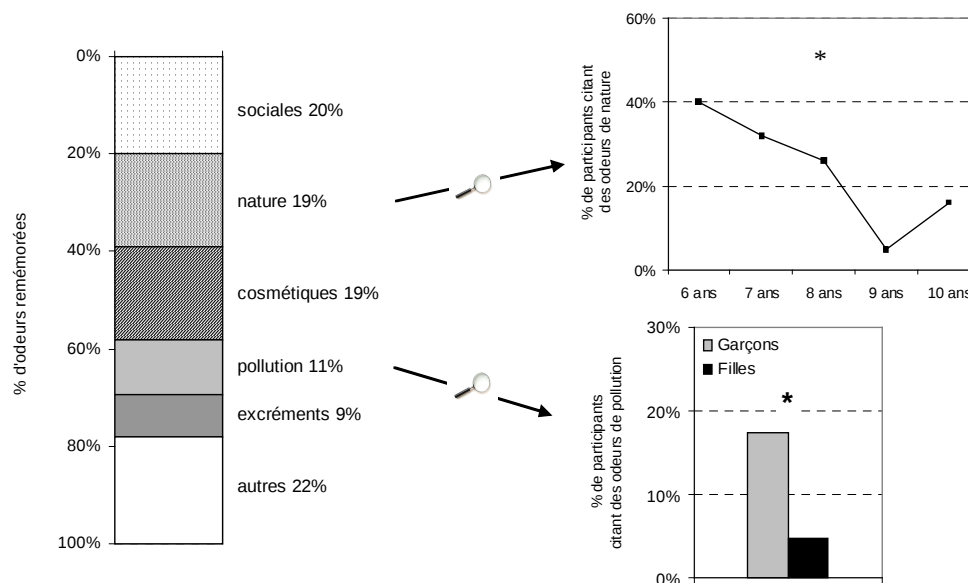


Figure 16 Item 4-Odeurs senties hier. Catégories d'odeurs que les enfants se souviennent avoir senties la veille, et différences significatives en fonction de l'âge et du genre (*Chi-deux*).

★ 5-Odeurs senties lors d'un chagrin

Plus d'un tiers des participants déclarent rechercher une (29%) ou plusieurs (7%) stimulations odorantes lorsqu'ils sont tristes. Le score de l'item (nombre d'odeurs citées) est plus élevé chez les filles que chez les garçons ($U = 4128, p < .001$).

La plupart des objets odorants sentis (Figure 17) impliquent des odeurs sociales, qui sont des odeurs de membres de la famille (45%) ou de l'objet d'attachement (55%). Ces objets sont cités de plus en plus fréquemment entre 6 et 10 ans (de 35 à 79%, $\chi^2 = 12.99, p < .05$). Les autres stimulations odorantes recherchées sont des odeurs de nature (principalement des fleurs) ainsi que des odeurs d'aliments qui semblent être utilisés comme consolation chez certains enfants. La fréquence de citation de ces odeurs alimentaires diminue de 35 à 7% entre 6 et 10 ans ($\chi^2 = 10.53, p < .05$).

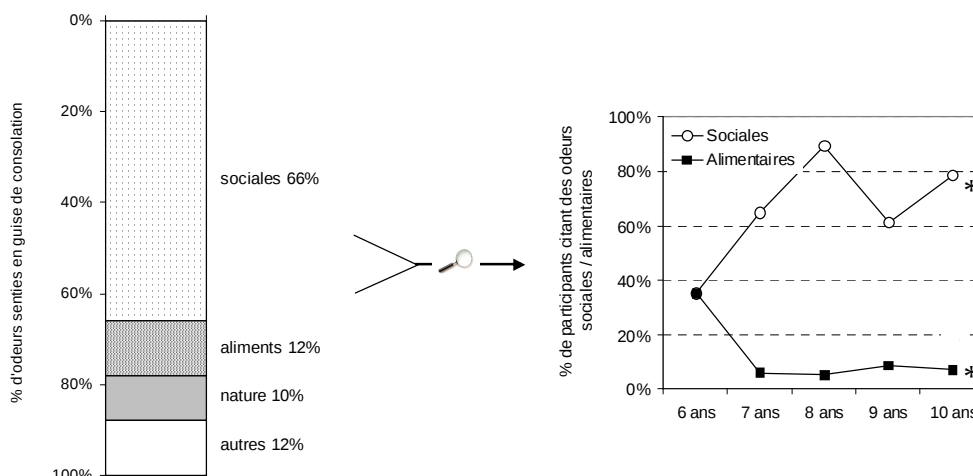


Figure 17 Item 5-Odeurs senties lors d'un chagrin. Type d'odeurs que les enfants disent chercher à sentir lorsqu'ils se sentent tristes, et différences significatives en fonction de l'âge (*Chi-deux*).

★ 6-Objets odorants gardés précieusement

Environ un tiers des participants a déclaré conserver précieusement un (28%) ou plusieurs (6%) objets odorants. Le score de l'item (nombre d'objets odorants cités) varie seulement avec le genre : il est plus élevé chez les filles ($U = 4649$, $p < .05$). Les objets odorants que les enfants disent conserver précieusement (Figure 18) sont des produits cosmétiques (principalement des flacons de parfum), des parfums d'ambiance (bougies, encens, fleurs séchées), des jouets ou accessoires odorisés (par exemple des poupées, des stylos, des porte-clés), et enfin des objets portant des odeurs sociales (parmi lesquelles l'odeur de personnes aimées, 26%, ou de soi-même, 74%).

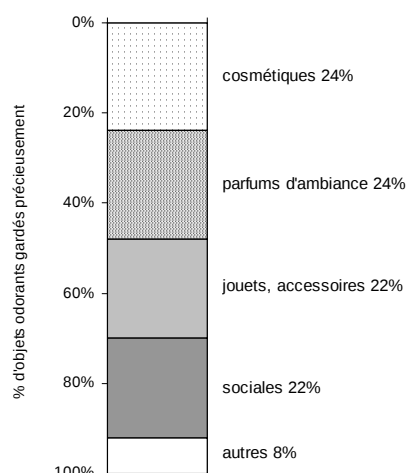


Figure 18 Item 6-Objets odorants gardés précieusement. Types d'objets odorants que les enfants aiment à conserver.

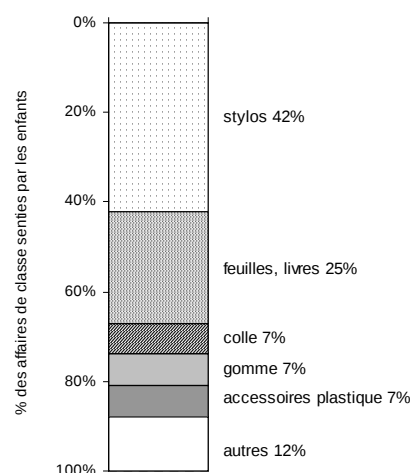


Figure 19 Item 8-Sentir ses affaires de classe. Type d'affaires de classe dont les enfants disent rechercher l'odeur.

★ *7-Odeurs de l'extérieur*

La plupart des enfants (74%) déclarent qu'ils seraient ennuyés s'il n'y avait plus aucune odeur à l'extérieur, surtout les filles (80 vs. 67% des garçons, $\chi^2 = 4.75$, $p < .05$). Cela conviendrait à 5% des enfants, plus focalisés sur les odeurs déplaisantes de l'environnement, et 21% y seraient indifférents. D'une manière générale, le score de cet item (réactivité à la disparition imaginée des odeurs extérieures) ne varie ni avec le genre, ni avec l'âge, ni avec la fluidité verbale.

★ *8-Sentir ses affaires de classe*

Environ un tiers des enfants disent sentir 'souvent' (11%) ou 'parfois' (21%) leurs objets scolaires, et 68% ne le font 'jamais'. Bien que les filles utilisent moins la modalité 'jamais' (61 vs. 75% des garçons, $\chi^2 = 5.17$, $p < .05$) et davantage la réponse 'parfois' (27 vs. 15% de garçons, $\chi^2 = 4.99$, $p < .05$), le score de l'item ne varie pas significativement en fonction du genre. Les outils de classe concernés par ces comportements olfactifs sont les stylos et les feuilles ou livres, suivis des colles, des gommes et des ustensiles en matière plastique (Figure 19). Douze pour cent des affaires de classe citées sont des objets odorisés (feuilles Diddle®, stylos Uniball Signo Senteur®, par exemple) ; ces derniers sont cités par deux fois plus de filles (8 vs. 4 garçons).

★ *9-Odeur dans les voitures*

Les deux tiers des enfants (71%) sont conscients de la présence d'une odeur dans la voiture de leurs parents. Parmi eux, 53% ont des réactions positives à cette odeur, 36% ont des réactions négatives et seulement 11% sont indifférents. Les filles ayant exprimé moins d'indifférence à l'odeur de la voiture (2 vs. 13% des garçons, $\chi^2 = 9.42$, $p < .01$), et plus de réactions négatives (32 vs. 19% des garçons, $\chi^2 = 4.04$, $p < .05$; Figure 20), le score de l'item s'est avéré plus élevé chez les filles que chez les garçons ($U = 4450.5$, $p < .01$).

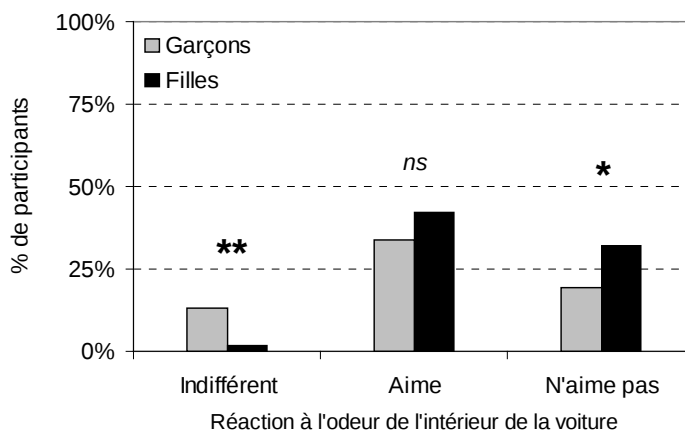


Figure 20 Item 9-Odeur dans les voitures. Pourcentage de filles et de garçons étant indifférents à l'odeur présente dans l'habitacle de la voiture de leurs parents, l'aimant ('aime'/'adore') ou ne l'aimant pas ('n'aime pas'/'malade') (*Chi-deux*).

* 10-Odeurs dans la salle bain

En moyenne, les enfants ont cité 7.6 ± 0.9 objets présents dans leur salle de bain, dont 3.4 ± 1.6 sont considérés comme odorants. Le score de l'item (proportion d'objets odorants) est plus élevé pour les filles que pour les garçons ($U = 4535$, $p < .01$) et augmente avec l'âge ($H_{4,215} = 11.62$, $p < .05$). Les objets de la salle de bain que les enfants considèrent comme odorants sont le savon et le shampoing, les meubles et installations sanitaires, le dentifrice et la brosse à dent, le linge et les parfums (Figure 21).

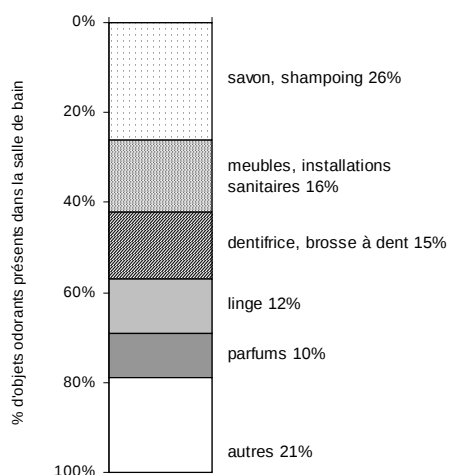


Figure 21 Item 10-Odeurs dans la salle bain. Type d'objets présents dans la salle de bain et qui, selon les enfants, possèdent une odeur.

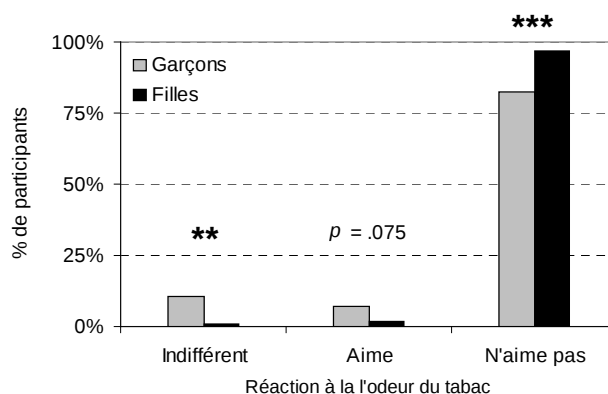


Figure 22 Item 15-Odeur du tabac. Pourcentage de filles et de garçons indifférents à l'odeur de tabac, l'aimant ('aime'/'adore') ou non ('n'aime pas'/'déteste') (*Chi-deux*).

★ 15-Odeur du tabac

La plupart des enfants (90%) rapportent des réactions négatives à l'égard de l'odeur de tabac, motivées non seulement par des raisons sensorielles, mais aussi par des motifs de nuisance à la santé. Six pour cent des enfants sont indifférents et 4% décrivent des réactions positives. Davantage de garçons sont indifférents (11 vs. 1% des filles, $\chi^2 = 8.77$, $p < .01$) et davantage de filles ont des réactions négatives (97 vs. 82% des garçons, $\chi^2 = 12.22$, $p < .001$; Figure 22). Cependant, le score de l'item (réactivité à l'odeur de cigarette) n'est pas modulé par le genre, l'âge ou la fluidité verbale.

RECAPITULATIF DES RESULTATS PAR ITEM

Le Tableau 3 résume les effets d'âge, de genre et de la fluidité verbale sur les scores individuels des items. D'une manière générale, les réponses des filles indiquent un comportement clairement plus orienté vers les odeurs que les garçons. Ces différences d'attention et de réactivité aux odeurs auto-rapportées sont statistiquement significatives pour 8 des 16 items du questionnaire ECOLE, et même davantage si l'on considère aussi les réponses brutes (items 7, 8 et 15).

Tableau 3 Récapitulatif des effets des facteurs genre, âge et fluidité verbale sur les scores individuels des 16 items du questionnaire ECOLE.

Catég.	Item n°	Contenu de l'item	Effet genre ¹	Effet âge ²	Effet fluidité verbale ³
Alimentaire	1. Detest	Dégoûts alimentaires	ns	↗ ***	
	2. Nouv	Sentir un nouvel aliment	ns	ns	ns
	16. Devin	Deviner des odeurs alimentaires	ns	↗ *	ns
Social	11. Fam	Odeurs de la famille	f > g **	ns	ns
	12. Gens	Odeur naturelle des gens	ns	↗ ***	f+ > f- **
	13. Habi	Sentir ses habits	f > g ***	ns	ns
	14. Corp	Sentir son odeur corporelle	f > g **	ns	ns
Environnemental	3. Natur	Les sens dans la nature	f > g **	ns	f- > f+ *
	4. Hier	Odeurs senties hier	ns	↗ ***	f+ > f- **
	5. Trist	Odeurs senties lors d'un chagrin	f > g ***	ns	ns
	6. Prec	Objets odorants gardés précieusement	f > g *	ns	ns
	7. Deho	Odeurs de l'extérieur	ns	ns	ns
	8. Class	Sentir ses affaires de classe	ns	ns	ns
	9. Voit	Odeur dans les voitures	f > g **	ns	ns
	10. Sdb	Odeurs dans la salle bain	f > g **	↗ *	ns
	15. Cigar	Odeur du tabac	ns	ns	ns

¹ Tests-U de Mann-Whitney (g/f: garçons/filles)

² Analyse de variance de Kruskal-Wallis (↗ : augmente avec l'âge)

³ Tests-U de Mann-Whitney (f+/f- : fluides/peu fluides verbalement)

Par ailleurs, les scores de 5 items se sont avérés augmenter significativement avec l'âge. La fluidité verbale a influé sur seulement 3 items, dont l'un était aussi influencé par le genre et les deux autres par l'âge. Ceci suggère que la variance due aux différences de fluidité verbale, impliquée dans les effets âge et genre sur le comportement olfactif rapporté, est limitée.

2.3.4. L'objet d'attachement dans les comportements olfactifs

Cette partie porte sur les réponses des enfants aux deux questions additionnelles concernant leur rapport à un objet d'attachement (non incluses dans le calcul du score total ECOLE), et met ces réponses en relation avec les comportements olfactifs rapportés dans le questionnaire lui-même.

POSSESSION ET UTILISATION DE L'OBJET D'ATTACHEMENT

Une majorité d'enfants (68%) déclare posséder actuellement un objet d'attachement. Cette proportion diminue avec l'âge, de 82 à 52% entre 6 et 10 ans ($\chi^2 = 20.56, p < .001$). Vingt-huit pour cent disent en avoir possédé un lorsqu'ils étaient plus jeunes, et seulement 4% déclarent n'en avoir jamais possédé. Les objets d'attachement cités sont des peluches (79%), des pièces de tissus (13%, par exemple, des mouchoirs, des vêtements, des pans de draps), des poupées (7%) ou autres (1%). Aucune différence de genre n'apparaît ici.

Parmi les 73% de participants auxquels la question sur le lavage de l'objet d'attachement s'appliquait⁵, 38% décrivent spontanément des réactions à son changement d'odeur. La prévalence de telles réactions augmente de 19 à 65% entre 6 et 10 ans ($\chi^2 = 11.98, p < .05$). Certaines réactions au changement d'odeur sont positives (28%) : « *Après [le lavage], mon doudou sent bon la lessive* » (garçon, 9 ans), « *Ça sent meilleur* » (fille, 8 ans). Elles peuvent aussi être négatives (10%) lorsque les enfants expriment une préférence pour l'odeur 'naturelle' de leur objet d'attachement : « *[Après le lavage] mon doudou ne sent plus moi* » (fille, 8 ans), « *J'aime son odeur quand il pue* » (fille, 7 ans), « *J'aime bien l'odeur quand il est à moitié sale, entre propre et sale* » (fille, 9 ans). Mis à part le changement d'odeur, les enfants réagissent aussi à l'absence de l'objet d'attachement pour dormir, à la modification de son aspect visuel ou tactile et à sa possible dégradation, engendrés par le nettoyage.

⁵ 59 enfants n'avaient pas d'objet d'attachement, ne se souvenaient pas de leur réaction ou n'avaient pas été confrontés à son lavage.

Lorsqu'on demande aux enfants de décrire leurs habitudes et leurs comportements stéréotypés dirigés vers l'objet d'attachement⁶, 19% des répondants déclarent le placer dans la sphère bucco-nasale : « *Je mets les petites oreilles de mon hippopotame dans mon nez* » (garçon, 8 ans), « *Je prends le fil qui dépasse de mon doudou, et je me gratte avec autour de la bouche et sous le nez* » (fille, 9 ans), « *Je suce mon pouce en mettant l'oreille de mon lapin sur mon nez* » (garçon, 6 ans). Notons que de tels contacts bucco-nasaux ont été plus fréquemment décrits chez les enfants dont l'objet d'attachement est une poupée (42%) ou une pièce de tissu (39%) que lorsqu'il s'agit d'une peluche (12%) ($\chi^2 = 17.64$, $p < .001$). Ces comportements ne sont pas influencés par le facteur genre.

Les enfants ayant évoqué au moins une fois la dimension odorante de leur objet d'attachement au cours du questionnaire (que ce soit dans les deux questions sur l'objet d'attachement ou dans les items 5 et 6, où il a été spontanément cité) représentent 43% de la population totale et 45% de la population ayant ou ayant eu un objet d'attachement (Figure 23).

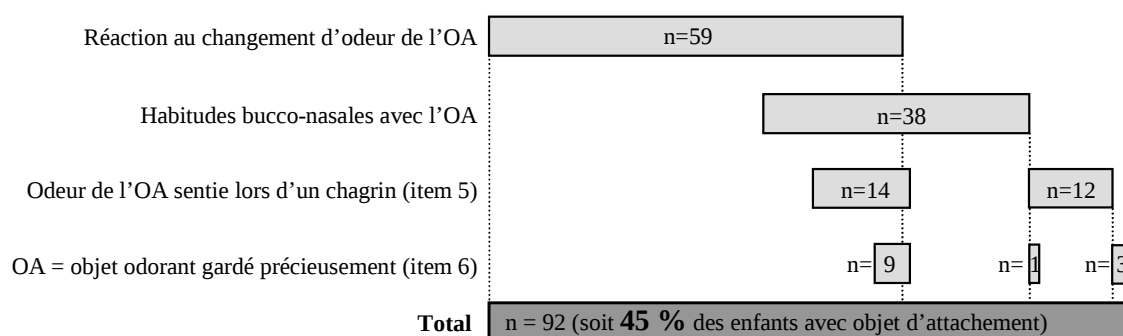


Figure 23 Répartition des 92 enfants exprimant l'importance de l'odeur de leur objet d'attachement (OA) dans les deux questions spécifiques à cet objet et dans deux items du questionnaire ECOLE (de haut en bas).

LIENS ENTRE L'UTILISATION DE L'OBJET D'ATTACHEMENT ET LES AUTRES COMPORTEMENTS OLFACTIFS

Le *score ECOLE* est plus élevé chez les enfants qui possèdent un objet d'attachement (6.8 ± 2.4 vs. 5.4 ± 1.6 , $t_{213} = 1.68$, $p = .095$), chez ceux qui décrivent une réaction au changement d'odeur de l'objet d'attachement lors du lavage (7.2 ± 2.3 vs. 6.5 ± 2.4 , $t_{213} = 1.94$, $p = .054$) notamment lorsque cette réaction est négative (8.1 ± 1.9 vs. 6.6 ± 2.4 , $t_{213} = 2.48$, $p < .05$), et chez ceux décrivant des contacts bucco-nasaux avec cet objet (7.5 ± 2.2 vs. 6.5 ± 2.4 , $t_{213} = 2.34$, $p < .05$).

⁶ 7% n'avaient pas d'objet d'attachement ou n'étaient pas capables de décrire leurs comportements.

D'autres analyses plus fines, au niveau des *items séparés*, montrent que l'utilisation d'un objet d'attachement peut être associée à des comportements olfactifs spécifiques. Premièrement, les enfants possédant un objet d'attachement (actuellement ou par le passé, $n = 206$) obtiennent de meilleurs scores aux items *7-Odeurs de l'extérieur* ($U = 537.5$, $p < .05$) et *14-Sentir son odeur corporelle* ($U = 427.5$, $p < .01$) par rapport aux enfants qui n'en n'ont jamais possédé ($n = 9$). Ce résultat doit toutefois être considéré avec précaution, du fait du déséquilibre des effectifs entre les deux groupes.

Deuxièmement, les enfants qui disent réagir à l'altération olfactive de leur objet d'attachement après lavage ont de meilleurs scores que les autres enfants pour les items *3-Les sens dans la nature* ($U = 3552.5$, $p < .01$), *4-Odeurs senties hier* ($U = 3615$, $p < .05$) et *5-Odeurs senties lors d'un chagrin* ($U = 3342.5$, $p < .01$) pour lequel les odeurs des proches et de l'objet d'attachement ont été souvent citées (cf. §2.3.5. de la Partie I). Plus spécifiquement, les enfants préférant l'odeur 'naturelle' de leur objet d'attachement obtiennent des scores plus élevés que les autres enfants aux items *4-Odeurs senties hier* ($U = 981$, $p < .05$), *5-Odeurs senties lors d'un chagrin* ($U = 931$, $p < .01$) et *12-Odeur naturelle des gens* ($U = 1049$, $p < .05$).

Troisièmement, les enfants qui décrivent des habitudes bucco-nasales avec leur objet d'attachement obtiennent des scores supérieurs à ceux des autres enfants pour les items *4-Odeurs senties hier* ($U = 2235$, $p < .01$) et *5-Odeurs senties lors d'un chagrin* ($U = 2333.5$, $p < .01$). Dans l'ensemble, ces résultats indiquent que posséder un objet d'attachement et réagir à ses propriétés olfactives (même implicitement à travers les contacts bucco-nasaux) paraît associé à une réactivité olfactive plus générale et à des comportements olfactifs spécifiques, notamment dans des contextes sociaux et émotionnels (Tableau 4).

Tableau 4 Récapitulatif des liens significatifs entre, d'une part, les comportements relatifs à l'objet d'attachement (en ligne) et d'autre part, le score total ECOLE et les scores individuels des items (en colonne).

Variables liées à l'objet d'attachement	Score total ECOLE	Scores par item					
		3-nature	4-hier	5-trist	7-deho	12-gens	14-corp
Possession d'un objet d'attachement ($N = 206$ vs. 9)	t				*		**
Réaction au changement d'odeur dû au lavage ($N = 59$ vs. 156)	t	*	*	**			
↳ Réaction négative à ce changement ($N = 16$ vs. 199)	*		*	**		*	
Habitudes bucco-nasales avec l'objet ($N = 38$ vs. 177)	*		**	**			

2.4. Discussion

Le premier objectif de cette étude était d'évaluer l'attention et la réactivité aux odeurs des enfants dans des situations de la vie quotidienne. Dans ce but, nous avons créé un nouvel outil d'évaluation, le questionnaire ECOLE. Son acceptabilité par les enfants, sa pertinence, son pouvoir discriminant et ses propriétés psychométriques, travaillés au cours des différents étapes d'élaboration, feront l'objet d'une première partie de discussion. Tout en gardant à l'esprit les limites d'utilisation de ce type de méthode, nous ferons le point sur les informations recueillies sur l'écologie olfactive enfantine et discuterons les différences de comportements olfactifs apparues en fonction de l'âge et du genre.

2.4.1. *Qualités et limites du questionnaire ECOLE*

ACCEPTABILITE ET PERTINENCE

Un des critères de qualité qui ont guidé la construction du questionnaire ECOLE était l'acceptabilité de l'outil par la population concernée, afin de favoriser l'obtention des réponses les plus sincères possibles. Le passage d'un ensemble d'une cinquantaine de questions à une version finale en 16 items a permis d'obtenir une durée de passation bien adaptée aux enfants de 6 à 12 ans (environ 15 min). La difficulté du questionnaire a pu être réduite grâce au travail de formulation des questions et des propositions de réponse. Enfin, le questionnaire ECOLE se devait de refléter les situations spécifiques dans lesquelles les odeurs ont une importance pour les enfants. Les items sélectionnés pour la version finale sont ceux qui, au regard des réponses des enfants dans les étapes préliminaires, sont apparus comme étant les plus représentatifs du monde olfactif enfantin : cet effort d'amélioration de la pertinence du questionnaire a également permis de stimuler l'intérêt des enfants pour l'entretien. Ces différentes améliorations permettent d'affirmer que, en dépit de la difficulté que peuvent éprouver les enfants à s'exprimer sur des comportements et des situations dont on parle habituellement peu, le questionnaire ECOLE a acquis une bonne acceptabilité au fil des étapes de construction.

POUVOIR DISCRIMINANT

L'autre propriété importante du questionnaire ECOLE est sa qualité discriminante, c'est-à-dire sa capacité à mettre en évidence des différences interindividuelles. Ainsi, les items sélectionnés pour la version finale sont ceux

pour lesquels il existait une variété dans les réponses et non un consensus sur l'ensemble des enfants interrogés. Finalement, l'utilisation de la version finale auprès d'un grand nombre d'enfants a permis de mettre en évidence des différences de comportements olfactifs entre filles et garçons, et en fonction de l'âge.

QUALITES PSYCHOMETRIQUES

Outre l'acceptabilité et le caractère discriminant du questionnaire, les caractéristiques psychométriques du questionnaire ECOLE se sont avérées satisfaisantes. L'outil ECOLE a été créé pour mesurer une dimension principale, comportement olfactif, à l'aide de questions abordant différents aspects de ce comportement (recherche de sensation, connaissance des odeurs, réactivité aux odeurs).

Dans un premier temps, la consistance interne et l'analyse factorielle permettent de confirmer l'existence d'une certaine unité dans les questions posées. La consistance interne du questionnaire est satisfaisante (.78) si l'on se réfère à la valeur .70, communément acceptée comme seuil en dessous duquel une échelle ne peut pas être considérée comme consistante (Kline, 1993). Avec des approches similaires, Wrzesniewski et al. (1999) et Nordin et al. (2003) ont obtenu des alphas de .73 et .88 avec leurs questionnaires *Affective Impact of Odors* et *Chemical Sensitivity Scale* pour adultes. Chez l'enfant, des valeurs de cet ordre sont obtenues par exemple pour des enfants de 7-12 ans interrogés grâce au *Food Situation Questionnaire* de Loewen et Pliner (2000) ($\alpha = .80$). Quant à l'analyse en composantes principales, elle conforte l'idée d'une cohérence entre les items, puisqu'elle met en évidence un premier facteur général, commun à tous les items.

Si les items permettent dans l'ensemble de mesurer une dimension commune de comportement olfactif, on remarque dans un second temps qu'ils gardent néanmoins leur spécificité et apportent des informations complémentaires. Cette absence de redondance entre les items est caractérisée par le fait que les corrélations inter-items restent modérées, c'est-à-dire comprises entre -.22 et +.66 (trois corrélations seulement étant supérieures à .50).

Enfin, les enfants se montrent relativement fiables dans leurs témoignages verbaux puisque, dans l'avant-dernière version du questionnaire comprenant les 16 items du questionnaire final, les scores totaux évalués à deux mois d'intervalle sont

fortement corrélés ($r = .82$). Cette valeur de corrélation test/re-test est satisfaisante si on la compare avec les valeurs généralement obtenues dans les travaux de psychologie testant des enfants de 6-12 ans à une ou deux semaines d'intervalle (par exemple : $r = .51$, King et al., 1995 ; $r = .76$, Looper & Grizenko, 1999 ; $r = .78$, Endicott et al., 2006 ; $r = .83$, Liu et al., 2000).

LES LIMITES DE LA METHODE

(1) Malgré son caractère attrayant du point de vue de la richesse et de l'exclusivité des informations collectées, qui seraient par ailleurs difficilement accessibles, la méthode du questionnaire présente certains inconvénients. En premier lieu, le questionnement est basé sur la communication *verbale*. Nos résultats montrent que le score total obtenu au questionnaire est en partie fonction de la fluidité verbale, qui participe à l'amélioration du score avec l'âge. Le score ECOLE reflète donc en partie la capacité des individus à avoir accès à l'information et à l'exprimer, et pas uniquement les comportements olfactifs eux-mêmes.

(2) En second lieu, le questionnement est une interaction entre deux individus, un « jeu interlocutoire porteur d'enjeu » (Ghiglione, 2000). D'une part, le questionneur cherche à obtenir de l'information, et doit pour cela trouver le bon équilibre entre garder une attitude neutre et encourager le questionné à s'exprimer. Cet encouragement (par l'attitude, la formulation des questions) paraît particulièrement nécessaire dans le domaine de l'olfaction où les comportements olfactifs sont peu verbalisés dans la vie courante et parfois socialement dévalorisés ou réprimés. D'autre part, le questionné a le désir de donner une image de soi favorable, conforme aux normes sociales et aux attentes du questionneur (Ghiglione, 2000 ; Santrock, 2003, p. 57). La dissymétrie entre questionneur et questionné est d'autant plus importante lorsque le questionné est un enfant, a fortiori quand l'entretien se déroule dans le cadre scolaire où l'enfant est évalué par des adultes en permanence. Les mesures adoptées pour standardiser l'attitude et le discours des expérimentatrices et pour limiter les phénomènes de désirabilité sociale (anonymat garanti, instauration d'une relation de confiance) auront probablement contribué à minimiser ce type de biais de réponse.

(3) Enfin, outre sa standardisation et sa fidélité (consistance interne, répétabilité), un questionnaire se doit aussi d'être *valide* (Gilles, 1999). La méthode par questionnement est une mesure subjective du comportement, dont les résultats peuvent dans certains cas être confirmés à l'aide d'autres approches comme

l'observation du comportement en situation, le questionnement des proches ou l'utilisation d'un autre questionnaire similaire. Dans notre étude, l'apport de données de validation paraît particulièrement nécessaire dans la mesure où *i)* les répondants sont des *enfants* et où *ii)* les questions portent sur *l'olfaction*. En effet, si les *enfants* sont capables de relater avec précision des événements antérieurs (Hamond & Fivush, 1991), ils sont en revanche plus sensibles que les adultes à la suggestion : leurs réponses peuvent plus facilement s'écarter de la réalité sous l'influence d'informations extérieures (Ceci & Bruck, 1993) et ils confondent plus facilement que des adultes des comportements réels et imaginés (Foley & Johnson, 1985). D'autre part, la littérature sur *l'olfaction* fait mention de la faible verbalisation des perceptions olfactives (Cain, 1977 ; Engen, 1987), de la faible représentativité d'une auto-évaluation globale de la fonction olfactive chez l'adulte (Landis et al., 2003) et de l'apparition tardive au cours de l'ontogenèse d'un vocabulaire spécifique à l'odorat par rapport au répertoire propre aux autres sens (Engen & Engen, 1997). Par conséquent, une évaluation du comportement olfactif par les parents et des mesures de l'attention et de la réactivité aux odeurs dans des situations réelles ont été effectuées dans la suite de l'étude (Etapes 2 et 7), dans le but d'apporter des éléments de validation au questionnaire ECOLE.

2.4.2. *L'écologie olfactive infantine*

Après avoir discuté les avantages et les inconvénients de la mesure des comportements olfactifs par questionnaire, attachons-nous aux contenus des réponses des enfants. Aucune structure claire et robuste n'ayant pu être dégagée lors de l'analyse multidimensionnelle du questionnaire, nous discuterons les résultats en fonction des catégories d'odeurs formées a priori (sociales, alimentaires, puis environnementales).

COMPORTEMENTS ENVERS LES ODEURS SOCIALES

L'analyse des réponses par item montre que les odeurs des personnes, que ce soit celles des proches ou de soi, revêtent une importance particulière pour les enfants. Tout d'abord, les émanations individuelles sont souvent citées parmi les odeurs remémorées de la veille, ce qui suggère qu'elles sont particulièrement saillantes et laissent une trace en mémoire. Peu d'enfants se disent indifférents à l'odeur de leurs parents et de leurs frères et sœurs. Ces odeurs personnelles sont décrites dans la plupart des cas comme étant plaisantes et rassurantes, tandis que dans certains cas, les enfants la rejettent, notamment lorsqu'il s'agit de l'odeur des

frères et sœurs. En revanche, peu d'enfants paraissent capables de dire que chaque personne possède sa propre odeur corporelle, suggérant qu'ils ne généralisent pas encore leur connaissance des odeurs corporelles aux individus tout-venant. L'interrogation des enfants à propos des comportements de flairage auto-dirigés révèle que les habits et le corps sont sentis respectivement par 69% et 51% des enfants. Bien que la plupart des enfants n'ont pas été gênés par ces questions, la valeur modérée du dernier pourcentage pourrait tout de même être liée au fait que ce type de comportement, plutôt réprouvé par l'entourage, n'est pas facilement avouable. Selon les enfants, ces comportements d'auto-flairage ont une utilité *hygiénique* (savoir si le corps/les vêtements dégagent une odeur plaisante, s'ils doivent être lavés) et peuvent également procurer *plaisir* et *réconfort*. Ces dimensions hédonique et affective apparaissent spontanément pour les odeurs individuelles et familiales, dans des items ouverts à tous types d'odeurs (odeurs conservées précieusement ou recherchées comme consolation lors d'un chagrin). Le pouvoir consolateur des odeurs des personnes aimées est souvent connu des parents, dont certains confient à leur enfant un vêtement imprégné de leur odeur lorsqu'ils s'absentent : dans notre étude cette fonction transparaît nettement dans les dires des enfants (« *un mouchoir avec le parfum de ma mère* », « *le parfum de mon père, sur ma table de nuit. Mes parents sont divorcés* »). Précisons que dans ces items, l'odeur de soi (sentie le plus souvent par l'intermédiaire de l'objet d'attachement, mais aussi du pyjama ou des draps) est citée plus fréquemment que l'odeur des proches, suggérant un rôle non négligeable de l'odeur individuelle dans l'équilibre émotionnel des enfants.

L'utilisation d'un objet d'attachement, porteur de l'odeur individuelle, est d'une prévalence relativement forte (68% en moyenne), y compris chez les enfants les plus âgés de l'échantillon (52%). Ce pourcentage est comparable à celui relevé dans de précédentes études réalisées en Nouvelle-Zélande (Mahalski, 1983), en Suède (Rudhe & Ekecrantz, 1974), ou aux Etats-Unis (Sherman et al., 1981). La prévalence des comportements directement ou indirectement olfactifs associés à l'objet d'attachement est, elle aussi, relativement importante (45% des enfants possédant un tel objet), ce qui met en évidence la saillance de la dimension olfactive de cet objet dans l'environnement sensoriel infantin. Plusieurs auteurs ont noté l'aspect spécifique de cette odeur et sa recherche active chez l'enfant (Winnicott, 1958 ; Schaal, 1988 ; Mahalski, 1983). Pourtant, l'objet d'attachement a surtout été étudié pour son rôle de substitut dans le cadre de la séparation d'avec la mère (objet transitionnel : Winnicott, 1958), et en tant que 'tout' sensoriel sans considérer de façon spécifique sa dimension odorante. Notre étude met en

évidence que les comportements olfactifs associés à l'objet d'attachement sont liés à la fois au score total ECOLE et aux comportements évoqués dans les items relatifs aux odeurs sociales (5-Odeurs senties lors d'un chagrin, 12-Odeur naturelle des gens, 4-Odeurs senties hier). Même le simple fait de posséder un objet d'attachement est associé à la déclaration d'un comportement olfactif auto-dirigé plus actif (14-Sentir son odeur corporelle). Ces résultats renforcent l'idée que la composante odorante de l'objet d'attachement est recherchée au même titre que les odeurs corporelles, et semble contribuer à l'effet rassurant et apaisant de l'objet sur l'enfant. Nos données indiquent que les effets apaisants des odeurs familiales, avérés chez le nouveau-né (Mellier et al., 1997 ; Rattaz et al., 2005), sont recherchés bien au-delà de la période précoce. Enfin, il n'est pas exclu que l'interaction avec un objet d'attachement odorant ait des conséquences plus larges sur le développement de la sensorialité olfactive, puisque nous avons mis en évidence un lien entre l'utilisation d'un tel objet et l'importance accordée aux odeurs de l'extérieur et de la nature (3-Les sens dans la nature, 7-Odeurs de l'extérieur).

COMPORTEMENTS ENVERS LES ODEURS ALIMENTAIRES ET ENVIRONNEMENTALES

Les réponses aux items visant des situations alimentaires montrent que la dimension chimiosensorielle (les odeurs, les saveurs et plus généralement le "goût") joue un rôle important dans les préférences alimentaires, puisqu'elle intervient dans plus de la moitié des motifs de rejet mentionnés par les enfants. Les enfants se disent curieux envers les odeurs alimentaires, puisque 72% d'entre eux déclarent s'amuser à deviner quels aliments sont à l'origine d'un effluve perçu. Mais lorsqu'on les interroge sur leur réaction face à un aliment inconnu, seulement un quart des enfants dit spontanément flairer le produit tandis que 40% nient effectuer un tel acte, illustrant peut-être une certaine inhibition à rapporter le flairage des aliments. Il est à noter que les odeurs de certains aliments, généralement sucrés (gâteau au chocolat, crêpes, sirop de fraise, etc.), ont été spontanément citées, notamment par les enfants les plus jeunes, pour leurs propriétés consolatrices, au même titre que les odeurs de personnes. Des pratiques parentales pourraient être à l'origine de ces descriptions.

Concernant les autres odeurs de l'environnement, les plus saillantes sont certainement celles que les enfants se rappellent avoir senties la veille. Il s'agit des odeurs agréables de nature, ou désagréables comme la pollution et les excréments, mais aussi d'odeurs rencontrées en intérieur comme les odeurs de cosmétiques, de parfums d'ambiance et de jouets ou accessoires odorisés destinés aux enfants.

L'échantillon étudié s'accorde pour montrer l'importance des odeurs environnementales dans certaines situations : par exemple, la plupart des enfants seraient ennuyés de ne plus sentir d'odeurs dehors, sont réactifs à l'odeur dans les voitures et réagissent négativement à l'odeur de cigarette. Néanmoins, dans certains cas les odeurs de l'environnement semblent faire l'objet de comportements olfactifs moins marqués que les odeurs sociales, puisque par exemple à peine plus de 30% des enfants rapportent garder précieusement un objet odorant ou sentir leurs affaires de classe. L'unique question faisant intervenir une comparaison avec les autres modalités sensorielles montre que, dans le contexte d'une promenade dans la nature, l'odorat revêt une importance secondaire par rapport à la vision. Ce jugement est cohérent avec la place qu'accorde l'opinion commune à l'odorat dans la sensorialité humaine. Toutefois, l'importance relative accordée aux odeurs semble très dépendante du contexte (Schifferstein, 2006) et il est possible que les réponses eussent été différentes dans un contexte d'interactions sociales, par exemple.

2.4.3. Différences interindividuelles de comportement olfactif déclaré

Le recueil des évaluations des comportements olfactifs a permis non seulement de décrire une partie de l'écologie olfactive des enfants, mais aussi de mettre en évidence d'importantes variations liées à l'âge et au genre.

DIFFERENCES LIEES A L'ÂGE

Le score total ECOLE, ainsi que les scores de cinq items augmentent avec l'âge des enfants. Ces résultats sont en accord avec de précédents travaux sur les perceptions olfactives, qui mettent en évidence une amélioration des capacités de mémoire et d'identification d'odeurs au cours du développement (Richman et al., 1995b ; Jehl & Murphy, 1998 ; Knecht, 2003).

Néanmoins, l'amélioration du score total ECOLE avec l'âge est en grande partie due au développement des capacités de fluidité verbale : dans notre étude, ces capacités augmentent entre 6 et 10 ans, s'accordant en cela avec d'autres travaux chez l'enfant (Regard et al., 1982 ; Sauzéon et al., 2004 ; Ardila et al., 2005). Le test de fluidité verbale mesure à la fois les capacités mnésiques nécessaires à la réactivation d'éléments stockés en mémoire et l'aisance à manipuler le langage : ces deux capacités sont mobilisées lors de l'entretien autour du questionnaire ECOLE, car les enfants doivent à la fois se souvenir d'éléments (olfactifs) du

quotidien et décrire verbalement les comportements et les ressentis correspondants. Chez l'adulte, les différences interindividuelles de mémoire sémantique sont associées à des différences de mémorisation des odeurs (Larsson et al., 2003). De même, dans notre étude, le nombre d'odeurs remémorées dans l'item *4-Odeurs senties hier* augmente avec l'âge et il est supérieur chez les enfants ayant une bonne fluidité verbale.

Outre la fluidité verbale, on remarque un développement des capacités analytiques des enfants entre 6 et 10 ans, qui se traduit, d'une part, par une description plus détaillée des causes sensorielles et cognitives de leurs rejets alimentaires. Cette amélioration dans la capacité à subdiviser des stimuli multimodaux en sensations distinctes a également été mise en évidence entre 2 et 9 ans par Oram et al. (1995). D'autre part, la capacité croissante à distinguer les propriétés rassurantes des odeurs de la notion moins précise de plaisir procuré illustre une progression de la compréhension et de l'aptitude à décrire des états internes entre 6 et 10 ans. Ainsi, une partie de la variabilité des scores de comportement olfactif pourrait être liée aux capacités mnésiques et analytiques des individus.

Si les capacités cognitives des enfants modulent sans aucun doute leurs réponses au questionnaire, l'expérience olfactive semble néanmoins avoir son importance. En effet, la connaissance des odeurs semble s'améliorer significativement avec l'âge, notamment en ce qui concerne l'existence d'odeurs corporelles individuelles et la connaissance des propriétés olfactives des objets (salle de bain). La période de l'enfance, propice à la découverte de l'environnement et à la socialisation, implique en effet l'acquisition progressive de nombreuses connaissances sensorielles, et en particulier olfactives.

Nous avons pu noter que les odeurs de nature, et les odeurs alimentaires comme source de consolation, semblent plus significatives à 6-7 ans qu'à 9-10 ans. Ces différences s'expliquent difficilement par des dimensions expérientielles ou cognitives. De même, les 8-10 ans citent davantage les odeurs sociales comme source de consolation : il est cependant très probable que les plus jeunes y trouvent aussi une source de réconfort, mais sans pour autant avoir été capable de le verbaliser. Ce point offre l'occasion de souligner qu'il est possible de ne pas avoir conscience de certains comportements, se produisant de façon automatique : le questionnaire ECOLE sonde uniquement quelques comportements que les participants sont capables de décrire, et ne prétend pas faire le tableau exhaustif des comportements réellement exprimés.

Pour finir, il est important de souligner que les scores des items les plus reliés à la dimension affective des odeurs ne varient pas avec l'âge (*5-Odeurs senties lors d'un chagrin*, *6-Objets odorants gardés précieusement*, *9-Odeur dans les voitures*, *11-Odeurs de la famille*, *15-Odeur du tabac*). Ce résultat suggère qu'il existe un traitement émotionnel des odeurs déjà bien établi à 6 ans, alors que les aspects plus purement cognitifs du traitement des odeurs semblent se construire progressivement.

DIFFERENCES LIEES AU GENRE

Les effets de genre obtenus dans les réponses au questionnaire ECOLE sont très présents, que ce soit sur le score total, les scores par item ou les réponses brutes (verbatim avant codage) : au total, 11 items sur 16 sont concernés. Les filles se montrent aussi plus performantes dans la tâche de fluidité verbale, ce qui est cohérent avec la littérature sur les différences sexuelles de compétences verbales (Maccoby & Jacklin, 1974 ; Hyde & Linn, 1988 ; Burton et al., 2005). Mais cet avantage ne semble pas pouvoir expliquer le fait qu'elles décrivent des comportements olfactifs clairement plus marqués que les garçons dans le questionnaire ECOLE.

Les filles semblent accorder plus d'importance que les garçons à la présence de stimulations olfactives dans l'environnement (odeur des proches, de l'extérieur, de la nature). Elles ont aussi une meilleure connaissance "analytique" de ces stimulations (odeur des proches, d'objets de la salle de bain) et disent plus souvent les rechercher (en particulier, l'odeur de soi sur les habits et le corps, l'odeur des affaires d'école). Elles montrent, en outre, une plus forte orientation vers les odeurs dans des contextes affectifs (se consoler, conserver précieusement un objet) et expriment davantage de réactions négatives à certaines odeurs environnementales (voiture, cigarette). Ces résultats sont concordants avec les données obtenues par questionnaire chez l'adulte, notamment par Herz et Inzlicht (2002), qui montrent que les femmes déclarent accorder plus d'importance que les hommes aux émanations olfactives d'un partenaire potentiel, et par Martin et al. (2001) et Nordin et al. (2004a), qui mettent en évidence de plus fortes réactions émotionnelles et une plus grande intolérance aux odeurs chez les femmes. D'autres données issues de tests psychophysiques en laboratoire, mettent en évidence les meilleures performances des femmes et des filles en matière de sensibilité olfactive (Koelega & Köster, 1974 ; Koelega, 1994c ; Kobal et al., 2001 ; Dalton et al., 2002) et de capacité à nommer les odeurs (Cain, 1982 ; Doty

et al., 1984 ; Richman et al., 1995b ; Segal et al., 1995 ; Knecht, 2003 ; Cardesin et al., 2006), et une plus forte réactivité émotionnelle aux odeurs (Doty, 1986 ; Broman & Nordin, 2000 ; Olofsson & Nordin, 2004). Dans l'ensemble, les compétences olfactives féminines semblent plus développées, ou du moins mieux exprimées, et notre étude suggère que ces différences existent dès l'âge de 6 ans.

L'origine des différences de genre mises en évidence par le questionnaire ECOLE pourraient être liées à des paramètres constitutifs s'exprimant par exemple par une plus grande sensibilité olfactive féminine, comme le suggèrent certains auteurs (Le Magnen, 1952 ; Lundström et al., 2006) : ce point sera testé dans la suite de l'étude. Par ailleurs, la dimension culturelle et éducative pourrait jouer un rôle dans la formation de ces différences entre filles et garçons. La verbalisation des perceptions olfactives, souvent liées aux affects, pourrait être favorisée chez les filles par la quantité et la qualité des échanges verbaux que les parents instaurent avec elles : durant la petite enfance, ces échanges sont plus importants (Leaper et al., 1998) et portent davantage sur les émotions (positives et négatives) avec les filles qu'avec les fils (Garner et al., 1997). De plus, les activités des enfants sont modelées très tôt, selon des rôles sexués définis par l'environnement social (la famille, le groupe de pairs, les médias) à travers les jouets, la littérature enfantine et scolaire, et l'imitation des adultes de même sexe. Plus engagées que les hommes dans des activités relationnelles et liées à l'hygiène comme le soin des enfants et les activités ménagères (Geary, 2003 ; Fuwa & Cohen, sous presse), les femmes semblent être plus concernées par le contrôle des odeurs de l'environnement et du corps (Wysocki et al., 1991). Cette tendance semble déjà marquée chez les filles (Mallet & Schaal, 1998), au moins dans les ensembles culturels étudiés à ce jour. La dimension olfactive paraît moins pertinente dans les activités masculines, généralement plus physiques et impliquant performance et compétition. Il se pourrait même que, tandis que les filles apprennent à être réactives aux odeurs, à favoriser les sources d'odeurs plaisantes et à éliminer les sources d'odeurs déplaisantes, les garçons apprennent à ne pas réagir aux odeurs déplaisantes afin de s'affirmer (affronter des événements désagréables afin de « devenir un homme »).

2.4.4. Résumé et conclusions

Ce premier volet de la recherche a permis de mettre au point le questionnaire d'Evaluation des Comportements Olfactifs de l'Enfant (ECOLE). Il constitue une **première méthode** pour évaluer l'attention et la réactivité aux odeurs dans des situations de vie quotidienne. Après plusieurs étapes de construction et une passation finale réalisées auprès d'un total de plus de trois cent participants, nous pouvons conclure que le questionnaire ECOLE est **bien accepté** par les enfants, notamment en terme de pertinence des questions et de durée d'entretien. Les qualités psychométriques se montrent également satisfaisantes : les réponses des enfants sont **répétables**, et les items mesurent une unique dimension **cohérente**, tout en **évitant la redondance**. Le questionnaire ECOLE semble être une source d'informations précises et fiables pour évaluer la sensorialité olfactive au quotidien chez les enfants français âgés de 6 à 10 ans.

Même s'ils relèguent les odeurs au second plan des informations pertinentes de leur environnement dans certains contextes, les enfants mettent clairement en évidence l'importance des **odeurs personnelles** (des proches et de soi) dans les comportements de contrôle liés à **l'hygiène** et à **l'équilibre émotionnel** (notamment à travers l'utilisation d'un objet d'attachement).

La variabilité de l'attention et de la réactivité aux odeurs s'exprime notamment à travers des **effets d'âge** et de **genre**. L'augmentation du score ECOLE entre 6 et 10 ans semble due à une amélioration des capacités **cognitives** (mémoire, langage et capacités analytiques) ainsi qu'à l'acquisition progressive d'un répertoire de connaissances olfactives du fait de **l'expérience**. En revanche, les réponses olfactives à connotation **affective** ne subissent pas l'influence de l'âge. Les **filles** déclarent une attention et une réactivité olfactives **plus marquées** que les garçons (score ECOLE), ce qui concorde avec de nombreux travaux décrivant des compétences olfactives féminines plus aiguës. L'origine de ces différences pourrait résider dans la qualité de **l'expression verbale**, ainsi que dans le modelage socioculturel des **activités spécifiques** aux genres.

La méthode du questionnaire présentant quelques limites, du fait de son caractère indirect et subjectif, un deuxième type d'approche basé sur une mise en situation en présence d'odeurs réelles est nécessaire. L'étape expérimentale suivante, mobilisant les mêmes participants, vise à mesurer l'attention et la réactivité à des odeurs présentées implicitement lors de la réalisation de diverses tâches.

3. Traitement de stimulations olfactives présentées implicitement (ETAPE 2)

3.1. Introduction

Le questionnaire ECOLE a permis de qualifier et quantifier la place accordée aux odeurs par les enfants dans leur vie quotidienne. Cette méthode verbale ayant certaines limites (discutées plus haut), les réponses issues du questionnaire ECOLE méritent d'être consolidées par un autre type d'approche. Par conséquent, dans cette seconde étape de l'étude, nous effectuerons des mesures en situation, où les enfants seront confrontés à des odorants réels. L'impact des odeurs sera évalué lors de trois tâches successives, au cours desquelles les odorants seront introduits à l'insu des enfants. Il s'agit d'une tâche de mémoire associative de paires objet-odeur (Expérience 1), d'une tâche d'évaluation hédonique d'objets (Expérience 2) et d'un test de barrage mesurant l'efficacité du traitement de l'information (Expérience 3). Les dispositifs expérimentaux de ces trois expériences sont créés spécialement pour les besoins de l'étude. Dans les faits, l'Etape 2 a été réalisée avant la passation de la version finale du questionnaire, afin d'éviter de diriger l'attention des enfants sur la modalité olfactive par un entretien préalable sur les odeurs.

Dès 5-6 ans, les enfants peuvent mémoriser des associations entre des contextes et des odeurs (Hvastja & Zanuttini, 1989 ; Epple & Herz, 1999). Nous supposons donc que dans l'Expérience 1, les enfants seront capables d'utiliser les odeurs comme indices de rappel des objets qui leur sont associés (de façon explicite ou non). Dans l'Expérience 2, nous pensons qu'un même objet recevra une note hédonique différente selon qu'il est odorisé ou inodore, comme l'ont déjà observé Barnham et Broughan (2002). Plus précisément, l'objet associé à une odeur agréable sera plus apprécié que le même objet sans odeur et l'objet associé à une odeur désagréable sera moins apprécié. Enfin, dans l'Expérience 3, nous supposons que la présence d'une odeur, agréable ou désagréable, altèrera les performances à une tâche de barrage par rapport à une condition inodore. En effet, comme chez l'adulte, la réalisation de tâches cognitives chez l'enfant est susceptible d'être affectée par la présence d'odeurs ambiantes, les odeurs à valence négative ayant des effets délétères (Epple & Herz, 1999 ; Rodionova & Minor, 2005). Dans les trois expériences, l'impact des odeurs sur la réalisation des tâches pourrait être plus marqué chez les filles et chez les enfants les plus âgés, en accord

avec les tendances observées par ailleurs en terme de capacités olfactives (Richman et al., 1995b ; Doty et al., 1984).

Par ailleurs, en fin de session nous demanderons aux enfants s'ils ont perçu une odeur ou non durant chaque expérience. Cette information a pour but d'évaluer dans quelle mesure le fait d'être conscient ou non des odeurs peut jouer un rôle dans l'impact de ces dernières. On sait en effet que les odeurs peuvent être traitées de façon implicite, peut-être même avec plus d'efficacité que dans des conditions explicites (Degel & Köster, 1999).

Pour finir, les résultats des trois expériences seront mis en relation avec les données du questionnaire ECOLE. L'hypothèse avancée porte sur le lien entre les comportements olfactifs mesurés en situation et ceux rapportés plus indirectement par les enfants dans le contexte du questionnaire. On pourrait ainsi s'attendre à ce qu'un enfant très olfactif selon le questionnaire ECOLE accorde plus d'attention aux odeurs de l'environnement. Aussi, plus un enfant est olfactif (au sens d'un score ECOLE élevé), i) plus il devrait être capable d'utiliser les odeurs comme indices de rappel et d'obtenir ainsi des réponses correctes dans l'Expérience 1, ii) plus l'écart de notation entre l'objet odorisé et l'objet inodore devrait être important dans l'Expérience 2, et iii) plus ses performances au test de barrage en présence d'une odeur devraient être modifiées par rapport à la condition témoin dans l'Expérience 3. Un meilleur score ECOLE devrait également être associé à de meilleures capacités de traitement de l'information (nombre de réponses correctes au test de barrage de l'Expérience 3, dans la condition témoin inodore) et à des préférences olfactives plus marquées (notation hédonique des odeurs, plaisantes et déplaisantes, utilisées dans les Expériences 2 et 3).

3.2. Méthode générale

3.2.1. Participants

Les sujets étaient les 215 enfants ayant aussi passé la version finale du questionnaire (Etape 1b). Dans l'Etape 2 l'étude, nous avons pu exploiter les réponses de 178 d'entre eux (âge moyen : 8.3 ± 1.3 ans), répartis en 5 groupes d'âge : 6 ans (filles/garçons : 12/13), 7 ans (21/28), 8 ans (21/24), 9 ans (21/18) et 10 ans (8/12). Nous avons écarté de l'étude un enfant ayant déclaré ne pas percevoir les odeurs lors de leur présentation explicite en fin de session, un autre

pour lequel une réponse était manquante suite à une erreur expérimentale, et deux sujets qui n'ont pas suivi les consignes et ont donné des réponses aberrantes. Les données de 33 enfants enrhumés lors de la passation n'ont pas non plus été conservées pour l'analyse des résultats. Malgré le fait que les odorants soient utilisés à des concentrations supraliminales, il s'est avéré que les performances des enfants enrhumés étaient significativement différentes de celles des autres enfants dans les tâches de mémoire associative et de notation hédonique, mais pas dans la tâche de barrage⁷. Le formulaire de consentement signé par les parents pour la passation du questionnaire était aussi valable pour la session présentée ici.

Des séances préliminaires ont été réalisées avec le même groupe de 20 sujets qui avait été recruté pour la session préliminaire du questionnaire (10 filles, 10 garçons ; âge moyen 8.2 ± 1.7 ans). Ces séances avaient pour but de mettre au point les trois tâches et d'entraîner les expérimentateurs. Leurs réponses n'ont pas été prises en compte dans l'analyse des résultats présentée ci-après.

3.2.2. Procédure

Les séances se sont déroulées entre mars et avril 2005, dans les écoles, les lundis, mardis, jeudis et vendredis. D'une durée moyenne de 30 min, elles avaient lieu dans une pièce calme où chaque enfant était reçu individuellement par une expérimentatrice. Les trois tâches principales étaient proposées dans l'ordre suivant, fixé pour tous les enfants : 1) le test de mémoire associative, 2) la tâche de notation hédonique et 3) le test de barrage. Le test de mémoire a été placé en premier pour éviter la fatigue de la fin de session, car il mobilisait fortement les ressources attentionnelles et mnésiques. Les odorants se diffusant dans la pièce lors du test de barrage, celui-ci a été effectué en dernier afin d'éviter que des stimulations olfactives subsistent pendant la réalisation des autres tâches.

Les participants n'étaient pas informés de la présence d'odeurs, et s'ils posaient des questions à ce sujet, l'expérimentatrice feignait de ne pas en être informée. La salle d'expérience était soigneusement ventilée entre deux séances, et l'intervalle entre deux stimulations olfactives était d'au moins 30 s afin de limiter les effets d'adaptation.

⁷ Par rapport aux autres participants, les enfants enrhumés ont eu tendance à donner moins de réponses correctes ($t_{209} = 1.83, p = .068$) et ont moins utilisé les odeurs ($t_{209} = 2.44, p < .05$) dans la tâche de mémoire associative (Expérience 1). Ils ont également moins diminué la note hédonique attribuée à l'objet en présence de l'odeur déplaisante ($t_{209} = 2.26, p < .05$) dans l'Expérience 2 et ont donné des notes hédoniques plus élevées à l'acide isovalérique ($t_{204} = 1.88, p = .061$).

Tous les odorants étaient dilués dans l'huile minérale (Sigma-Aldrich), à un niveau de concentration supraliminaire. Un travail d'égalisation en intensité perçue a été effectué pour les odorants de chacune des trois tâches. La procédure, présentée dans l'Annexe E, a été appliquée par un minimum de 6 juges adultes et indépendants.

Une fois les trois tâches effectuées, on demandait aux participants s'ils avaient ou non perçu quelque chose dans chacune des trois tâches, les deux formulations « senti quelque chose » et « rien senti » étant proposées dans un ordre aléatoire. Cette question avait pour but de déterminer si l'enfant était conscient ou non des odeurs pendant chaque test. La notion de conscience désigne ici l'état mental permettant à l'enfant ayant perçu de savoir qu'il a perçu (Tiberghien, 2002) et de pouvoir en faire un compte-rendu verbal⁸.

Enfin, les enfants devaient donner, sur une échelle en 7 points (Figure 24a), une **évaluation hédonique des odeurs** a priori plaisantes et déplaisantes utilisées dans les Expériences 2 et 3, présentées en flacons à la même concentration que pendant les expériences. Les notes de 5 enfants n'ont pas pu être prises en compte du fait d'une erreur expérimentale : les analyses impliquant cette variable sont donc effectuées sur 173 sujets.

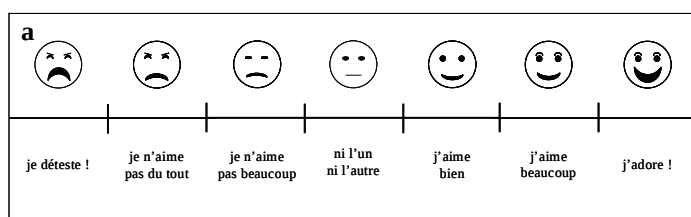


Figure 24 (a) Echelle hédonique en 7 points utilisée pour l'évaluation des odeurs en fin de session, et (b) pour l'évaluation des jouets lors de l'Expérience 2.

⁸ Cette forme de conscience, aussi appelée *noétique* (Tulving, 1985) ou *conscious awareness* en anglais (Dudai, 2002), permet à l'individu de détecter des événements et d'effectuer sur eux des opérations cognitives. Les psychologues ont défini d'autres formes de conscience, telles que la conscience-éveil (*awareness*, ou conscience *anoétique*) qui permet à l'individu d'enregistrer des informations auxquelles il répond de façon automatique, et dont il n'est pas capable de rendre compte verbalement. Enfin, la conscience de soi (conscience *autonoétique*), sorte d'auto-observation, consiste à connaître ses propres processus mentaux.

3.3. Expérience 1 - Mémoire associative de paires objet-odeur

Cette première expérience teste la capacité des enfants à mémoriser des associations objet-odeur, alors que leur attention n'est pas explicitement attirée vers la dimension olfactive des objets.

3.3.1. Matériel et méthode

MATERIEL

Pour cette tâche, deux jeux de douze boîtes identiques en polypropylène ont été utilisés, contenant 12 jouets différents (petits animaux en peluche ou en plastique) odorisés avec 12 odorants différents. La stimulation olfactive (1 ml de solution odorante) était diffusée par un carré de papier absorbant (PowerSorb™, 3M) de 4 x 4 cm, dissimulé à la vue de l'enfant (Figure 25).

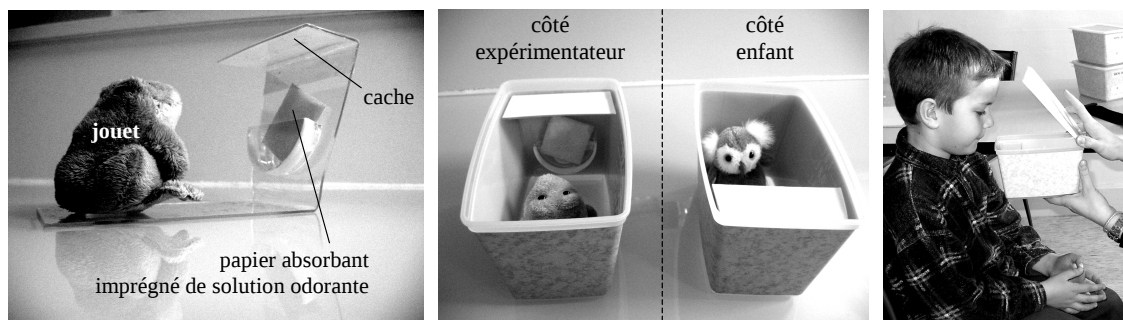


Figure 25 Principe de présentation des objets, odorisés à l'aide d'un dispositif invisible pour l'enfant.



Figure 26 Renouvellement quotidien des stimulations odorantes, par application des différentes solutions (préalablement homogénéisées au Vortex) sur les papiers absorbants, à l'aide d'une pipette.

Les papiers odorants étaient remplacés tous les matins avant l'expérience (Figure 26). Notons à ce propos qu'aucune différence dans les scores de rappel des objets et d'utilisation des odeurs (cf. plus loin, paragraphe « Variables calculées ») n'est apparue entre le matin et l'après-midi ($p_s > .46$, tests-t). Les odorants, huiles essentielles ou arômes, étaient fruités, floraux, végétaux ou épicés (Tableau 5).

Tableau 5 Liste des odorants utilisés dans les trois expériences, précisant le fabricant, la dilution, et les objets associés (le contre-balancement des associations objets-odeurs figure dans l'Annexe F).

Expériences / Objets	Odorant 1			Odorant 2		
	Nom	Fabricant	Dilution	Nom	Fabricant	Dilution
1 - Mémoire associative						
Paire 1 (cochon/vache)	Nectarine	<i>Firmenich</i>	5.10^{-4}	Eucalyptus	<i>Naturland LHS</i>	9.10^{-4}
Paire 2 (tortue/oie)	Lavande	<i>Phyto-Est</i>	3.10^{-4}	Framboise	<i>Firmenich</i>	4.10^{-4}
Paire 3 (hibou/grenouille)	Ananas	<i>Firmenich</i>	2.10^{-4}	Pin	<i>Phyto-Est</i>	6.10^{-4}
Paire 4 (perroquet/chèvre)	Anis	<i>Pharmacie</i>	7.10^{-4}	Pomme	<i>Firmenich</i>	2.10^{-4}
Paire 5 (chat/singe)	Cannelle	<i>Phytosun'Aroms</i>	10^{-4}	Pamplemousse	<i>Firmenich</i>	7.10^{-4}
Paire 6 (panda/tigre)	Muguet	<i>Firmenich</i>	3.10^{-4}	Mangue	<i>Firmenich</i>	4.10^{-4}
2 - Notation hédonique	Fraise	<i>Firmenich</i>	2.10^{-4}	Acide isovalérique	<i>Sigma-Aldrich</i>	10^{-5}
3 - Test de barrage	Alcool phényl-éthylque	<i>Sigma-Aldrich</i>	pur	Acide butyrique	<i>Sigma-Aldrich</i>	4.10^{-3}

PROCEDURE

La tâche se décomposait en deux phases. Une première phase (apprentissage) consistait à présenter visuellement et successivement le contenu de 2 boîtes. L'enfant devait regarder attentivement chaque jouet. Les boîtes étaient entrouvertes à environ 5 cm des narines de l'enfant (Figure 25), pendant une durée permettant à l'enfant de réaliser trois cycles respiratoires. La plupart du temps, les enfants dénommaient spontanément le jouet à haute voix. Dans le cas contraire, l'expérimentatrice le faisait.

Immédiatement après avoir refermé la seconde boîte, un bandeau était apposé sur les yeux de l'enfant marquant ainsi le début de la seconde phase de l'expérience (rappel). Elle consistait à présenter à l'enfant une des deux boîtes, de la même façon que précédemment. L'enfant devait deviner lequel des deux jouets se trouvait dans la boîte. Les informations visuelles et tactiles n'étaient pas disponibles et l'expérimentatrice veillait à éviter de donner tout indice auditif en manipulant les boîtes. Les odeurs étaient donc les seuls indices utilisables permettant la récupération du nom de l'objet qui lui était associé. Par ailleurs, l'enfant devait dire comment il avait procédé pour deviner. Ses réponses libres étaient notées comme appartenant à la catégorie « au hasard », « ne sait pas », « grâce à l'odeur » ou « autre ».

L'ensemble de cette procédure était répété pour chacune des 6 paires de jouets odorisés, avec au minimum 30 sec d'attente avant de commencer une nouvelle paire (Tableau 5). Le choix de l'objet présenté dans la phase de rappel ainsi que l'ordre de présentation des éléments de chaque paire et des paires elles-mêmes dans la phase d'apprentissage étaient aléatoires, tout comme les associations objet-odeur au sein d'une paire ce qui justifie la préparation de deux jeux de boîtes (l'Annexe F présente le protocole de contre-balancement).

VARIABLES CALCULEES

Deux scores ont été calculés : un **score de rappel des objets** qui est le nombre de réponses correctes et un **score d'utilisation des odeurs**, tous deux variant entre 0 et 6. Le dernier score représente le moment à partir duquel l'enfant disait avoir trouvé la réponse « grâce à l'odeur » : 6 points ont été attribués quand l'enfant utilisait les odeurs dès la première paire, 5 points à partir de la deuxième, et ainsi de suite jusqu'à 0 point pour l'absence d'utilisation des odeurs.

Les enfants ont été catégorisés en '**conscients**' ou '**non conscients**' des odeurs, selon qu'ils déclaraient avoir perçu ou non une odeur pendant la tâche, lorsque l'expérimentateur leur posait la question à la fin de la session.

3.3.2. Résultats

ANALYSES PREALABLES

Effets expérimentatrice et heure de passation. Plusieurs tests-t et un test de χ^2 ont permis de montrer l'absence d'effet expérimentatrice respectivement sur les scores de rappel des objets et d'utilisation des odeurs, et sur la variable conscience des odeurs. L'heure de passation (9, 10, 11, 14, 15 et 16 h) n'influence pas non plus les trois variables (ANOVA). Les résultats de ces tests statistiques sont présentés en Annexe D.

Effets d'ordre. Entre la première et la dernière paire d'objets présentées, les scores de rappel des objets et d'utilisation des odeurs s'améliorent significativement ($\chi^2 = 12.77$, $p < .05$ et $\chi^2 = 26.95$, $p < .001$ respectivement), notamment entre la première et la seconde paire (Figure 27). Ce résultat reflète une prise de conscience, non seulement des odeurs, mais aussi de l'utilité possible de ces indices dans la recherche d'une réponse correcte.

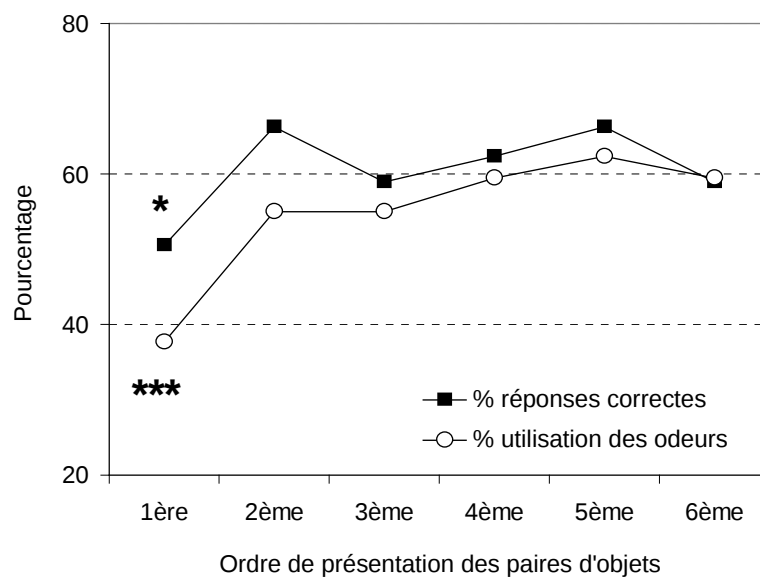


Figure 27 Variation du pourcentage de réponses correctes et d'utilisation des odeurs au cours de l'épreuve (*Chi-deux*).

Effets objet et odeur. Le nombre de réponses correctes et d'utilisation des odeurs ne varie pas selon la nature de la paire d'objet présentée, d'après des tests de Chi-deux. Plus précisément, les douze objets ne diffèrent pas en terme de nombre de réponses correctes ou d'utilisation des odeurs (*Chi-deux*). Les douze odorants ne diffèrent pas non plus sur leur degré d'utilisation, mais ils ne sont pas tous associés au même nombre de réponses correctes ($\chi^2 = 26.55, p < .01$) : les odeurs de cannelle et de muguet sont associées aux plus faibles pourcentages de réponses correctes, tandis que celle de nectarine est associée au meilleur pourcentage (Figure 28).

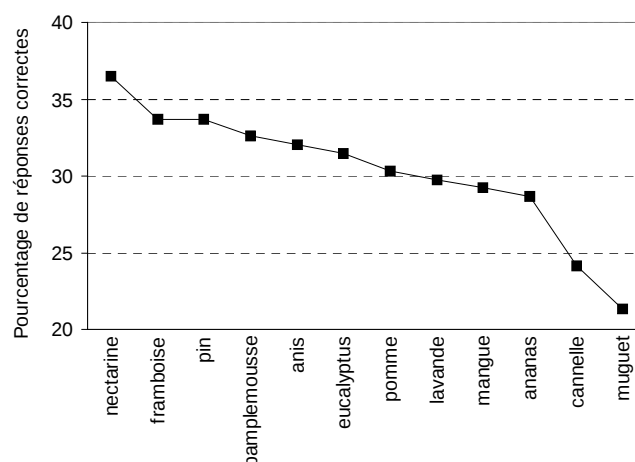


Figure 28 Pourcentage de réponses correctes associé aux odeurs présentes dans la phase de rappel.

SCORE DE RAPPEL DES OBJETS

Le score de rappel des objets par enfant est en moyenne de 3.6 ± 1.2 sur 6, ce qui est significativement supérieur au niveau de réponse aléatoire égal à 3 (test-t de comparaison à un standard : $t_{177} = 7.14$, $p < .001$). Le score de rappel est supérieur au hasard pour les filles comme pour les garçons ($p < .001$) et pour les différents groupes d'âge ($p < .05$), excepté pour les enfants de 6 ans qui répondent au hasard ($t_{24} = 1.37$, $p = .183$). Une ANOVA montre qu'il n'y a aucun effet de l'âge (Figure 29), du genre ou d'interaction âge x genre sur le score de rappel des objets ($p > .20$).

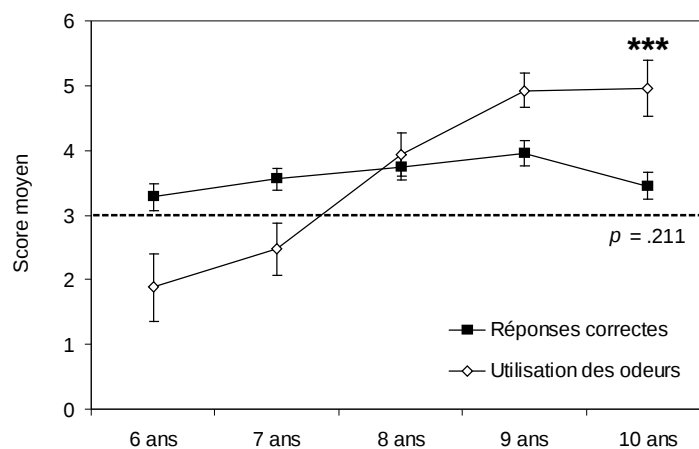


Figure 29 Variation du score de rappel des objets et du score d'utilisation des odeurs (moyenne $\pm$ erreur-type) en fonction de l'âge (ANOVA).

SCORE D'UTILISATION DES ODEURS

Le score moyen d'utilisation des odeurs est de 3.6 ± 2.6 sur 6, ce qui signifie qu'en moyenne, les enfants commencent à utiliser les odeurs entre la 2^{ème} et la 3^{ème} paire présentée. Cette valeur est significativement supérieure à zéro sur l'ensemble du groupe ($t_{177} = 18.39$, $p < .001$), mais aussi chez les filles et les garçons séparément ($p < .001$) et dans tous les groupes d'âge ($p < .01$). Une ANOVA confirme que le score d'utilisation des odeurs dans cette tâche augmente significativement avec l'âge⁹ (de 1.9 ± 2.6 à 5.0 ± 1.9 entre 6 et 10 ans, $F_{4,168} = 11.03$, $p < .001$; Figure 29). En revanche, aucun effet principal du genre et aucune interaction âge x genre ne sont significatifs concernant le score d'utilisation des odeurs.

⁹ Cet effet demeure significatif lorsqu'une ANCOVA est réalisée avec la fluidité verbale en covariable ($F_{4,167} = 5.29$, $p < .001$) ou avec l'efficacité du traitement de l'information en covariable, c'est-à-dire le nombre de réponses correctes au test de barrage de l'Expérience 3 dans la condition témoin ($F_{4,167} = 6.15$, $p < .001$).

LIEN ENTRE SCORE DE RAPPEL DES OBJETS ET SCORE D'UTILISATION DES ODEURS

Les scores de rappel des objets et d'utilisation des odeurs sont modérément corrélés ($r = .26$, $p < .001$, et $r = .24$, $p < .01$ avec la covariable âge). Cette corrélation est comprise entre .21 et .32 pour les différents groupes d'âge, sauf pour les 9 ans ($r = .08$). Elle est plus élevée chez les filles ($r = .37$, $p < .001$) que chez les garçons ($r = .18$, $p = .083$).

CONSCIENCE DES ODEURS

La quasi-totalité des participants (98%) a déclaré avoir perçu une odeur pendant cette tâche, et est par conséquent classée dans le groupe des enfants dits conscients. Du fait que seulement trois enfants (2 filles, 1 garçon) n'étaient pas conscients des odeurs, aucune analyse statistique ne peut être réalisée pour comparer les performances des groupes conscient et non conscient. Cependant, on peut noter que les enfants du groupe non conscient sont particulièrement jeunes par rapport aux enfants du groupe conscient (6.7 ± 0.5 vs. 8.4 ± 1.2 ans). Notons aussi que 29% des participants, classés dans le groupe conscient, n'ont pourtant déclaré avoir utilisé les odeurs à aucun moment *pendant le test* (score d'utilisation des odeurs = 0). Ces enfants sont plus jeunes que les enfants ayant un score d'utilisation des odeurs supérieur à zéro (7.6 ± 1.1 vs. 8.7 ± 1.2 ans, $t_{173} = 5.83$, $p < .001$), et ils ont un score inférieur de rappel des objets (3.1 ± 1.0 vs. 3.8 ± 1.2 , $t_{173} = 3.74$, $p < .001$).

En résumé, tandis que le score de rappel des objets reste modeste et n'évolue pas avec l'âge, le score d'utilisation des indices olfactifs s'améliore, en particulier entre 7 et 8 ans. La corrélation entre ces deux variables est modérée, et plus élevée chez les filles. La quasi-totalité des enfants déclare avoir perçu des odeurs pendant la tâche. Parmi eux, un pourcentage notable n'a pas déclaré avoir utilisé les odeurs pendant la tâche, et a de plus faibles scores de rappel des objets.

3.4. Expérience 2 - Evaluation hédonique d'objets odorisés

Cette expérience de présentation implicite d'odeurs a pour objectif de déterminer dans quelle mesure l'appréciation d'un objet significatif pour l'enfant (jouet) peut être modulée par ses propriétés olfactives.

3.4.1. Matériel et méthode

MATERIEL

Basé sur le même principe que la précédente tâche de mémoire associative, l'exercice consistait ici à présenter trois boîtes contenant un jouet identique. Chaque jouet était associé à une odeur plaisante (fraise, Firmenich), déplaisante (acide isovalérique, Sigma-Aldrich : odeur de transpiration ou de fromage rance) ou à un stimulus témoin (huile minérale, Sigma-Aldrich). La concentration des odorants est précisée dans le Tableau 5 (p. 110). Les stimulations odorantes étaient renouvelées tous les matins. Afin de limiter les effets de lassitude, deux jouets (un ours et un lapin) ont été présentés alternativement. Un total de six stimulations (2 jouets x 3 conditions odorantes) a donc été présenté aux enfants.

PROCEDURE

Les boîtes étaient entrouvertes successivement devant le visage de l'enfant, avec la même procédure que dans l'Expérience 1. Les enfants devaient regarder attentivement le jouet et donner une appréciation de celui-ci sur l'échelle hédonique en 7 points (Figure 24b, p. 108) allant de « je déteste » (1) à « j'adore » (7). Préalablement, une vérification de l'utilisation correcte de l'échelle a été réalisée avec chaque enfant à l'aide de photos d'animaux a priori plaisants, neutres et déplaisants (images sélectionnées spécifiquement pour les besoins de l'étude). L'ordre de présentation des deux jouets et celui des conditions odorantes étaient contre-balançés (Annexe F). La condition témoin était toujours présentée en premier, afin qu'elle ne soit pas biaisée par la présence de résidus odorants.

VARIABLES CALCULEES

Les variables analysées dans cette tâche sont les différences de notation hédonique du jouet entre chacune des deux conditions odorantes et la condition témoin. Ainsi, quatre scores, appelés **scores de variation hédonique**, ont été attribués à chaque sujet (2 jouets x 2 odeurs plaisante/déplaisante).

Comme dans l'Expérience 1, les enfants ont été catégorisés en '**conscients**' ou '**non conscients**' des odeurs, selon qu'ils déclaraient avoir perçu ou non une odeur pendant la tâche, lorsque l'expérimentateur leur posait la question à la fin de la session.

3.4.2. Résultats

ANALYSES PREALABLES

Effets expérimentatrice et heure de passation. Plusieurs tests du t et un test du χ^2 ont permis de montrer l'absence d'effet expérimentatrice respectivement sur trois des scores de variation hédonique et sur la variable conscience des odeurs. Un effet marginal a été obtenu pour le score de variation hédonique de l'ours dans la condition odeur déplaisante (Expérimentatrice 1 : $-.96 \pm 1.47$, Expérimentatrice 2 : $-.58 \pm 1.36$, $t_{176} = 1.71$, $p = .089$). L'heure de passation (9, 10, 11, 14, 15 et 16 h) n'a pas d'effet significatif sur ces cinq variables (ANOVA). Les résultats de ces tests statistiques sont présentés dans l'Annexe D.

Évaluation hédonique des odeurs. Les valences a priori plaisante et déplaisante des stimuli olfactifs sont confirmées par les notes hédoniques des enfants en fin de session (fraise : 6.5 ± 0.9 ; acide isovalérique : 2.2 ± 1.4). Certains enfants ont toutefois donné des notes hédoniques inattendues, inférieures à 4 pour la fraise ($n = 2$), et supérieures à 4 pour l'acide isovalérique ($n = 12$). L'existence d'une anosmie spécifique pour ce dernier odorant, touchant en moyenne 3% de la population (Amoore, 1991), pourrait expliquer ces notes inattendues. Ces réponses hédoniques atypiques s'étant avérées être source de biais dans les analyses corrélationnelles effectuées par la suite, elles ont été écartées, ramenant à partir de ce point à $n = 171$ et $n = 161$ le nombre de réponses prises en compte respectivement pour la fraise et l'acide isovalérique. Deux ANOVAs examinant l'effet de l'âge, du genre et de leur interaction sur les notes hédoniques des deux odeurs indiquent seulement un effet marginal de l'âge sur la notation hédonique de la fraise, qui diminue entre 6 et 10 ans ($F_{4,161} = 2.00$, $p = .096$).

Description des évaluations hédoniques brutes des objets. Les effets des facteurs âge, genre, ordre de présentation des objets (1, 2, 3) et objet (ours, lapin) sur l'évaluation hédonique brute des objets ont été analysés par une ANOVA. Les résultats montrent que les filles donnent aux jouets des notes hédoniques plus élevées que les garçons (5.7 ± 1.2 vs. 5.2 ± 1.5 , $F_{1,168} = 14.51$, $p < .001$), et que la note hédonique attribuée aux objets diminue avec l'âge (de 6.0 ± 1.3 à 4.9 ± 1.4 entre

6 et 10 ans, $F_{4,168} = 5.35$, $p < .001$). Enfin, l'ordre de présentation a un effet sur la note hédonique ($F_{2,336} = 9.39$, $p < .001$), mais celui-ci est dû uniquement au premier objet présenté (sans odeur, noté 5.7 ± 1.1 en moyenne) dont la note hédonique est plus élevée que celle des objets odorisés présentés en seconde et en troisième position. Ces deux derniers obtiennent des notes qui ne diffèrent pas l'une de l'autre (test de Duncan à $\alpha = .05$: 5.3 ± 1.4 et 5.3 ± 1.6 , respectivement).

SCORE DE VARIATION HEDONIQUE

Une ANOVA a été réalisée sur le score de variation hédonique, avec l'âge et le genre comme facteurs inter-sujets, et l'objet (ours, lapin) ainsi que l'odeur (plaisante, déplaisante) comme facteurs intra-sujets. Cette analyse ne révèle aucun effet significatif de l'âge ou du genre, ni de la nature de l'objet, sur la variation de note hédonique. En revanche, un effet significatif de l'odeur apparaît ($F_{1,168} = 32.52$, $p < .001$), du fait que le score de variation hédonique est quasiment nul dans la condition odeur plaisante ($-.05 \pm .82$), alors qu'il est négatif dans la condition odeur déplaisante ($-.70 \pm 1.28$).

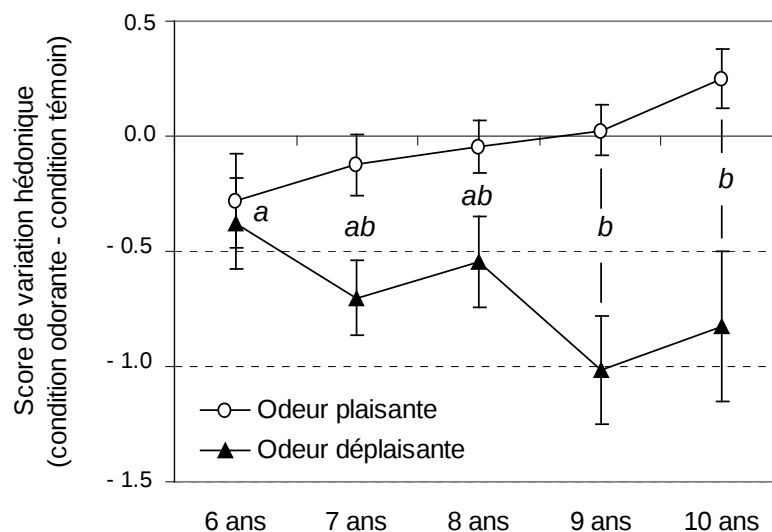


Figure 30 Evolution des scores de variation hédonique (*moyenne ± erreur-type*) dans les conditions odeur plaisante et odeur déplaisante en fonction de l'âge. Chaque lettre représente un groupe significativement différent des autres, selon le test de Duncan effectué sur l'écart entre les deux conditions odorantes ($\alpha = .05$).

Par ailleurs, l'interaction entre l'âge et l'odeur est significative ($F_{4,168} = 2.45$, $p < .05$). En effet, la différence des scores entre les deux conditions odorantes semble se creuser avec l'âge (Figure 30), ce qui est confirmé par une ANOVA effectuée sur l'écart de score entre les deux conditions odorantes ($F_{4,173} = 2.70$, $p < .05$) et un test de Duncan ($\alpha = .05$). A 6 ans, le score de variation hédonique

est légèrement négatif, quelle que soit la condition odorante. Après 6 ans, le score de variation hédonique dans la condition odeur plaisante augmente progressivement avec l'âge jusqu'à devenir positif à partir de 9 ans. En revanche, il diminue progressivement avec l'âge dans la condition odeur déplaisante¹⁰. Notons qu'une interaction marginale odeur x objet ($F_{1,168} = 3.00, p = .085$) est due au fait que le score de variation hédonique est légèrement positif pour le lapin et légèrement négatif pour l'ours dans la condition odeur plaisante, alors qu'il n'y a pas de différence entre les deux objets dans la condition odeur déplaisante.

LIENS ENTRE SCORE DE VARIATION HEDONIQUE ET EVALUATION HEDONIQUE DES ODEURS

Les scores de variation hédonique de l'ours et du lapin sont moyennés pour la suite des analyses, du fait de l'absence d'effet principal de la nature de l'objet. La corrélation entre le score de variation hédonique pour les objets et la note hédonique attribuée à l'odeur correspondante est de $r = -.04$ pour la condition odeur plaisante ($p = .678, n = 171$), et de $r = .18$ pour la condition odeur déplaisante ($p < .05, n = 161$).

CONSCIENCE DES ODEURS

Caractérisation des groupes. Quatre vingt six pour cent des participants ayant déclaré en fin de session avoir senti quelque chose pendant l'exercice ont été classés dans le groupe conscient des odeurs. Dans cette expérience, les groupes d'enfants conscients ($n = 153$) et non conscients des odeurs ($n = 25$) ne se différencient ni par l'âge ($t_{176} = 1.27, p = .206$), ni par le genre ($\chi^2 = .02, p = .882$).

Différences de performances. Des ANOVAs avec le facteur inter-sujets âge et le facteur intra-sujet odeur ont été réalisées sur les scores de variation hédonique séparément pour les enfants conscients et non conscients des odeurs. L'effet principal de l'odeur et l'interaction âge x odeur sont significatifs et identiques à ceux obtenus dans la population totale pour le groupe des enfants conscients uniquement (odeur : $F_{1,148} = 44.28, p < .001$, âge x odeur : $F_{4,148} = 2.62, p < .05$). Aucun effet significatif n'est révélé dans le groupe des enfants non conscients (Figure 31). Concernant les notes hédoniques attribuées aux odeurs, aucune différence n'apparaît entre les deux groupes, que ce soit pour la fraise ou pour l'acide isovalérique (tests-t).

¹⁰ Notons ici que l'écart entre les conditions plaisante et déplaisante, qui augmente avec l'âge ($F_{4,168} = 2.45, p < .05$), n'augmente plus si on contrôle dans une ANCOVA la variabilité liée à la fluidité verbale ($p = .344$) ou à l'efficacité du traitement de l'information (nombre de réponses correctes au test de barrage de l'Expérience 3 dans la condition témoin) ($p = .317$).

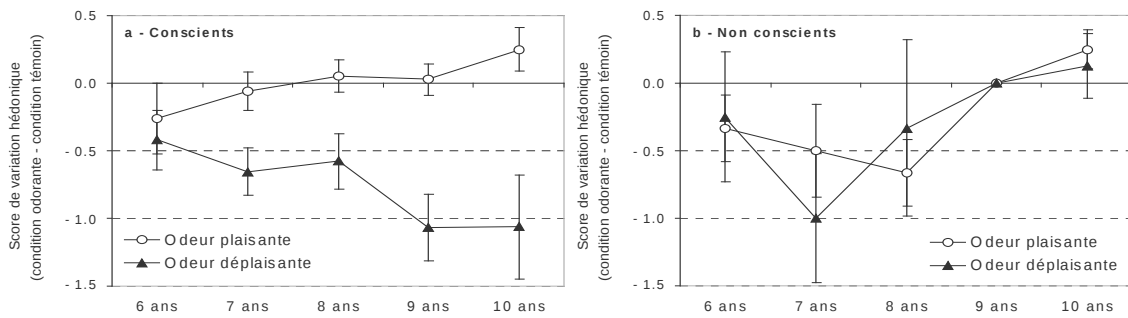


Figure 31 Evolution des scores de variation hédonique (*moyenne $\pm$ erreur-type*) dans les conditions odeur plaisante et odeur déplaisante en fonction de l'âge, chez les enfants qui se déclarent (a) conscients ($n = 153$) et (b) non conscients des odeurs ($n = 25$).

En résumé, l'analyse des variations d'évaluation hédonique d'un objet odorisé par rapport au même objet inodore montre que les enfants déprécient l'objet malodorant mais ne modifient pas leur jugement de l'objet parfumé agréablement. L'amplitude de variation de l'appréciation de l'objet malodorant est modérément corrélée à la note hédonique attribuée à l'odeur correspondante. L'impact des odeurs plaisante et déplaisante sur l'évaluation hédonique des objets, inexistant à 6 ans, s'amplifie jusqu'à 10 ans. Une majorité d'enfants a déclaré avoir perçu des odeurs dans cette expérience : seuls ces enfants sont affectés différenciellement par les odeurs plaisante et déplaisante dans leur évaluation hédonique des objets.

3.5. Expérience 3 - Tâche de barrage

Cette expérience a pour objectif de déterminer si la valence hédonique d'une odeur ambiante peut moduler les performances des enfants à une tâche de barrage, choisie parce qu'elle nécessite une forte mobilisation attentionnelle et de bonnes capacités de traitement de l'information.

3.5.1. Matériel et méthode

MATERIEL

Le test de barrage, créé pour les besoins de la présente étude, se composait de fiches-test composées de 240 symboles parmi lesquels apparaissaient un symbole cible (étoile) répété aléatoirement et douze distracteurs similaires. Le symbole cible apparaissait en moyenne tous les 6 symboles. Quatre fiches où les symboles

étaient distribués selon un ordre différent (Annexe G) étaient utilisées dans les quatre étapes de la tâche (familiarisation et 3 essais).

Séparément, un morceau de papier pour cartes à parfum (gracieusement fourni par Granger-Veyron, Lyas) de 6 x 3 cm, sur lequel figurait le symbole cible, était placé face à l'enfant sur un dispositif à hauteur réglable dont l'objectif était de diffuser les stimulations odorantes sous son nez (Figure 32). Trois papiers présentant le même symbole cible étaient imprégnés d'un odorant de qualité plaisante (alcool phényl-éthylque, Sigma-Aldrich : odeur florale, proche de la rose), d'un odorant de qualité déplaisante (acide butyrique, Sigma-Aldrich : odeur de lait fermenté) ou d'un stimulus témoin (huile minérale). La concentration des odorants est précisée dans le Tableau 5 (p. 110). Les stimulations odorantes étaient renouvelées avant chaque passation, conservées dans des flacons en verre jusqu'au moment du test, et présentées successivement aux enfants dans les trois essais.

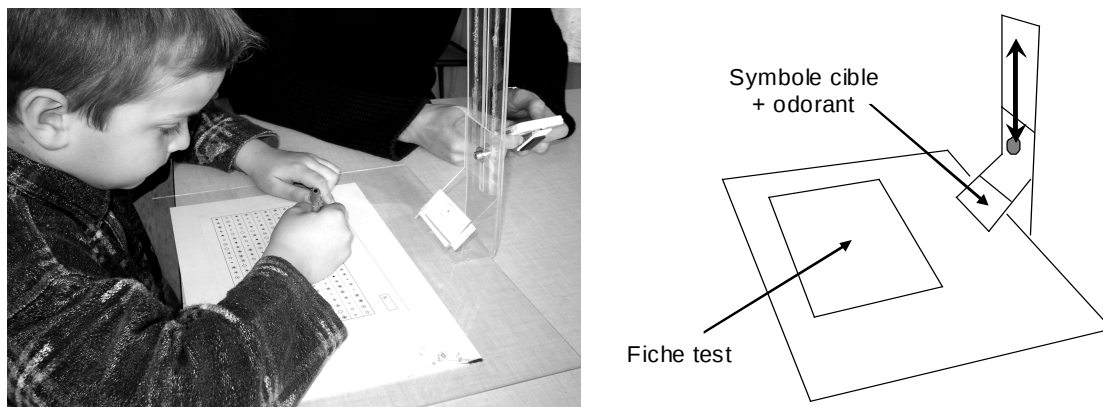


Figure 32 Dispositif permettant de régler la hauteur de la stimulation olfactive lors du test de barrage.

PROCEDURE

Le principe du test de barrage a été défini par Zazzo (1969) : « Le test de barrage consiste à discriminer le plus rapidement possible et à barrer certains signes mêlés à d'autres signes parmi lesquels ils peuvent être aisément confondus ». Le temps imposé pour chaque essai était de 30 secondes. Une première phase de familiarisation consistait en une démonstration par l'expérimentatrice et un entraînement de l'enfant. Dans une seconde phase, les enfants ont effectué trois essais successifs : le premier dans la condition témoin (sans odeur) et les deux suivants dans les conditions odeur plaisante et déplaisante contre-balancées (Annexe F). A nouveau, la condition témoin était toujours présentée en premier pour éviter qu'elle soit altérée par de précédentes stimulations olfactives.

VARIABLES CALCULEES

Dans un premier temps, les performances au test de barrage ont été calculées, selon les procédures définies par Zazzo (1969). La première performance est le *nombre de réponses correctes*, c'est-à-dire le nombre de symboles cibles correctement barrés. La seconde est la *vitesse d'exécution*, à savoir le nombre de symboles parcourus en 30 s. Enfin, les omissions (nombre de cibles manquées) et les erreurs (nombre de distracteurs barrés à tort) ont été rassemblées en une variable nommée *inexactitudes*, calculée selon la formule suivante :

$$Inexactitudes = \frac{(n_{erreurs} + n_{omissions})}{(n_{erreurs} + n_{rép.correctes.théoriques})}$$

Dans un second temps, nous avons calculé les **scores de variation** des performances (**réponses correctes**, **vitesse d'exécution** et **inexactitudes**) entre chacune des conditions odorantes et la condition témoin. Au total, six scores ont donc été attribués à chaque sujet (3 scores de variation de performance x 2 odeurs plaisante/déplaisante).

Comme dans les deux expériences précédentes, les enfants ont été répartis en deux groupes, '**conscients**' ou '**non conscients**' des odeurs, selon qu'ils déclaraient avoir détecté ou non une odeur pendant la tâche, lorsque l'expérimentateur leur posait la question à la fin de la session.

Enfin, le nombre de réponses correctes au test de barrage dans la condition témoin est utilisé comme mesure de l'efficacité du traitement de l'information.

3.5.2. Résultats

ANALYSES PREALABLES

Effets expérimentatrice et heure de passation. Plusieurs tests-t et un test du χ^2 ont confirmé l'absence d'effet expérimentatrice respectivement sur les six scores de variation de performance et sur la variable conscience des odeurs. Notons également l'absence d'effet de l'heure de passation (9, 10, 11, 14, 15 et 16 h) sur ces sept variables, selon une ANOVA. Les résultats statistiques de ces tests sont présentés en Annexe D.

Evaluation hédonique des odeurs. La notation hédonique des odeurs, effectuée en fin de session par les enfants, révèle que l'acide butyrique est effectivement noté comme étant déplaisant (2.4 ± 1.5). Treize enfants ont toutefois donné à cette odeur des notes hédoniques supérieures à 4 (résultant peut-être d'une anosmie spécifique pour cet odorant ; Amoore, 1991) : ces réponses atypiques s'étant avérées être une source de biais dans les analyses corrélationnelles effectuées par la suite, elles ont été écartées, ramenant à partir de ce point à $n = 160$ le nombre de réponses prises en compte pour l'acide butyrique. L'alcool phényl-éthylique obtient une note hédonique moyenne proche de la neutralité plutôt que plaisante (4.4 ± 1.7), du fait de la forte hétérogénéité des réponses (64 sujets donnent des notes inférieures à 4 et 109 sujets donnent des notes supérieures ou égales à 4). La forte intensité de l'odorant, qui est présenté pur, pourrait expliquer qu'un grand nombre d'enfants l'ait jugé déplaisant. On peut supposer, toutefois, que la stimulation a été plus agréable pendant la tâche de barrage où l'odorant était placé à plus grande distance des narines de l'enfant. Deux ANOVAs montrent que les notes hédoniques attribuées aux deux odeurs ne varient pas significativement en fonction de l'âge, du genre ou de l'interaction âge x genre.

Description des performances brutes au test de barrage. L'impact des facteurs âge, genre et ordre des essais (1, 2, 3) sur les réponses correctes, la vitesse d'exécution et les inexactitudes a été analysé à l'aide d'ANOVAs. D'une part, les performances s'améliorent entre 6 et 10 ans, c'est-à-dire que les réponses correctes et la vitesse de réalisation de la tâche augmentent ($F_{4,168} = 23.01$, $p < .001$ et $F_{4,168} = 21.08$, $p < .001$ respectivement) et que le nombre d'inexactitudes diminue ($F_{4,168} = 3.76$, $p < .01$). D'autre part, un effet significatif de l'ordre des essais indique une amélioration des performances au fil du test (réponses correctes : $F_{2,336} = 46.56$, $p < .001$; vitesse : $F_{2,336} = 41.49$, $p < .001$; inexactitudes : $F_{2,336} = 7.07$, $p < .001$). Aucun effet du genre ni aucune interaction ne sont significatifs.

SCORES DE VARIATION DES PERFORMANCES

Des ANOVAs avec les facteurs âge et genre comme facteurs inter-sujets et la condition odorante comme facteur intra-sujet ont été réalisées sur chacun des scores de variation des réponses correctes, de la vitesse d'exécution et des inexactitudes. Les facteurs âge, genre et odeur n'ont aucun effet significatif ni aucune interaction sur les scores de variation des réponses correctes ($ps > .385$) et de la vitesse ($ps > .119$). Aucun effet non plus n'est obtenu pour le score de variation des inexactitudes ($ps > .205$), excepté une interaction tendancielle entre

le genre et la condition odorante ($F_{1,168} = 2.95, p = .088$). Cette interaction traduit le fait que les garçons ont le même score dans les deux conditions odorantes alors que pour les filles, la variation est moins forte dans la condition odeur déplaisante que dans la condition odeur plaisante (Figure 33).

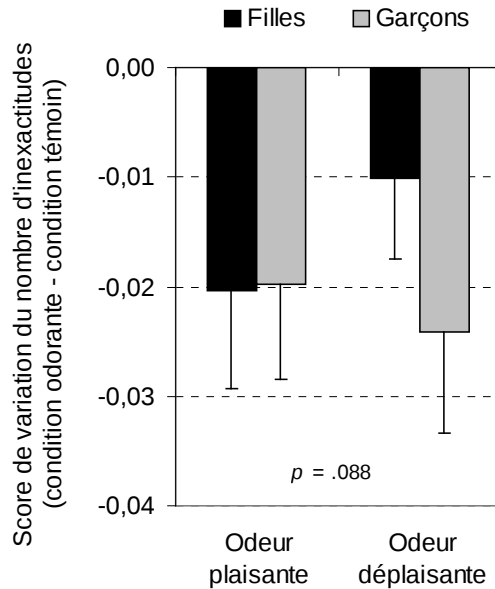


Figure 33 Score de variation du nombre d'inexactitudes (*moyenne $\pm$ erreur-type*) dans chacune des conditions odeur plaisante et odeur déplaisante par rapport à la condition témoin, pour les filles ($n = 83$) et les garçons ($n = 95$) (ANOVA).

LIENS ENTRE LES SCORES DE VARIATION DES PERFORMANCES ET L'ÉVALUATION HEDONIQUE DES ODEURS

Les corrélations entre les scores de variation des performances de barrage et la notation hédonique des odeurs se sont révélées faibles et non significatives pour la condition odeur plaisante (réponses correctes : $r = .01, p = .857$; vitesse : $r = .03, p = .658$; inexactitudes : $r = .10, p = .198$; $n = 173$), tout comme pour la condition odeur déplaisante (réponses correctes : $r = .02, p = .806$; vitesse : $r = .04, p = .588$; inexactitudes : $r = .10, p = .204$; $n = 160$). Ces analyses, réitérées séparément sur le groupe ayant été exposé à la condition odeur déplaisante avant la condition odeur plaisante et sur le groupe à qui a été attribué l'ordre inverse, ne mettent en évidence aucune corrélation significative.

CONSCIENCE DES ODEURS

Caractérisation des groupes. Seulement 48% des participants, déclarant à la fin de la session avoir perçu des odeurs lors de l'exercice de barrage, constituent le groupe des enfants conscients des odeurs. Les enfants non conscients sont plus jeunes

que les enfants conscients (8.0 ± 1.1 vs. 8.7 ± 1.2 ans, $t_{176} = 4.20$, $p < .001$). Cinquante-trois pour cent des enfants conscients sont des filles, contre 41% des non conscients, mais cette différence n'atteint pas la significativité ($\chi^2 = 2.60$, $p = .107$). Notons que chacun des deux groupes est composé d'autant d'enfants exposés à la condition odeur plaisante avant la condition odeur déplaisante que d'enfants exposés à l'ordre de présentation inverse ($\chi^2 = .78$, $p = .379$).

Différences de performances. Des ANOVAs, avec le genre comme facteur inter-sujets et la condition odorante comme facteur intra-sujets, ont été réalisées sur les trois scores de variation de performances, séparément pour les enfants conscients et non conscients des odeurs. Il en ressort une interaction significative entre le genre et la condition odorante chez les enfants 'non conscients' ($F_{1,91} = 5.42$, $p < .05$) : le score de variation des inexactitudes des filles tend à être altéré en présence de l'odeur déplaisante par rapport à l'odeur plaisante, alors que ces performances ne sont pas différentes chez les garçons selon une comparaison planifiée post-hoc (Figure 34a). Une ANCOVA examinant l'effet de la conscience sur le nombre de réponses correctes dans la condition témoin (traduisant l'efficacité du traitement de l'information), avec l'âge comme covariable, indique que les sujets conscients ont un traitement de l'information plus efficace que les sujets non conscients ($F_{1,175} = 7.33$, $p < .01$). Par ailleurs, les groupes d'enfants conscients et non conscients des odeurs se différencient par la note hédonique attribuée à l'alcool phényl-éthylique (respectivement 4.9 ± 1.6 et 3.9 ± 1.8 , $t_{171} = 3.55$, $p < .001$; Figure 34b), mais pas par celle attribuée à l'acide butyrique.

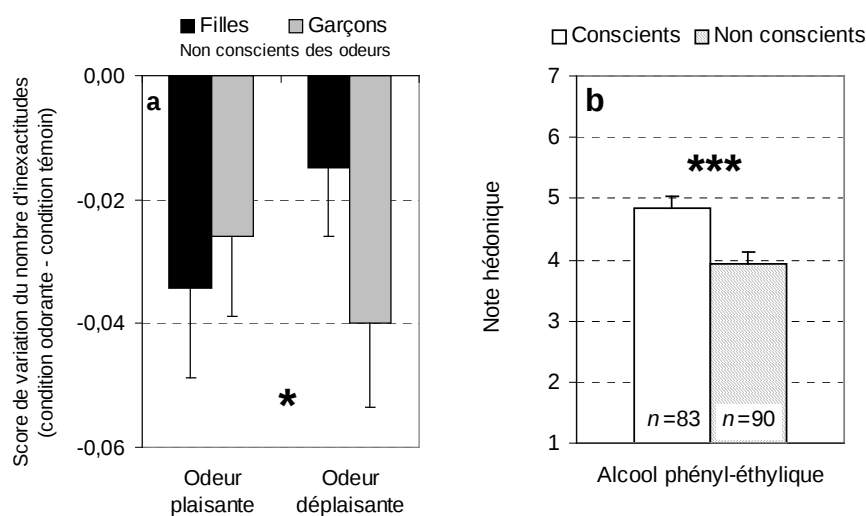


Figure 34 (a) Score de variation du nombre d'inexactitudes (*moyenne ± erreur-type*) en fonction de la condition odorante chez les filles ($n = 38$) et les garçons ($n = 55$) non conscients des odeurs (ANOVA), et (b) évaluation hédonique de l'alcool phényl-éthylique, par les enfants conscients et non conscients des odeurs (*tests-t*).

En résumé, l'amélioration des performances entre le test de barrage inodore et les tests de barrage odorisés n'est pas modulée par le caractère plaisant ou déplaisant de l'odeur, excepté chez les filles : chez elles, la baisse du nombre d'inexactitudes a tendance à être moindre avec l'odeur déplaisante qu'avec l'odeur plaisante. L'amélioration des performances dans les deux conditions odorantes n'est pas corrélée à l'évaluation hédonique des odeurs correspondantes. Dans cette expérience, seulement la moitié des enfants déclare avoir remarqué la présence d'odeurs. Ces enfants sont plus âgés que les enfants non conscients et, indépendamment du facteur âge, ils manifestent un traitement de l'information plus efficace que les enfants non conscients. Contrairement à l'expérience précédente, ce sont les enfants non conscients uniquement (filles) qui subissent l'impact délétère de l'odeur déplaisante (sur le score d'inexactitudes).

3.6. Liens entre le questionnaire ECOLE (Etape 1b) et les expériences 1, 2 et 3 (Etape 2)

Dans cette partie, nous mettons en relation les résultats des deux types de mesure utilisées pour évaluer l'attention et la réactivité aux odeurs chez les enfants : d'une part, le score total ECOLE (Etape 1b), et d'autre part, les scores reflétant l'impact des odeurs dans les Expériences 1 à 3, les notes hédoniques des odeurs, et la conscience des odeurs (Etape 2). L'objectif de cette mise en relation, effectuée sur les 178 participants concernés, est d'examiner la correspondance possible entre les réponses déclaratives et les réponses recueillies en situation de test olfactif.

3.6.1. Liens entre score ECOLE et scores des expériences 1 à 3

La mise en relation du score ECOLE avec les différents scores obtenus dans les Expériences 1 à 3 montre que le score ECOLE est corrélé positivement avec le score d'utilisation des odeurs de l'Expérience 1 ($r = .18$, $p < .05$; Figure 35) et avec le score de variation hédonique en condition odeur plaisante dans l'Expérience 2 ($r = .21$, $p < .01$). Les mêmes corrélations effectuées avec l'âge en covariable montrent que le lien avec le score de variation hédonique en condition odeur plaisante reste significatif ($r = .18$, $p < .05$), alors que le lien avec le score d'utilisation des odeurs est principalement dû à l'âge (corrélation partielle : $r = .10$, $p = .176$).

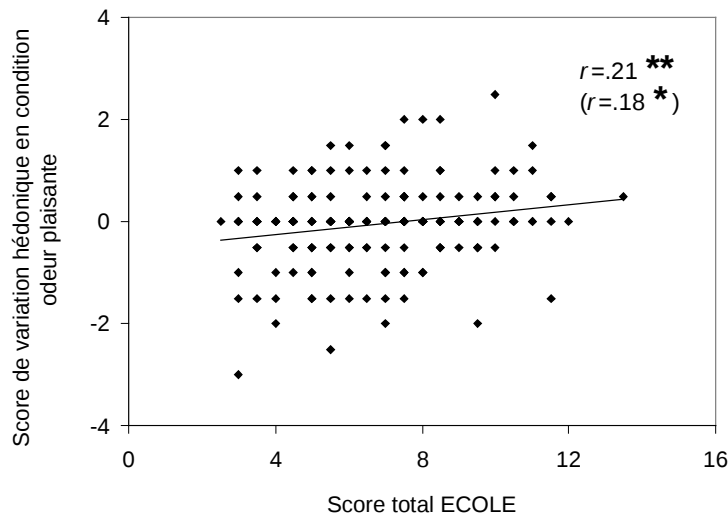


Figure 35 Corrélation entre le score total du questionnaire ECOLE et le score de variation hédonique dans la condition odeur plaisante de l'Expérience 2 ($n = 178$) et, entre parenthèses, la valeur du coefficient de corrélation partielle prenant l'âge comme covariable.

Le score total ECOLE n'est pas corrélé au score de rappel des objets de l'Expérience 1 ($r = .02$, $p = .829$). Sa corrélation avec le score de variation hédonique en condition odeur déplaisante dans l'Expérience 2 n'est pas significative ($r = -.02$, $p = .774$), même lorsque l'âge est introduit en covariable ($r < .001$, $p = .995$).

En ce qui concerne l'Expérience 3, il s'agit de déterminer si la différence entre les deux conditions odorantes est plus forte pour les enfants ayant un score ECOLE élevé. Afin de pouvoir répondre à cette question, les sujets ont été répartis en deux groupes de même taille en fonction de leur score ECOLE, soit élevé (supérieur à la valeur médiane, soit 6.5 : $n = 90$) soit faible (≤ 6.5 , $n = 88$). Une ANOVA, avec le score ECOLE (faible, élevé) comme facteur inter-sujet et la condition odorante comme facteur intra-sujet, a été réalisée sur chacune des trois performances. Aucune interaction entre la condition odorante et le score ECOLE n'est significative (réponses correctes : $F_{1,176} = .17$, $p = .679$; vitesse : $F_{1,176} = .22$, $p = .637$; inexactitudes : $F_{1,176} = .43$, $p = .514$).

3.6.2. Liens entre score ECOLE et évaluation hédonique des odeurs

Les corrélations entre le score total ECOLE et les notes hédoniques attribuées aux odeurs sont positives pour les odeurs plaisantes (fraise : $r = .07$, $n = 171$; alcool phényl-éthylque : $r = .17$, $n = 173$) et négatives pour les odeurs déplaisantes (acide isovalérique : $r = -.09$, $n = 161$; acide butyrique : $r = -.20$, $n = 160$). Ces corrélations sont significatives pour l'alcool phényl-éthylque et l'acide butyrique ($p < .05$), mais pas pour la fraise ($p = .362$), ni pour l'acide isovalérique ($p = .275$).

3.6.3. Liens entre score ECOLE et conscience des odeurs dans les Expériences 1 à 3

Le nombre d'enfants conscients des odeurs diminuant au fil des trois expériences, nous avons divisé l'échantillon en trois groupes : ceux qui sont conscients des odeurs dans les 3 expériences, ceux qui le sont uniquement dans la 1^{ère} et la 2^{ème} et ceux qui ne le sont que dans la 1^{ère}. Les individus non inclus dans ces groupes sont un enfant n'étant conscient des odeurs dans aucune des expériences (fille, 6 ans) et 10 individus présentant un profil de conscience au cours des trois tâches différent des trois profils retenus (par exemple, conscients des odeurs uniquement dans la 1^{ère} et la 3^{ème} expérience).

Les trois groupes de conscience se distinguent par leur moyenne d'âge¹¹ ($F_{2,164} = 9.90$, $p < .001$), les enfants conscients des odeurs dans les trois expériences étant plus âgés que les enfants des deux autres groupes (8.8 ± 1.2 contre 8.0 ± 1.1 ans pour les enfants conscients dans les Expériences 1 et 2, et 8.1 ± 1.4 ans pour les enfants conscients dans l'Expérience 1). En revanche, les trois groupes ne se différencient pas en fonction du ratio filles/garçons ($\chi^2 = 1.97$, $p > .10$). La variable définie par ces trois modalités sera désignée par la suite 'conscience des odeurs'.

Le score total ECOLE varie en fonction du groupe de conscience ($F_{2,164} = 6.01$, $p < .01$) : les enfants conscients des odeurs dans les trois expériences ont des scores ECOLE plus élevés que les enfants conscients uniquement dans la première ou les deux premières expériences (test de Duncan, cf. Figure 36). Cet effet reste significatif lorsqu'on effectue une ANCOVA avec l'âge comme covariable ($F_{2,163} = 4.09$, $p < .05$).

¹¹ Notons aussi que plus les enfants sont conscients des odeurs, plus leurs performances de fluidité verbale et de traitement de l'information sont bonnes (respectivement : $F_{2,164} = 5.35$, $p < .01$, et $F_{2,164} = 14.80$, $p < .001$).

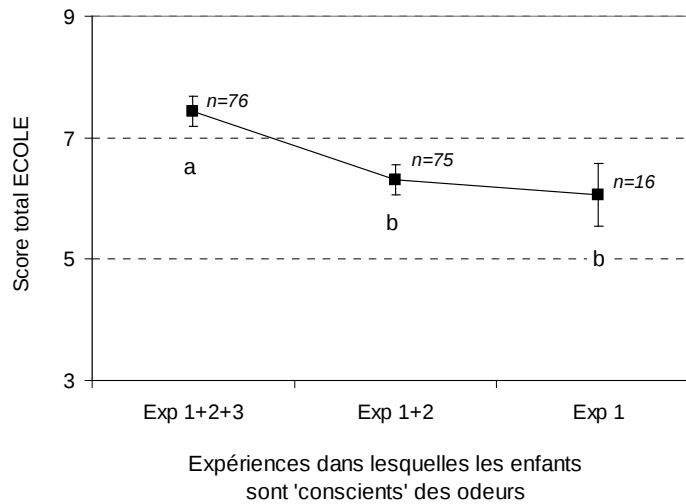


Figure 36 Valeurs du score total ECOLE (*moyenne ± erreur-type*) en fonction de la conscience des odeurs soit dans les trois Expériences, soit dans les Expériences 1 et 2, soit seulement dans l'Expérience 1 (*test de Duncan*).

3.6.4. Lien entre score ECOLE et capacité de traitement de l'information

L'efficacité du traitement de l'information, mesurée par le nombre de réponses correctes obtenues dans la condition témoin du test de barrage, augmente avec l'âge ($F_{4,168} = 18.20, p < .001$). Il apparaît que le score ECOLE est positivement corrélé à cette capacité ($r = .23, p < .01$) et que ce lien semble en grande partie dû à l'âge puisque la corrélation diminue à $r = .13$ ($p = .075$) lorsqu'on effectue une corrélation partielle avec l'âge en covariable.

En résumé, le score ECOLE est associé à la variation d'évaluation hédonique d'un objet engendrée par une odeur plaisante (variation d'amplitude pourtant très limitée en moyenne, cf. Expérience 2), et ceci indépendamment de différences liées à l'âge. Le score ECOLE est également lié à l'évaluation hédonique des odeurs. Plus il est élevé, plus les notes hédoniques sont contrastées (c'est-à-dire plus positives pour les odeurs plaisantes et plus négatives pour les odeurs déplaisantes), et ceci de façon significative pour deux des quatre odeurs évaluées. Enfin, le score ECOLE est supérieur chez les enfants qui ont déclaré avoir remarqué la présence d'odeurs dans les trois expériences. Les capacités de traitement de l'information semblent être impliquées dans ce phénomène.

3.7. Discussion

Les principaux résultats obtenus dans cette étape de l'étude sont résumés dans la Figure 37.

3.7.1. Impact des odeurs sur les performances

EXPERIENCE 1 – MEMOIRE ASSOCIATIVE

Cette première expérience consistait à présenter aux enfants des stimulations multimodales constituées d'informations visuelles (jouet), olfactives et sémantiques (nom du jouet). Après une présentation par paires, l'un des éléments de la paire faisait l'objet d'un test de rappel indicé : l'unique indice de rappel, présent mais non signalé à l'enfant, était l'odeur. En principe, pour réussir la tâche de rappel, l'enfant devait donc suivre le processus suivant : *i*) remarquer la présence des odeurs, *ii*) comprendre que ces odeurs pouvaient servir d'indices de rappel, *iii*) tenter d'encoder l'odeur en association avec le jouet, et enfin *iv*) réussir à réactiver à court terme, à partir de l'odeur sentie, le jouet associé. La quasi-totalité des enfants a remarqué la présence d'odeurs dans le test, et environ 70% disent les avoir utilisées. Pourtant, le niveau de réponses correctes, bien que supérieur au niveau de réponses dicté par le hasard, est resté faible (3.6 sur 6 en moyenne). La prévalence des rappels corrects et de l'utilisation des odeurs, augmente après la présentation de la première paire d'objets, suggérant une compréhension rapide de l'exercice demandé. Mais la performance de rappel de l'objet ne s'améliore pas dans la suite de la tâche, suggérant des difficultés au moment de l'encodage ou de la réactivation. De plus, l'utilisation des odeurs et le score de rappel des objets ne sont que modérément corrélés (.26), indiquant que l'adoption d'une stratégie fondée sur l'utilisation des odeurs n'est pas une condition suffisante à la réussite de la tâche.

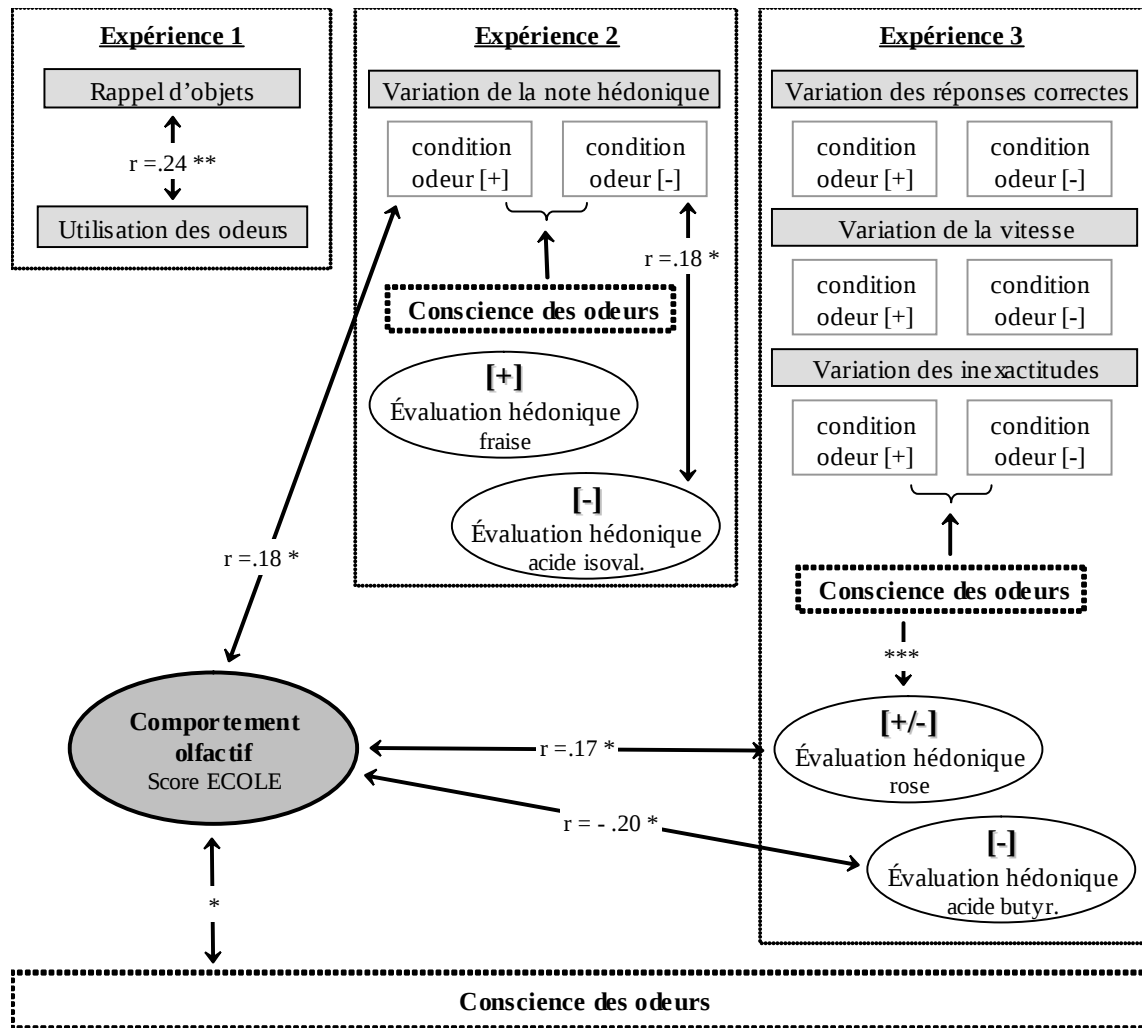


Figure 37 Récapitulatif des liens entre les différentes variables des trois expériences de l'Etape 2 (+ : odeur plaisante ; - : déplaisante), et entre ces variables et le score ECOLE de comportement olfactif (Etape 1b). Les résultats présentés sont obtenus, lorsque nécessaire, en contrôlant la variabilité liée à l'âge.

Le rappel est un exercice difficile car il nécessite un effort important pour réactiver l'élément appris, avec ou sans l'aide d'indices. Les enfants sont beaucoup moins performants pour ce type de tâche que pour des tâches de reconnaissance (Bjorklund, 2000 ; Matlin, 2001), dans lesquelles l'élément appris est présenté à nouveau et l'enfant doit discriminer les éléments nouveaux des éléments connus. Ayant anticipé ces difficultés, nous avons limité le nombre d'items à mémoriser (2 associations objet-odeur par essai) afin que la demande ne soit pas disproportionnée par rapport aux ressources mentales des enfants. Pourtant, leurs performances sont restées très modérées, suggérant l'existence de limitations sur d'autres aspects du processus de mémorisation, comme par exemple la mobilisation de stratégies efficaces.

Les stratégies réfèrent à des processus mentaux intentionnels visant à améliorer les contenus mnésiques. Avant 7 ans, elles sont peu utilisées et quand elles le sont, elles s'avèrent relativement inefficaces (Kobasigawa, 1974 ; Fabricius & Wellman, 1983). En effet, la mobilisation de la stratégie « utilisation des odeurs » est faible chez les plus jeunes, augmente entre 7 et 8 ans puis se stabilise à 9-10 ans. Outre cette stratégie de recherche des indices de rappel, d'autres stratégies ultérieures ont pu être mises en place pour faciliter la mémorisation des paires objets-odeurs, comme la répétition ou l'élaboration. La première consiste à répéter les éléments à mémoriser : les enfants l'utilisent spontanément dans des tâches de mémoire associative (Beurhring & Kee, 1987), mais assez peu avant 6 ans, puis de façon croissante avant d'être utilisée par la plupart des enfants de 10 ans (Flavell et al., 1966). L'utilisation de cette stratégie nécessiterait l'identification des odeurs, permettant ainsi à l'enfant de répéter en boucle, par exemple, « perroquet-anis, chèvre-pomme ». Mais l'identification libre des odeurs étant une tâche réputée peu fructueuse (Lawless & Engen, 1977 ; Cain, 1979), a fortiori chez l'enfant (Cain et al., 1995 ; Rouby et al., 1997), elle pourrait fortement limiter l'utilisation de la stratégie de répétition.

Reste l'élaboration, stratégie la plus largement mise en oeuvre par les enfants lors de l'encodage dans les tâches de mémoire associative (Kee, 1994) : elle consiste à « générer un événement servant de référent commun aux deux membres de la paire » (Rohwer, 1973, cité par Kee, 1994). Cette stratégie a pu être spontanément utilisée dans notre étude, comme les commentaires de certains enfants l'attestent (par exemple : « *c'est la tortue : je le sais parce qu'elle sentait la mer* »). Quand elle a été utilisée, il est possible qu'elle n'ait pas été fructueuse car *i*) cette stratégie est connue pour être assez peu efficace avant l'adolescence (Rohwer & Bean, 1973), et *ii*) les associations objets-odeurs étaient volontairement *non congruentes*, rendant la création d'un lien entre les deux membres de la paire difficile (Kee & Davies, 1990) et d'autant plus coûteuse qu'elle est susceptible de s'opposer à une association déjà existante en mémoire à long terme. En somme, les enfants qui ont compris qu'il fallait utiliser les odeurs pour réussir la tâche ont obtenu de meilleurs scores de rappel que les autres, mais le faible niveau de leurs performances suggère qu'ils ont eu des difficultés à trouver des stratégies de mémorisation efficaces.

Notons que la difficulté de la tâche a pu être amplifiée du fait que les paires d'items étaient constituées de deux modalités différentes (visuelle et olfactive) alors que la plupart des tâches de mémoire associative en laboratoire sont réalisées

sur des paires de mots. Or les stimuli visuels prédominent souvent sur les stimuli olfactifs (Schifferstein, 2006), notamment chez les jeunes enfants (Oram et al., 1995). De surcroît, le stimulus non prédominant (odeur) n'était pas explicitement signalé à l'enfant, contrairement au stimulus traité préférentiellement (jouet). La validité écologique de l'expérience est d'autant plus limitée que la tâche demandée est inhabituelle dans la vie quotidienne, où la mémorisation des odeurs en association avec des objets, des personnes, des lieux ou des événements se produit le plus souvent de façon non intentionnelle et dans des contextes ayant une signification émotionnelle (Aggleton & Waskett, 1999 ; Degel & Köster, 1999 ; Haller et al., 1999 ; Issanchou et al., 2002).

Enfin, il convient de souligner que les filles et les garçons ne diffèrent ni dans le nombre de réponses correctes de rappel des objets ni dans l'utilisation des odeurs. L'absence de différence pour l'utilisation des odeurs est étonnante dans la mesure où les filles se disent plus réactives et attentives aux odeurs que les garçons dans le questionnaire ECOLE (cf. Etape 1b), et dans la mesure où elles semblent plus précoces que les garçons dans l'utilisation des stratégies de mémorisation (Cox & Waters, 1986). Une différence peut tout de même être soulignée : l'utilisation déclarée des odeurs et le nombre de réponses correctes de rappel des objets sont plus fortement corrélées chez les filles (.37) que chez les garçons (.18). Les stratégies de mémorisation étant généralement plutôt verbales, et les filles de cet échantillon ayant une plus grande fluidité verbale (cf. Etape 1b), il est concevable qu'elles aient eu plus de facilité que les garçons à verbaliser leur stratégie et à traduire avec des mots ce qu'elles ont réellement effectué pendant la tâche. Cette différence liée au genre pourrait également s'expliquer par une utilisation plus efficace des odeurs de la part des filles, puisque celles-ci semblent plus enclines à extraire de l'information de ces stimulations (cf. Etape 1b).

EXPERIENCE 2 – EVALUATION HEDONIQUE

Dans cette expérience, les enfants devaient donner une appréciation hédonique de deux objets familiers (jouets) d'abord non odorants, puis odorisés avec une odeur plaisante et une odeur déplaisante, sans que l'enfant soit informé de la présence d'odorants. La présence d'une odeur plaisante (fraise) n'a pas modifié l'appréciation des objets par rapport à la condition sans odeur (variation = -.05), alors qu'une amélioration était attendue. En revanche, conformément à nos attentes, la présence d'une odeur déplaisante a entraîné une nette dépréciation de l'objet (variation = -.70). Ces résultats concordent avec l'asymétrie mise en

évidence dans plusieurs travaux utilisant des conditionnements aversifs et attractifs. Par exemple, des images neutres présentées simultanément avec des odeurs acquièrent une valence négative suite au conditionnement avec une odeur déplaisante mais n'acquièrent pas de valeur positive suite au conditionnement avec une odeur plaisante (Wrzesniewski et al., 1999 ; Hermann et al., 2000). Les réactions émotionnelles aux odeurs seules semblent également plus fortes pour les odeurs déplaisantes que pour les odeurs plaisantes (Ehrlichman & Bastone, 1992 ; Knasko, 1992 ; Miltner et al., 1994).

Dans notre expérience, on peut aussi supposer qu'une odeur plaisante évoquant un objet alimentaire (fraise) ne soit pas apte à améliorer l'appréciation d'un objet non alimentaire¹². L'objet inodore obtenant une note hédonique élevée (entre 5 et 6 sur 7), il est également possible qu'un effet plafond soit à l'origine de la stagnation de l'évaluation. Enfin, l'hypothèse d'un effet de lassitude face à la présentation répétée d'objets identiques, inodores puis odorants, n'est pas à exclure. Cette hypothèse semble plausible dans la mesure où, contrairement aux enfants conscients des odeurs qui ne modifient pas leur notation de l'objet (variation = .00), les enfants non conscients – qui par conséquent ont l'impression de revoir exactement le même objet – la diminuent (variation = -.34). L'effet de l'odeur plaisante pourrait donc être masqué par cet effet de lassitude. Pour s'affranchir d'un tel effet, il aurait fallu que des groupes de sujets indépendants effectuent l'évaluation hédonique dans chacune des trois conditions, mais ce design expérimental n'était pas cohérent avec notre démarche, l'étude des différences interindividuelles nécessitant que chaque sujet rencontre chaque condition.

La dépréciation de l'objet portant l'odeur déplaisante est d'autant plus importante que l'odeur est perçue comme déplaisante, confortant ainsi l'existence d'un lien de cause à effet entre l'évaluation olfactive et la perception globale de l'objet. Cet impact négatif des odeurs désagréables a été mis en évidence de façon récurrente, par exemple sur l'évaluation de peintures ou de personnes présentées en photographies (Rotton, 1983), ou encore sur l'évaluation de l'humeur individuelle (Knasko, 1992 ; Schiffman et al., 1995a). L'impact de l'odeur déplaisante obtenu dans notre étude pourrait également être renforcé par *i*) l'incongruité entre l'objet, fortement apprécié, et l'odeur associée, qui l'est beaucoup moins, et *ii*) l'éventuel effet de lassitude évoqué plus haut. L'odeur déplaisante a un effet plus marqué

¹² Des jouets sont pourtant commercialisés avec comme spécificité, destinée à plaire aux enfants, un parfum de fraise (poupée Charlotte aux Fraises®).

chez les enfants qui se disent conscients des odeurs (variation = -.70). Les enfants non conscients diminuent leur appréciation avec la même amplitude qu'en présence de l'odeur plaisante (variation = -.40), exprimant probablement une habitude à l'objet plus qu'une réaction à l'odeur. Dans les conditions expérimentales de cette seconde expérience, l'impact des odeurs relève donc plutôt de mécanismes explicites.

Le profil développemental de l'impact des odeurs constitue un autre résultat important de cette expérience. Entre 6 et 10 ans, aucun changement dans la conscience des odeurs n'apparaît, mais la valence hédonique des odeurs influence de façon grandissante la notation des objets odorisés. Par rapport à l'objet témoin inodore, le même objet odorisé avec l'odeur plaisante obtient des notes hédoniques croissantes et celui odorisé avec l'odeur déplaisante obtient des notes hédoniques décroissantes avec l'âge. Cette tendance est-elle due à l'acquisition et l'affermissement de la valence hédonique des odeurs au cours du développement ? Plusieurs auteurs ont en effet considéré que les enfants n'avaient pas de rejet ou d'attraction marqués pour les odeurs avant 4-5 ans et développaient par la suite des préférences similaires aux adultes par le biais des apprentissages associatifs et du modelage culturel (Peto, 1936 ; Stein et al., 1958 ; Engen, 1986 ; Soussignan, 1997). Pourtant, cette hypothèse n'explique pas nos résultats puisque les notes hédoniques attribuées aux odeurs seules ne deviennent pas plus contrastées au cours du développement (au contraire, l'odeur de fraise tend à être moins appréciée avec l'âge). Comme dans l'expérience précédente, on note l'opposition entre une faible et une plus forte prise en compte des odeurs avant et après 7-8 ans, qui semble être une période de transition. Ces changements pourraient être liés plus globalement au développement des mécanismes de traitement de l'information.

Selon la théorie néo-piagétienne de Case (Case, 1985), à 5-11 ans les enfants se situeraient dans le stade 'dimensionnel', c'est-à-dire de traitement des dimensions des objets (le stade précédent étant celui des relations entre les objets, et le stade suivant celui des rapports entre les dimensions des objets). Comme chacun des stades, le stade 'dimensionnel' serait composé de trois sous-stades : la 'coordination unifocale' de 5 à 7 ans, au cours de laquelle les enfants sont capables de traiter une dimension à la fois, la 'coordination bifocale' de 7 à 9 ans, où deux dimensions peuvent être traitées, et la 'coordination élaborée' plus complexe de 9 à 11 ans. Par exemple, parmi des ronds et des carrés blancs et noirs, les enfants capables de coordination unifocale peuvent traiter la forme ou la couleur

séparément (compter le nombre de ronds, ou de formes blanches), tandis que les enfants capables de coordination bifocale peuvent combiner le traitement de la forme et de la couleur (compter le nombre de ronds blancs). Si l'on élargit l'analyse à des stimuli provenant de modalités sensorielles différentes et non plus uniquement visuelles, on peut supposer que jusqu'à 7 ans, les enfants participant à notre expérience ont traité indépendamment la stimulation visuelle (le jouet) et son odeur, et ont donc noté leur appréciation de l'objet en fonction de la seule apparence visuelle. Après 7 ans, la réalisation de l'objectif (qui consiste à noter l'objet) passe certainement par la coordination de plus en plus complexe de plusieurs dimensions de l'objet, ce qui peut expliquer que la dimension olfactive soit prise en compte de façon croissante dans l'évaluation de l'objet.

Une hypothèse légèrement différente voudrait que les jeunes enfants (avant 7 ans) aient une perception holistique des objets, c'est-à-dire qu'ils aient tendance à les percevoir comme des totalités, et que la décomposition des stimuli multisensoriels en plusieurs dimensions n'apparaisse qu'à partir de 7 ans pour s'améliorer jusqu'à l'âge adulte (Shepp et al., 1987). Ce ne serait donc que progressivement que les enfants pourraient acquérir la capacité d'analyse des objets en fonction de leurs attributs multidimensionnels. Dans notre étude, les plus jeunes se sont probablement arrêtés à leur première impression globale de l'objet, dominée par la vision (Oram et al., 1995). Dans le domaine de la vision, les enfants explorent de façon croissante entre 3 et 9 ans les différentes composantes d'un objet complexe (Vurpillot, 1968) et le déplacement de leur attention entre différents items est d'une efficacité grandissante entre 8 ans et l'âge adulte (Pearson & Lane, 1990). Quelle que soit l'hypothèse proposée (passage d'un traitement *unidimensionnel* ou *holistique* vers un traitement *multidimensionnel*), on peut donc supposer que dans notre étude, les enfants à partir de 7-8 ans ont mieux exploré toutes les dimensions des jouets (forme, odeur, couleur) avant d'émettre un jugement.

EXPERIENCE 3 – TEST DE BARRAGE

Cette expérience avait pour objectif d'examiner les variations de performances à un test de barrage engendrées par la présence d'odorants de qualité hédonique contrastée. La condition témoin étant toujours placée avant les conditions odorantes, et les performances s'améliorant au fil des essais, l'analyse a consisté à comparer l'amélioration des performances dans une condition odorante par rapport à l'autre. Une seule différence dans l'amélioration des performances entre les deux conditions odorantes a été mise en évidence. Elle concerne les filles

uniquement et s'exprime par une diminution du taux d'inexactitudes plus faible en présence de l'odeur déplaisante que dans la condition odeur plaisante/neutre. Cet effet, quoique marginal ($p = .088$), suggère que les filles ont été plus perturbées que les garçons par la présence d'une odeur désagréable pendant le test. Ce résultat est cohérent non seulement avec le fait que leurs scores d'attention et de réactivité aux odeurs sont plus élevés (score ECOLE, Etape 1b), mais aussi avec les travaux chez l'adulte montrant une plus grande réactivité féminine aux odeurs désagréables (Nordin et al., 2004a ; Olofsson & Nordin, 2004).

Le fait que seul le taux d'inexactitudes soit concerné par l'effet de la condition odorante concorde avec les résultats de Degel et Köster (1999). Dans leur expérience comprenant des tests mathématiques et de comptage de lettres, les sujets ont fait significativement plus d'erreurs en présence d'une odeur de jasmin (notée a posteriori comme déplaisante par les sujets) qu'en présence d'une odeur de lavande (de valence hédonique neutre), aucun effet n'étant obtenu sur la vitesse d'exécution. Quant à l'origine de tels effets, les auteurs évoquent les propriétés excitantes du jasmin et relaxantes de la lavande (se basant sur les analyses psychophysiologiques de Torii et al., 1988). Les deux odeurs auraient agit respectivement en accentuant et en atténuant l'état de stress induit par la tâche demandée. Cette hypothèse pourrait s'appliquer à notre expérience, où le chronométrage a pu générer un certain état de stress. En effet, l'odeur de rose semble, comme la lavande, avoir une influence relaxante (Sugano, 1992) comme l'indiquent ses effets sur le temps de sommeil (Tanida et al., 1989) et sur divers paramètres physiologiques (Kikuchi et al., 1991 ; Sugano & Sato, 1991). L'odeur d'acide butyrique, comme d'autres odeurs désagréables, entraînerait au contraire une plus grande excitation du système nerveux autonome par rapport à des odeurs plaisantes (Brauchli et al., 1995 ; Alaoui-Ismaili et al., 1997). De plus, les odeurs déplaisantes sont source de stress du fait de leur signification intrinsèque (dangerosité, toxicité, contamination). Comme dans l'expérience de Degel et Köster (1999), ces effets physiologiques et psychologiques des odeurs de rose et d'acide butyrique ont pu moduler l'état d'anxiété des enfants, et par conséquent leurs performances. Dans notre étude, cet effet semble s'appliquer uniquement aux filles, ce qui est cohérent avec les résultats de Kirk-Smith et al. (1983) chez l'adulte. Comparant des sujets des deux sexes, exposés à un épisode stressant en présence d'une odeur ambiante, avec des sujets témoins (même épisode, non odorisé), les auteurs notent que les femmes du premier groupe se déclarent plus

anxieuses lorsqu'elles sont ré-exposées à l'odeur ambiante¹³. Comme les sujets de notre étude, les femmes participant à l'étude de Kirk-Smith et al. (1983) ont déclaré ne pas avoir perçu d'odeur pendant l'expérience. La différence de genre concernant l'impact des odeurs sur les performances de barrage, bien qu'en accord avec la littérature, reste marginale dans notre étude et mériterait d'être confirmée.

L'altération des performances féminines en présence de l'odeur déplaisante par rapport à l'odeur plaisante/neutre devient toutefois significative ($p < .05$) lorsqu'on considère uniquement le groupe des enfants non conscients des odeurs (aucune différence de genre n'apparaît dans le groupe des enfants conscients). Ce résultat suggère que, chez l'enfant, les odeurs pourraient avoir une influence non seulement implicite, mais aussi plus marquée que dans des conditions explicites. Ce phénomène a aussi été rapporté chez l'adulte (Degel & Köster, 1999). Cet impact des odeurs, limité aux enfants se déclarant non conscients des odeurs, mérite d'être discuté en terme d'attention.

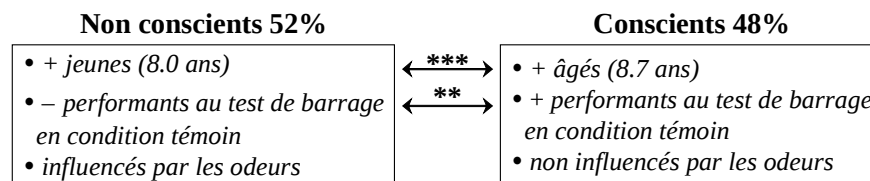


Figure 38 Récapitulatif des caractéristiques des groupes d'enfants conscients et non conscients des odeurs dans test de barrage odorisé de l'Expérience 3.

Les enfants se déclarant non conscients des odeurs sont en moyenne plus jeunes et ont de moins bonnes performances de barrage que les enfants déclarant avoir perçu des odeurs pendant le test (Figure 38). Ceci suggère que les enfants non conscients ont de moins bonnes capacités attentionnelles que les enfants conscients des odeurs. En effet, par le jeu conjoint de la maturation cérébrale et de l'acquisition de connaissances, le contrôle de l'attention s'améliore au cours du développement (Vurpillot, 1968 ; Pearson & Lane, 1990 ; Irwin-Chase & Burns, 2000). La flexibilité attentionnelle se perfectionne (capacité à déplacer rapidement l'attention d'un item à un autre) et la focalisation attentionnelle sur le stimulus à traiter devient plus performante (Ridderinkhof & van der Molen, 1995).

Les enfants non conscients, plus jeunes, pourraient donc avoir eu plus de difficultés à focaliser leur attention sur la tâche, ce qui expliquerait leurs moindres

¹³ Ces femmes évaluent aussi comme étant plus anxieuses des personnes présentées sous forme de portraits photographiques.

performances au test de barrage. Leur attention a pu être sollicitée par des éléments non pertinents de l'environnement, comme les odeurs. Ces dernières joueraient ainsi un rôle perturbateur, lorsqu'elles sont déplaisantes, sur les sujets qui y sont particulièrement réactifs (filles). A l'inverse, les enfants conscients des odeurs, plus âgés, pourraient avoir un meilleur contrôle attentionnel, comme le suggèrent leurs meilleures performances de barrage. Ils ont probablement su éliminer de leur champ d'attention le stimulus non pertinent (non indispensable à la réussite de la tâche), pour diriger leur attention sélective sur les stimuli visuels.

Comment expliquer, dans ce cas, que les premiers aient déclaré, en fin de session, ne pas avoir perçu d'odeurs alors que les seconds se rappellent les avoir senties ? Bien qu'aucun élément empirique ne permette de confirmer notre interprétation, nous proposons l'hypothèse suivante. Les enfants du groupe non conscient ont traité l'information olfactive durant la tâche, puisque les deux odeurs ont eu des effets différentiels sur la réalisation de celle-ci. Toutefois, ce traitement a pu rester superficiel et ne pas donner lieu à un encodage en mémoire, du fait des capacités plus restreintes de traitement de l'information. Dans ce cas, les enfants seraient dans l'impossibilité de se souvenir avoir perçu une odeur, quelques minutes après la tâche. A l'inverse, les enfants du groupe conscient auraient eu assez de ressources mentales pour stocker en mémoire une information qu'ils ont eux aussi traitée, mais de façon momentanée, avant de se focaliser sur la tâche de barrage elle-même. Cet encodage leur aurait ainsi permis de se souvenir avoir perçu une odeur et d'en faire part, en fin de session, à l'expérimentateur.

3.7.2. Liens entre le comportement olfactif rapporté et mesuré en situation

L'objectif initial de l'Etape 2 était d'examiner l'attention et la réactivité aux odeurs lors d'une exposition réelle à des odorants, afin d'apporter un élément de validation à la mesure par questionnaire (ECOLE, Etape 1b). La correspondance entre ces deux approches a pu être établie sur certains points.

Tout d'abord, le score ECOLE est corrélé au score de variation hédonique pour l'objet porteur de l'odeur plaisante (Expérience 2), et ceci indépendamment de tout changement lié à l'âge. A notre connaissance, une seule étude a mis en relation l'importance que les sujets disent accorder aux odeurs dans leur vie quotidienne et l'impact réel de ces odeurs sur l'appréciation des objets et des situations. Il s'agit de l'étude de Wrzesniewski et al. (1999) où les participants, après avoir rempli un questionnaire sur l'impact affectif des odeurs, subissent un

conditionnement olfactif appariant des photographies neutres avec des odeurs plaisantes et déplaisantes. Plus l'impact affectif déclaré des odeurs est important, plus l'appréciation des images suite au conditionnement olfactif est modifiée. Toutefois, ce lien n'est observé que pour les odeurs déplaisantes, ce qui n'est pas le cas dans notre étude (bien qu'il s'agisse de la condition où l'odeur a l'effet le plus marqué). Le fait que notre questionnaire évoque davantage d'odeurs plaisantes et recherchées que d'odeurs rejetées pourrait expliquer cette dissymétrie.

Par ailleurs, le score ECOLE est corrélé à l'évaluation hédonique des odeurs de rose et d'acide butyrique : plus le score ECOLE est élevé, plus l'appréciation des odeurs est contrastée (plus positive pour l'odeur de rose, plus négative pour l'acide butyrique). Pierce et al. (2004) ont également montré chez l'adulte une évaluation plus contrastée des odeurs de banane (plaisante) et d'androsténone (déplaisante) chez les participants déclarant subir un fort impact affectif des odeurs. Au contraire, Cupchik et al. (2005) ne mettent pas en évidence de lien entre leur questionnaire sur les odeurs de la vie quotidienne et la notation de douze odeurs (plaisantes et déplaisantes). Mais ce résultat est probablement dû au fait qu'ils n'ont pas analysé séparément les odeurs plaisantes et déplaisantes, masquant probablement des effets de contraste entre les deux catégories d'odeur. Dans notre étude, même si les corrélations restent modestes et ne concernent que deux odeurs parmi quatre, elles constituent un élément de validation supplémentaire du questionnaire, car elles indiquent que les enfants qui se déclarent plus réactifs aux odeurs le sont effectivement en présence d'odeurs réelles.

Les enfants conscients des odeurs dans les trois expériences ont – indépendamment de la variabilité liée à l'âge – de meilleurs scores ECOLE que les autres enfants, ce qui est cohérent en terme d'attention accordée aux odeurs dans la vie quotidienne. De plus, dans certains items du questionnaire ECOLE comme dans l'Expérience 3, les filles montrent une plus grande susceptibilité aux odeurs déplaisantes. Notons enfin qu'un lien a été mis en évidence entre le score total ECOLE et le score d'utilisation des odeurs de l'Expérience 1. Néanmoins, ce lien disparaît lorsque la variabilité liée à l'âge est contrôlée, suggérant qu'il n'était pas dû à des différences interindividuelles de fonctionnement olfactif, mais plutôt à une amélioration avec l'âge des capacités à analyser et verbaliser les perceptions.

Le score ECOLE ne paraît pas lié avec les autres variables mesurées dans l'Etape 2 (score de rappel dans l'Expérience 1, score de variation hédonique pour l'objet nauséabond et évaluation hédonique des odeurs de fraise et d'acide isovalérique dans l'Expérience 2, scores de variation des performances de barrage dans l'Expérience 3). Dans l'Expérience 3, l'absence de lien pourrait s'expliquer par le fait que le score ECOLE représente des comportements olfactifs dont l'enfant est conscient et qu'il est capable de décrire, alors que les odeurs exercent leur impact de façon implicite dans le test de barrage. D'une manière générale, il semble qu'un décalage entre le score ECOLE et les mesures en situation réelle reste inévitable. En effet, la mesure par questionnaire est plus subjective que la mise en situation. De plus, elle relève davantage de la mémoire à long terme alors que les expériences de l'Etape 2 font plutôt appel à des processus d'attention et de traitement de l'information à court terme.

3.7.3. Résumé et conclusions

Les résultats de ces trois expériences montrent que, dans certains cas, la **présence et la qualité hédonique des odorants** de l'environnement peuvent **influencer les performances** dans différentes tâches non olfactives. L'Expérience 2 met en évidence l'influence d'une **odeur déplaisante** (mais non d'une odeur plaisante), via des mécanismes **explicites**, sur l'appréciation d'un objet familier. De plus, une tendance à la détérioration des performances (inexactitudes) au test de barrage est notée dans l'Expérience 3, en présence d'une **odeur déplaisante**, par rapport à une odeur plutôt plaisante. Cet effet apparaît uniquement chez les filles et dans le groupe des sujets **non conscients** des odeurs. L'Expérience 1, en revanche, s'est montrée **peu adaptée** à mettre en évidence des différences interindividuelles d'attention aux odeurs du fait de limitations méthodologiques. D'une manière générale, les conclusions concernant l'effet des odeurs dans les Expériences 2 et 3 mériteraient d'être confirmées en attribuant chaque condition odorante à un groupe indépendant de sujets.

Concernant la **variabilité interindividuelle**, nous avons constaté une amélioration avec l'âge de la **prise en compte des informations olfactives** lors de la perception de stimuli multimodaux dans les Expériences 1 et 2. Cette prise en compte connaît le même profil développemental dans les deux expériences : elle est faible à 6 ans, connaît une transition à 7-8 ans avant d'atteindre son maximum à 9-10 ans. Cette évolution concorde avec la dynamique développementale du raisonnement et de l'attention chez l'enfant. Peu de **différences filles-garçons** sont mises en évidence. Toutefois, la description de la **stratégie** d'utilisation des odeurs dans l'Expérience 1, mieux corrélée à la performance de mémoire chez les filles, pourrait traduire de façon plus fidèle la stratégie qu'elles ont réellement utilisée, ou refléter une utilisation plus efficace des odeurs. De plus, les filles tendent à être plus **perturbées** que les garçons par une **odeur déplaisante** dans le test de barrage de l'Expérience 3.

Pour finir, un lien a pu être établi entre le **score ECOLE** et plusieurs variables mesurant l'attention et la réactivité aux odeurs en situation réelle : la variation de **l'évaluation hédonique d'un objet** due à une odeur plaisante (Expérience 2), **l'évaluation hédonique** des odeurs de rose et d'acide butyrique (Expérience 3) et la **conscience des odeurs** dans les trois expériences. Ces liens sont modestes mais ils illustrent une certaine cohérence entre les deux approches et apportent ainsi des éléments de **validation** du questionnaire ECOLE.

- **ETAPE 3** - *Sélection des individus les moins et les plus olfactifs* -

Partie II

*Etude des facteurs
liés à l'attention et la réactivité aux odeurs*

1. Sélection des individus les *moins* et les *plus* olfactifs (ETAPE 3)

Dans la Partie I, le comportement olfactif d'enfants de 6 à 10 ans a été évalué grâce à deux approches : une mesure verbale, le questionnaire ECOLE (Etape 1b) et une mesure après confrontation directe à des odorants (Etape 2). L'objet de la Partie II est d'examiner les facteurs susceptibles d'être associés à la variabilité interindividuelle du fonctionnement olfactif. Pour cela, nous choisissons de conserver les mêmes participants, mais de travailler avec deux sous-groupes ayant respectivement une attention et une réactivité aux odeurs relativement faible (dénommés –Olf à partir de ce point) et relativement forte (+Olf). La sélection de ces individus devait initialement être réalisée à partir des données des deux approches (questionnaire et mise en situation). Toutefois, la capacité des expériences de mise en situation à mettre en évidence un impact des odeurs s'est avérée limitée (net effet des odeurs uniquement dans l'Expérience 2, l'Expérience 3 mettant en évidence un effet marginal, implicite et seulement sous certaines conditions). C'est pourquoi la sélection des deux groupes –Olf et +Olf est effectuée *à partir du seul score total ECOLE*. Ce choix est soutenu par le fait que le score ECOLE a été en partie validé par des comportements olfactifs réels (impact des odeurs sur l'appréciation des objets, évaluation hédonique des odeurs, conscience des odeurs environnantes).

La définition des sous-groupes a été réalisée à partir de la distribution des scores totaux ECOLE, selon une procédure similaire à celle employée par Cupchik et al. (2005). Elle a porté sur les 178 enfants ayant aussi participé à l'Etape 2, car nous souhaitons disposer des variables "évaluation hédonique" et "conscience des odeurs" mesurées dans cette étape. D'importantes différences de genre étant apparues dans les résultats du questionnaire, nous avons considéré séparément les distributions des filles et des garçons. Chacune des deux distributions a été divisée

en quartiles. Les quartiles inférieurs, situés entre les scores de 3.0 à 6.0 pour les filles et de 2.5 à 4.5 pour les garçons, correspondent aux enfants les *moins* olfactifs (-Olf). Les quartiles supérieurs, situés entre les scores de 9.0 à 12.0 pour les filles et de 7.5 à 13.5 pour les garçons, correspondent aux enfants les *plus* olfactifs (+Olf; Figure 39). Les enfants appartenant à ces quartiles extrêmes ont été sollicités (automne 2005) à participer à la poursuite de l'étude (Etapes 4 à 7). Au total, 69 enfants ont participé aux étapes suivantes, dont deux ont dû être écartés de l'étude du fait de données incomplètes (questionnaire non complété par les parents dans les Etapes 5 à 7). Ainsi, l'échantillon dont les réponses ont pu être analysées est composé de 67 enfants : 31 filles (17 -Olf, 14 +Olf) et 36 garçons (19 -Olf, 17 +Olf). Ces participants, âgés en moyenne de 8.8 ± 1.2 ans, se répartissent en deux groupes d'âge (6-8 ans et 9-11 ans). Il existe une différence d'âge entre les sujets -Olf et +Olf, mais elle n'est pas significative (8.6 ± 1.1 vs. 9.1 ± 1.2 , $t_{65} = 1.53$, $p = .131$). Notons qu'aucune analyse fondée sur les fratries ne pourra être réalisée dans cette Partie II, aucune d'entre elles n'ayant été conservée lors de la sélection de l'échantillon.

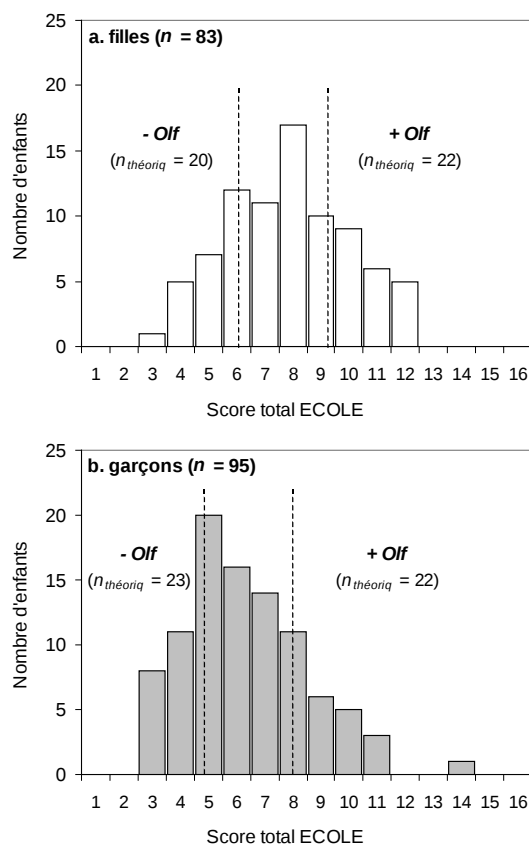


Figure 39 Distribution des scores totaux ECOLE pour (a) les filles et (b) les garçons ayant participé aux Etapes 1b et 2 ($n = 178$), et identification des individus les moins olfactifs (-Olf) et les plus olfactifs (+Olf) correspondant aux premier et dernier quartiles.

2. Mesure des capacités olfactives des enfants (ETAPE 4)

2.1. Introduction

L'objectif principal de ce volet expérimental est d'évaluer dans quelle mesure les enfants –Olf et +Olf se différencient sur des mesures objectives et standardisées des capacités olfactives de détection, de discrimination et d'identification. Lorsqu'on perçoit une odeur, les molécules odorantes sont d'abord détectées (ou pas) par les structures nerveuses périphériques, puis les messages olfactifs convergent dans les structures centrales où s'effectuent le traitement et l'encodage des informations. Des réponses physiologiques et comportementales peuvent ensuite apparaître en réponse à ces stimulations. Le questionnaire ECOLE porte en partie sur ces sorties comportementales. Le recueil d'informations supplémentaires sur les deux premiers niveaux de traitement (détection et traitement de l'information) devrait donc permettre d'apporter un éclairage sur les fondements perceptifs de la variabilité olfactive notée au sein de notre échantillon.

De nombreuses méthodes permettent de tester les capacités olfactives humaines, tant au niveau des procédures que du matériel de présentation des stimulations : olfactomètre à flux d'air continu (Lorig et al., 1999 ; chez l'enfant : Obrebowski et al., 2000 ; Hummel et al., 2007), flacons de verre (Lehrner et al., 1999a chez l'adulte et l'enfant), stimuli micro-encapsulés sur papiers à gratter *Scratch-and-Sniff* (Doty et al., 1984 ; chez l'enfant : Richman et al., 1992), bouteilles à comprimer *Squeeze-Bottles* (Amoore & Ollman, 1983 ; chez l'enfant : Rosenbluth et al., 2000) ou feutres odorants *Sniffin' Sticks* (Hummel et al., 1997). La méthode utilisée dans notre étude doit à la fois être adaptée au jeune âge des participants (complexité et durée réduites), suffisamment précise pour mettre en évidence des différences interindividuelles fines, et enfin être ergonomique pour le transport et l'utilisation faciles dans les écoles. La méthode des *Sniffin' Sticks*, utilisée pour mesurer la fonction olfactive des adultes (Kobal et al., 1996 ; Hummel et al., 1997) et des enfants (Knecht, 2003 ; Konstantinidis et al., 2005) semble la mieux adaptée pour répondre à ces différentes contraintes.

Dans cette partie seront présentées les performances de détection, de discrimination et d'identification olfactives des sous-groupes d'enfants –Olf et +Olf au test des *Sniffin' Sticks*. Dans un but descriptif, ces capacités olfactives seront d'abord analysées en fonction de l'âge et du genre des enfants, puis mises

en relation entre elles. Concernant les effets d'âge, on peut s'attendre à l'absence de variation de la sensibilité à l'alcool phényl-éthylque (comme dans l'étude de Chalouhi et al., 2005), et à une augmentation des capacités de discrimination et d'identification (Richman et al., 1995a ; Knecht, 2003). Les filles devraient révéler de meilleures performances dans les trois tâches (Koelega & Köster, 1974 ; Doty et al., 1984). Enfin, les trois capacités olfactives devraient être corrélées comme chez l'adulte (Hummel et al., 1997). Leur corrélation avec des dimensions cognitives sera examinée (la fluidité verbale, mesurée dans l'Etape 1b, et le traitement de l'information, représenté dans l'Etape 2 par le nombre de réponses correctes au test de barrage dans la condition témoin). Le lien entre fonctionnement cognitif et performances olfactives devrait être significatif, notamment entre la fluidité verbale et l'identification olfactive (Larsson et al., 2000).

Puis, les groupes d'enfants –Olf et +Olf seront comparés du point de vue de leurs capacités olfactives mesurées par le test des *Sniffin' Sticks*. Nous prédisons que le groupe d'enfants +Olf, supposé prêter davantage attention aux odeurs environnantes, devrait avoir une détection plus fine et des aptitudes de traitement cognitif des odeurs plus élaborées que le groupe –Olf. Des questionnaires pour l'adulte, analogues au questionnaire ECOLE, ont montré que l'importance déclarée des odeurs quotidiennes était liée à un pouvoir évocateur plus marqué des odeurs réelles (images, souvenirs, noms : Cupchik et al., 2005) et à une plus forte intensité perçue (Pierce et al., 2004).

Enfin, dans le but de mieux comprendre les différents aspects du fonctionnement olfactif chez l'enfant, nous mettrons en relation les performances aux *Sniffin' Sticks* avec d'autres mesures olfactives, issues de l'Etape 2 : l'évaluation hédonique de quatre odeurs¹⁴ et la variable qui rend compte de la capacité à remarquer spontanément la présence d'une odeur, dénommée précédemment "conscience des odeurs"¹⁵.

¹⁴ Rappelons que les quelques individus ayant jugé les odeurs plaisantes négativement et les odeurs déplaisantes positivement ont été écartés des analyses (Etape 2, Partie I), ramenant les effectifs pris en compte ici à $n = 61$ pour les acides isovalérique et butyrique, et $n = 64$ pour la fraise. Aucun sujet n'a été écarté pour l'alcool phényl-éthylque, du fait des notes hédoniques très hétérogènes ($n = 66$).

¹⁵ La variable de conscience des odeurs possède deux modalités dans la Partie II de l'étude, du fait des effectifs réduits après la sélection –Olf/+Olf. Elle distingue les enfants conscients des odeurs dans les trois expériences de l'Etape 2 ($n = 28$) et ceux conscients dans les Expériences 1 et 2, ou 1 seule ($n = 7+28 = 35$).

2.2. Participants, matériels et méthodes

2.2.1. Méthode générale

PARTICIPANTS

Le groupe de participants, sélectionné selon la procédure exposée dans l'Etape 3, est âgé de 8.8 ± 1.2 ans en moyenne et se compose de 67 enfants : 31 filles et 36 garçons, parmi les moins olfactifs (-Olf) et les plus olfactifs (+Olf) selon le questionnaire ECOLE.

Un nouveau consentement écrit des parents était requis pour la participation des enfants et des parents aux Etapes 5 à 7 de l'étude, et la réalisation de ces étapes expérimentales a fait l'objet d'une déclaration auprès de la Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés¹⁶. La direction des écoles, les enseignants et les Inspecteurs de l'Education Nationale des secteurs concernés ont également donné leur accord pour la réalisation de cette étude dans les établissements scolaires.

Des séances préliminaires ont été nécessaires pour l'entraînement des expérimentateurs et l'adaptation des méthodes au jeune âge des participants. Quelques adultes et 26 enfants recrutés dans les centres de loisirs de la ville de Couchey et de l'Inra à Bretenières ont participé à ces séances (16 filles, 10 garçons, en moyenne 8.5 ± 1.6 ans). Leurs réponses n'ont pas été prises en compte dans l'analyse des résultats présentée ci-après.

MATERIEL

Le test des *Sniffin' Sticks* a été mis au point par Kobal et Hummel (Hummel et al., 1997). Il est manufacturé par Burghart Gmbh (Wedel, Allemagne ; www.burghart.net). Les supports sont des stylos odorants (longueur : 14 cm, diamètre : 1.3 cm, Figure 40a) dont le feutre est imprégné d'un liquide constitué d'un odorant dilué dans le propylène-glycol. La validité temporelle du dispositif est de 6 mois. La présentation s'effectue à environ 2 cm sous les deux narines des participants (Figure 40b). Chaque stimulation n'est présentée qu'une seule fois.

¹⁶ Déclaration n°1137114.

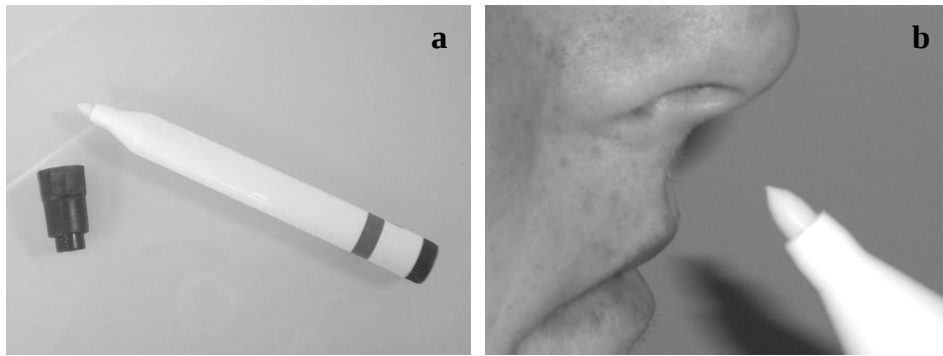


Figure 40 (a) Exemple de feutre à odeur (*Sniffin' Stick*). (b) Mode de présentation d'un feutre.

PROCEDURE

Trois mesures ont été effectuées grâce aux *Sniffin' Sticks* : le seuil de détection de l'alcool phényl-éthylique, la discrimination et l'identification. La passation des trois épreuves a été répartie en deux sessions. La première, consacrée au test de seuil, se déroulait systématiquement le matin pour limiter de possibles variations journalières de sensibilité (Stevens et al., 1988 ; Koelega, 1994a). Sa durée était très variable, allant de 8 à 34 min selon les individus (temps moyen : 18 min). La seconde session comprenant les tests de discrimination et d'identification se déroulait le jour-même ou un autre jour (matin ou après-midi), et durait environ 20 min.

Quatre expérimentateurs (trois femmes et un homme) ont recueilli les données, et les enfants ont rencontré au total entre un et trois expérimentateurs.

Avant chaque session, l'expérimentateur demandait à l'enfant d'inspirer par le nez, puis de se moucher, afin d'évaluer son encombrement nasal. La fonction olfactive étant altérée lors de rhinites (Deems et al., 1991 ; Bonfils et al., 2004 ; voir aussi l'Etape 2 de notre étude), la passation était reportée si l'enfant était enrhumé. Les enfants ont également été interrogés sur la prise éventuelle de médicaments, l'occurrence dans le passé de maladies ou d'opérations subies dans la sphère ORL ou céphalique.

Enfin, plusieurs précautions ont été prises pour limiter la pollution olfactive de la salle : 1) aération avant chaque passation, 2) port de gants en vinyle quasiment inodores, 3) report de la passation si l'enfant avait mangé juste avant la séance, et enfin 4) limitation des odeurs émises par l'expérimentateur (l'application de parfum, la consommation, juste avant les passations, de tabac et d'aliments ou boissons particulièrement odorants tels que le café ou les agrumes, devaient être évités).

2.2.2. Seuil de détection

MATERIEL

Le test de seuil est constitué de 16 triplets de feutres (Figure 41a) : chaque triplet contient deux feutres témoins (solvant seul) et un feutre odorant (solvant + alcool phényl-éthylique). La molécule d'alcool phényl-éthylique, qui dégage une odeur florale proche de la rose, a été choisie du fait de sa moindre composante trigéminal (Doty et al., 1978). Le triplet n°1 contient la plus forte concentration qui est une dilution de l'odorant à 4%. La concentration est ensuite divisée par deux pour chaque triplet suivant : 2% pour le triplet n°2, 1% pour le triplet n°3 et ainsi de suite jusqu'à 0.000122% (122 ppm) pour le triplet n°16. Le principe du test est de déterminer à partir de quelle dilution l'enfant est capable de détecter la présence de l'odeur (triplet n°16).

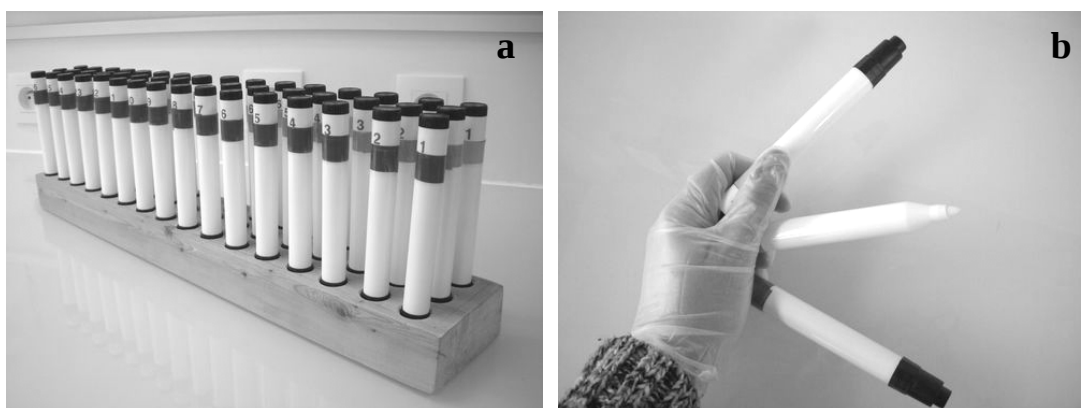


Figure 41 (a) Ensemble des stimulations pour le test de seuil. (b) Mode de préhension des triplets de feutres à odeurs pour les tests de seuil et de discrimination.

PROCEDURE

Le principe du test était d'abord expliqué à l'enfant à l'aide de trois images, deux sphères bleues et une sphère verte, présentées successivement (phase de familiarisation créée spécifiquement pour les besoins de l'étude). Le sujet devait indiquer quelle image était *différente* des deux autres. Il lui était ensuite demandé d'appliquer le même raisonnement à des stimulations odorantes¹⁷. Après que l'enfant se soit mouché et que l'expérimentateur lui ait bandé les yeux, la méthode dite ascendante était appliquée.

¹⁷ Il n'était pas demandé à l'enfant de déterminer « quel feutre sent quelque chose » mais « quel feutre sent différemment des deux autres », selon les indications données dans le manuel d'utilisation des *Sniffin' Sticks*. Le choix de cette consigne se justifiait par le fait que les feutres témoin dégageaient inévitablement une très légère odeur et que les sujets pouvaient avoir l'impression de percevoir une odeur dans les trois feutres, plutôt que dans un seul des trois.

La méthode ascendante consiste à présenter d'abord le triplet de stimulations de plus faible concentration, puis à poursuivre avec les concentrations supérieures. A l'apparition d'une réponse correcte de détection, la même concentration est présentée à nouveau. Si une seconde réponse correcte est donnée, ce niveau de dilution constitue le premier point d'inflexion du profil. La présentation des dilutions est ensuite réalisée de façon décroissante jusqu'à obtention d'une réponse incorrecte (2nd point d'inflexion). Puis les concentrations supérieures sont à nouveau présentées jusqu'à obtention de deux réponses correctes consécutives pour une même dilution. Sept points d'inflexion sont ainsi produits pour s'approcher le plus précisément du seuil de détection olfactive. Lors de la présentation d'un triplet, l'ordre de présentation du feutre odorant (repéré par l'expérimentateur grâce à un code couleur invisible pour le sujet) est aléatoire. Les trois feutres du triplet sont tenus dans une main (Figure 41b) et présentés successivement à l'enfant, de façon à permettre une à deux inspirations. Dans notre expérience, il a été convenu que l'expérimentateur devait toucher de sa main libre l'épaule de l'enfant au moment où il lui présentait une stimulation, afin que celui-ci (qui a les yeux bandés) sache à quel moment il devait inhaler.

Lors de la session préliminaire, les enfants ont exprimé peu d'intérêt pour cette tâche, du fait de sa durée, de la contrainte d'attention qu'elle demande et de la faible intensité des odeurs entraînant parfois une certaine frustration. En conséquence, les expérimentateurs avaient pour consigne d'encourager les enfants et d'effectuer des pauses toutes les 5 minutes, au cours desquelles ils pouvaient enlever leur bandeau et se moucher.

VARIABLE CALCULEE

La variable calculée est la moyenne des quatre derniers points d'inflexion du profil de sensibilité : par exemple, si les quatre derniers points d'inflexion apparaissent aux dilutions 10, 7, 9 et 6, le seuil de détection est égal à 8 (cf. Annexe H) et représente le niveau de dilution moyen à partir duquel l'enfant est capable de détecter l'odeur d'alcool phényl-éthylique. Ce **score de sensibilité**, nommé **SENSIB** par la suite, correspond à une faible sensibilité olfactive s'il est proche de 1 (concentration la plus forte) et à une forte sensibilité olfactive s'il est proche de 16 (concentration la plus faible). Notons que pour certains enfants ($n = 3$), le dernier point d'inflexion était très inférieur aux autres points, traduisant très probablement un effet de fatigue. Pour ces sujets, ce sont les quatre inflexions

précédant le dernier point qui ont été prises en compte pour le calcul du score de sensibilité olfactive.

2.2.3. Discrimination

MATERIEL

Le test de discrimination se compose de 16 triplets de feutres. Chaque triplet contient deux feutres dont l'odeur est identique et un feutre dégageant une odeur différente. Pour chaque triplet, les odeurs, d'intensité comparable, sont présentées à des concentrations supraliminales. La qualité olfactive des odorants est donnée dans l'Annexe I.

PROCEDURE

Les participants devaient déterminer, pour chaque triplet, quel feutre était différent des deux autres. Après que l'enfant se soit mouché et que l'expérimentateur lui ait soigneusement bandé les yeux, ce dernier présentait successivement les 16 triplets d'odorants. L'ordre de présentation du feutre cible au sein du triplet était différent à chaque essai. Une pause était effectuée après le 8^{ème} triplet odorant.

VARIABLE CALCULEE

Chaque réponse correcte obtient 1 point, contre 0 point pour les réponses incorrectes. Le **score de discrimination**, appelé **DISCR** par la suite, est égal à la somme des réponses correctes obtenues, comprise entre 0 et 16.

2.2.4. Identification

MATERIEL

Le test d'identification se compose de 16 feutres dégageant des odeurs alimentaires ou non : *orange, cuir, cannelle, menthe, banane, citron, réglisse, térébenthine, ail, café, pomme, clou de girofle, ananas, rose, anis, poisson*. Ces odorants étaient présentés à des concentrations supraliminales.

PROCEDURE

Pour chaque odeur, l'enfant devait sentir le feutre puis essayer dans un premier temps de l'identifier librement, c'est-à-dire sans que l'expérimentateur ne lui fournisse aucun indice. Dans un second temps, il devait choisir une réponse parmi quatre : afin que ce test soit plus attractif pour les enfants, les dénominations proposées étaient accompagnées d'images, choisies spécifiquement pour cette étude (Annexe J). Le choix était forcé, même lorsque la réponse libre précédente était correcte. Une pause pouvait être effectuée après le 8^{ème} feutre, mais n'était généralement pas nécessaire car les enfants ont montré beaucoup d'intérêt pour cette tâche.

VARIABLES CALCULEES

Chacune des 16 réponses libres obtient un score qui est fonction de sa pertinence : 1 point est attribué pour une réponse correcte (par exemple : « *citron* » ou « *bonbon au citron* » pour l'odeur de citron), 0.5 point est attribué pour une réponse presque correcte, c'est-à-dire proche de la réponse attendue (par exemple : « *orange* » ou « *limonade* » au lieu de citron) et 0 point pour une réponse incorrecte (par exemple : « *menthe* » au lieu de citron). La somme de ces sous-scores, comprise en 0 et 16, forme un **score d'identification libre**, noté **ID-LIBRE** par la suite.

Pour l'identification à choix forcé, ou indicée, chaque réponse correcte obtient 1 point, contre 0 point pour les réponses incorrectes. Le **score d'identification à choix forcé**, appelé **ID-QCM**, est égal à la somme des réponses correctes, comprise entre 0 et 16.

2.3. Résultats

2.3.1. Analyses préalables

Des ANOVAs à un facteur ont montré qu'aucune des performances olfactives des sujets, à savoir SENSIB, DISCR, ID-LIBRE et ID-QCM, n'est influencée par les facteurs expérimentateur (4 modalités) et période de la journée (9 et 10 h 30 pour le seuil ; 9, 10 h 30, 14 et 15 h 30 pour les deux autres tests¹⁸) (Annexe D).

¹⁸ Le même découpage horaire que dans les étapes précédentes (9, 10, 11, 14, 15 et 16 h) n'était pas réalisable du fait du nombre réduit de sujets.

Les performances olfactives ne sont pas influencées par la prise de médicaments ($n = 8$), ni par le fait que l'enfant ait été opéré des amygdales ou des oreilles ($n = 13$). En revanche, les individus sujets à l'asthme ou aux allergies respiratoires ($n = 6$) ont de meilleurs scores que les autres enfants pour la discrimination (13.5 ± 1.9 vs. 11.4 ± 2.2 ; $t_{65} = 2.19$, $p < .05$) et l'identification indicée (11.7 ± 1.8 vs. 9.9 ± 2.3 ; $t_{65} = 1.86$, $p = .067$), mais ils sont aussi plus âgés (10.0 ± 0.7 vs. 8.7 ± 1.2 ans, $t_{65} = 2.60$, $p < .05$) ce qui pourrait expliquer cet effet.

Enfin, les capacités olfactives ont été mises en relation avec deux variables représentatives des capacités cognitives : la fluidité verbale, mesurée lors de la passation du questionnaire ECOLE (Etape 1b), et une mesure des capacités de traitement de l'information (nombre de réponses correctes dans la condition témoin du test de barrage, Etape 2). Toutes ces variables sont positivement et significativement corrélées entre elles, exceptées la fluidité verbale avec la sensibilité olfactive (Tableau 6). La plupart de ces variables étant fonction de l'âge, les corrélations partielles avec l'âge en covariable ont été effectuées. Les capacités de discrimination et d'identification demeurent corrélées à la fluidité verbale (discrimination : $r = .24$, $p = .051$; identification indicée : $r = .30$, $p < .05$; identification libre : $r = .25$, $p < .05$), tandis qu'aucune corrélation n'est significative entre le traitement de l'information et les variables olfactives.

Tableau 6 Corrélations entre les variables de capacités olfactives et cognitives ($n = 67$).

	SENSIB	DISCR	ID-QCM	ID-LIBRE
FLUIDITE VERBALE	+ .18 <i>ns</i>	+ .34 **	+ .38 **	+ .29 *
TRAITEMENT DE L'INFO.	+ .25 *	+ .38 **	+ .33 **	+ .24 <i>p=.051</i>

2.3.2. Capacités olfactives

DESCRIPTION DES VARIABLES

Le seuil de détection de l'alcool phényl-éthylique était en moyenne de 7.0, avec de larges variations interindividuelles (écart-type = 4.2). Les tâches de discrimination et d'identification indicée ont donné lieu à des scores moyens relativement élevés, de 11.6 ± 2.3 et 10.0 ± 2.3 respectivement (maximum : 16). Les performances moyennes mesurées lors du test d'identification libre étaient faibles, égales à 4.3 ± 2.0 pour un score maximal de 16. On notera (Figure 42) la présence de points atypiques représentant les scores DISCR et ID-QCM particulièrement bas de deux

garçons de 7 et 8 ans, et le score ID-LIBRE particulièrement élevé d'une fille de 10 ans : de tels scores pourraient s'expliquer par les performances de fluidité verbales faibles des deux premiers sujets ($\bar{\alpha} = -1.82$ et $\bar{\alpha} = -1.44$) et élevée pour le troisième ($\bar{\alpha} = 1.18$, sachant que les scores sont compris entre -1.82 et 1.56 dans l'échantillon étudié).

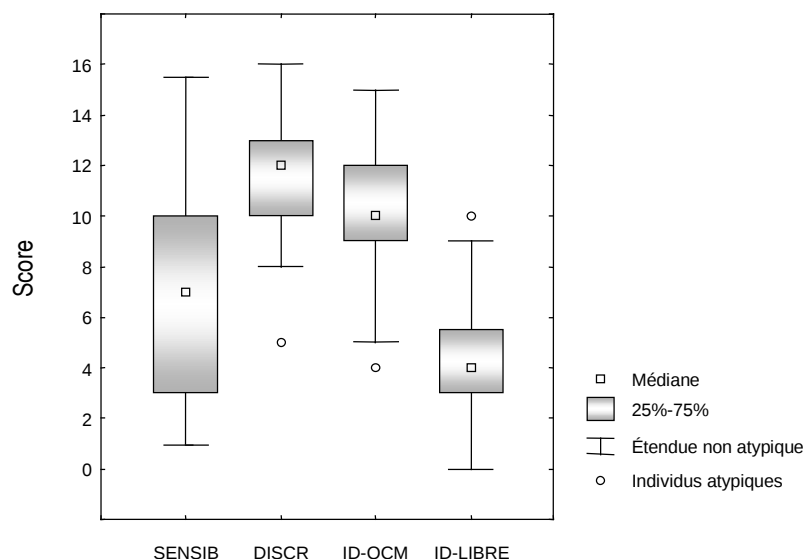


Figure 42 Capacités olfactives de détection de l'alcool phényl-éthylrique (SENSIB), de discrimination (DISCR), d'identification à choix forcé (ID-QCM) et d'identification libre (ID-LIBRE) ($n = 67$).

Dans le test de discrimination, certaines paires d'odorants ont été moins bien discriminées que d'autres (Figure 43). Il s'agit des paires pour lesquelles les odorants sont les plus ressemblants : la n°8 (deux molécules énantiomères ayant une odeur *mentholée*), la n°7 (*citron* et *camphre*), la n°13 (*citron* et *citronnelle*) et la n°4 (*anis* et *clou de girofle*) (cf. Annexe I).

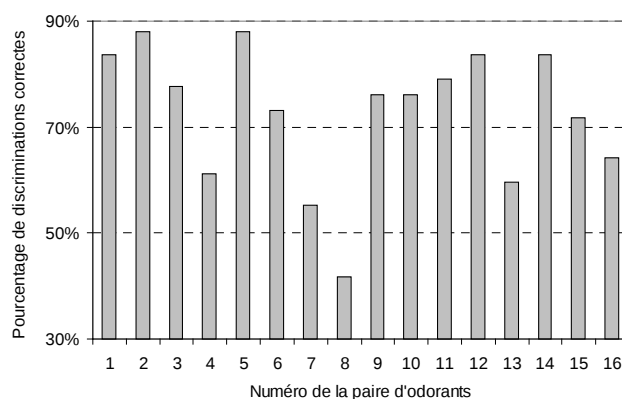


Figure 43 Pourcentage de réponses correctes par paire d'odorants (listés en Annexe I) dans la tâche de discrimination (DISCR).

Dans le test d'identification, certains odorants sont difficilement identifiés, que ce soit de façon libre ou indicée : c'est le cas du *cuir* et de la *pomme* (Figure 44), peu évocatrice des objets réels. Au contraire, d'autres odorants comme la *menthe*, le *café*, l'*orange*, le *citron* et la *banane* ont obtenu des pourcentages de réponses correctes élevés à la fois pour l'identification libre et pour l'identification indicée. Pour les neuf odorants restants, les pourcentages de réponses correctes s'améliorent sensiblement entre la condition libre et la condition à choix forcé. Le détail des réponses libres est donné en Annexe K.

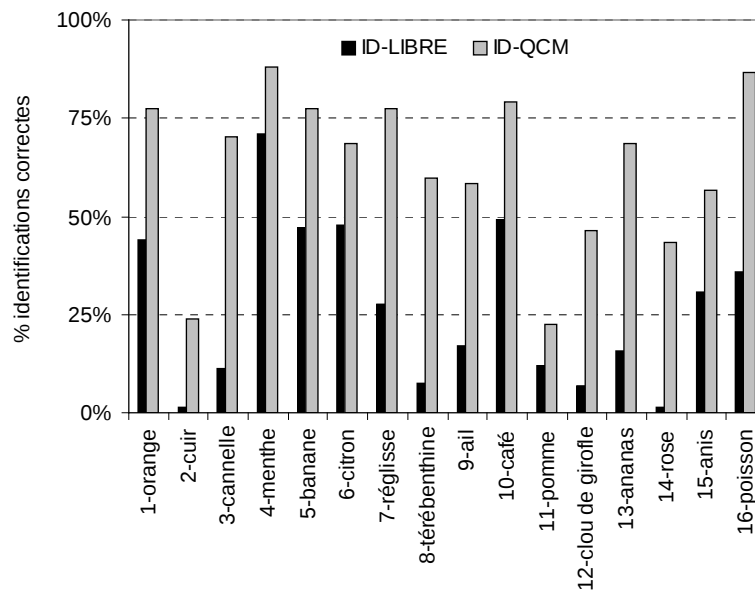


Figure 44 Pourcentage de réponses correctes par odorant dans les tests d'identification libre (ID-LIBRE) et indicée (ID-QCM).

EFFETS DE L'ÂGE ET DU GENRE

Bien que l'échantillon étudié soit dichotomique du point de vue des scores totaux ECOLE, les distributions des performances SENSIB, DISCR, ID-LIBRE et ID-QCM pour ce même échantillon ne suivent pas une répartition bimodale et sont assimilables à des distributions normales (Annexe L). D'une part, cette observation suggère une faible correspondance entre les performances olfactives et le score total ECOLE, ce que nous examinerons plus précisément par la suite ; d'autre part, elle rend possible la réalisation d'analyses de variance et de corrélations à partir de ces variables.

Nous avons effectué quatre ANOVAs à deux facteurs afin d'examiner les effets de l'âge (2 modalités : 6-8 ans et 9-11 ans), du genre et de leur interaction sur les variables SENSIB, DISCR, ID-LIBRE et ID-QCM. L'âge a un effet significatif sur les

performances de discrimination ($F_{1,63} = 8.55, p < .01$) et d'identification à choix forcé ($F_{1,63} = 4.98, p < .05$)¹⁹ : les performances des enfants de 9-11 ans sont supérieures à celles des 6-8 ans (DISCR : 12.6 ± 1.8 vs. 11.0 ± 2.3 ; ID-QCM : 10.8 ± 1.8 vs. 9.5 ± 2.4). Aucun effet du genre, ni de l'interaction âge x genre n'est significatif. En ce qui concerne le test de détection olfactive, les 9-11 ans semblent avoir une meilleure sensibilité que les 6-8 ans (7.7 ± 3.8 vs. 6.5 ± 4.5) et les filles semblent être plus sensibles que les garçons (7.6 ± 4.4 vs. 6.5 ± 4.1), mais ces différences ne sont pas statistiquement significatives du fait de la forte variabilité des scores. Un examen plus détaillé, réalisé à titre indicatif du fait des faibles effectifs (Figure 45), indique que la sensibilité est particulièrement faible chez les 6-7 ans (3.3 ± 2.1) et inversement chez les 10.5-11 ans (10.1 ± 3.0), tandis qu'entre 7.5 et 10 ans la sensibilité se situe en moyenne autour de 7, mais avec de très larges variations.

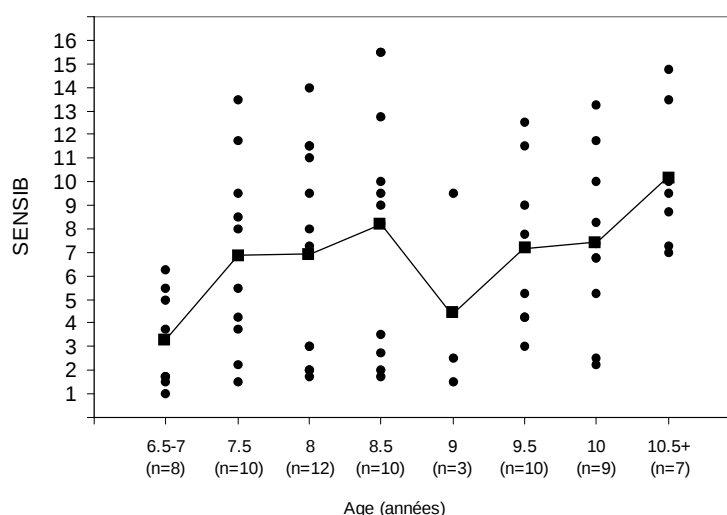


Figure 45 Scores de détection olfactive de l'alcool phényl-éthylique (1 : faible sensibilité, 16 : forte sensibilité) en fonction de l'âge : chaque sujet est représenté par un point et la moyenne du groupe d'âge par un carré plein.

CORRELATIONS ENTRE LES MESURES DE CAPACITES OLFACTIVES

Dans un premier temps, le seuil de détection de l'odeur d'alcool phényl-éthylique a été mis en relation avec l'identification indicée de cette odeur (en identification libre, un seul enfant sur 67 a fourni une réponse correcte). Le seuil de détection des enfants qui ont, par la suite, correctement identifié l'odeur de rose ($n = 29$) n'est pas différent de celui des enfants qui n'ont pas réussi à l'identifier ($n = 38$) (6.4 ± 4.5 vs. $7.5 \pm 4.0, t_{65} = 1.10, p = .275$).

¹⁹ Lorsque la fluidité verbale est placée en covariable, l'effet d'âge est maintenu pour la discrimination ($F_{1,62} = 5.01, p < .05$), mais pas pour l'identification à choix forcé (*ns*). Lorsque l'efficacité du traitement de l'information est placée en covariable, l'âge n'a plus d'effet significatif sur la discrimination ni sur l'identification à choix forcé (*ns*).

Dans un second temps, une analyse de corrélations entre les quatre variables de capacité olfactive montre que la sensibilité à l'alcool phényl-éthylque n'est pas significativement corrélée aux trois autres variables de discrimination et d'identification qui, en revanche, sont positivement corrélées entre elles. Les corrélations partielles prenant l'âge comme covariable indiquent que seules les deux tâches d'identification sont significativement corrélées (Tableau 7).

Tableau 7 Corrélations (a) simples, et (b) partielles avec l'âge en covariable, entre les variables de sensibilité olfactive, de discrimination, et d'identification libre et indicée ($n = 67$).

a	SENSIB	DISCR	ID-QCM	b	SENSIB	DISCR	ID-QCM
DISCR	+ .14 <i>ns</i>			DISCR	+ .02 <i>ns</i>		
ID-QCM	+ .09 <i>ns</i>	+ .30 *		ID-QCM	- .02 <i>ns</i>	+ .19 <i>ns</i>	
ID-LIBRE	+ .07 <i>ns</i>	+ .24 $p=.050$	+ .66 ***	ID-LIBRE	+ .02 <i>ns</i>	+ .19 <i>ns</i>	+ .66 ***

2.3.3. Liens entre les capacités olfactives (Etape 4) et le score total ECOLE (Etape 1b)

Dans cette partie, nous avons examiné la relation entre les capacités olfactives mesurées par les *Sniffin' Sticks* et le score total ECOLE de comportement olfactif déterminé dans l'Etape 1b. Quatre ANOVAs à deux facteurs (groupe +Olf/-Olf, genre) ont été effectuées sur les variables SENSIB, DISCR, ID-QCM et ID-LIBRE. Aucun effet principal du groupe Olf, du genre, ou de l'interaction groupe Olf x genre n'est significatif. Notons que pour la performance de détection (SENSIB), les filles semblent avoir une sensibilité olfactive plus élevée que les garçons dans le groupe des plus olfactifs (+Olf) alors qu'il n'y a pas de différence dans le groupe - Olf, mais cette interaction n'atteint pas la significativité ($F_{1,63} = 2.43$, $p = .124$; Figure 46). Des analyses similaires prenant en compte la covariable âge (ANCOVA) ne révèlent aucun effet significatif.

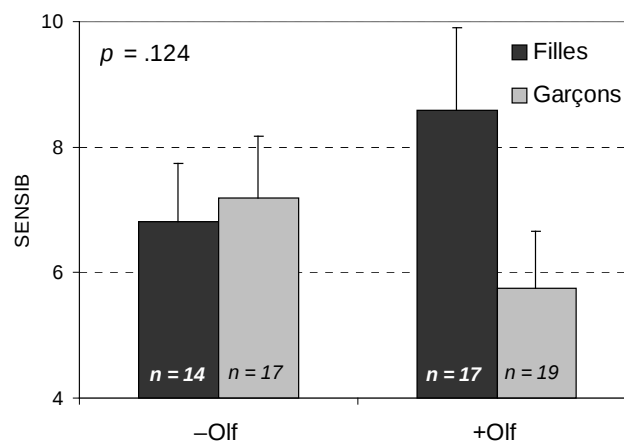


Figure 46 Sensibilité à l'alcool phényl-éthylque (*moyenne ± erreur-type*) en fonction du genre et des groupes -Olf (les moins olfactifs) et +Olf (les plus olfactifs selon le score total ECOLE) (ANOVA).

Une analyse plus fine a été réalisée sur les participants ayant des scores SENSIB, DISCR, ID-QCM et ID-LIBRE ‘faibles’ et ‘élevés’. Ces individus correspondent aux premier et dernier quartiles de la distribution de chaque score de capacité olfactive. La Figure 47 montre que dans le groupe +Olf, les enfants ayant des mesures olfactives ‘élevées’ sont plus nombreux que ceux ayant des mesures olfactives ‘faibles’, et ceci pour les quatre scores. La tendance inverse apparaît dans le groupe –Olf (excepté pour la sensibilité olfactive). Cependant, aucun des quatre tests de Chi-deux ($ddl = 1$), comparant le nombre d’individus aux performances ‘élevées’ et ‘faibles’ dans chacun des groupes –Olf et +Olf, ne révèle de différences significatives ($p_s > .214$).

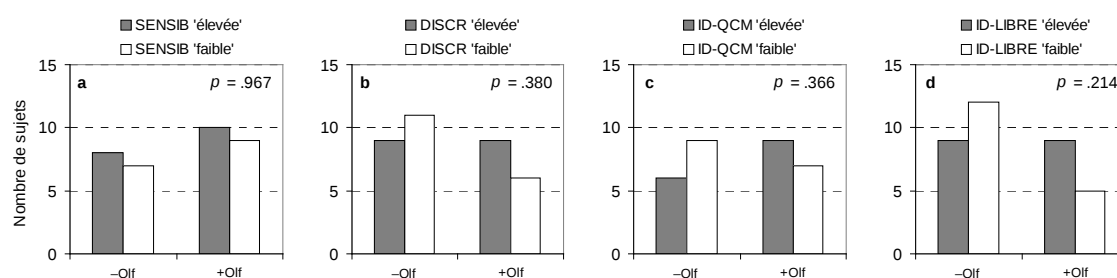


Figure 47 Répartition des individus ayant des capacités olfactives (a) de sensibilité, (b) de discrimination, (c) d'identification indicée, (d) d'identification libre, particulièrement faibles et élevées, dans les groupes –Olf et +Olf (Chi-deux).

2.3.4. Liens entre les capacités olfactives (Etape 4) et les autres variables olfactives (Etape 2)

Cette dernière partie consiste à mettre en relation les capacités olfactives mesurées grâce aux *Sniffin' Sticks* avec l'évaluation hédonique et la conscience des odeurs évaluées plus haut (Etape 2). Rappelons que l'évaluation hédonique concerne quatre odeurs, dont une plaisante (fraise), deux déplaisantes (acides isovalérique et butyrique) et une évaluée de façon très hétérogène (alcool phényl-éthylque). Quant à la conscience des odeurs, elle représente la capacité des enfants à remarquer des odeurs présentées de façon implicite dans trois expériences.

CAPACITES OLFACTIVES ET EVALUATION HEDONIQUE DES ODEURS

D'après les résultats des corrélations, la sensibilité olfactive (SENSIB) est corrélée négativement à la notation hédonique des odeurs. Ce lien ne s'approche de la significativité que pour l'odeur de fraise ($r = -.22$, $p = .077$), mais disparaît lorsqu'on contrôle la variabilité liée à l'âge (Tableau 8). La capacité à discriminer (DISCR) est négativement corrélée avec la notation hédonique des odeurs

déplaisantes d'acide isovalérique ($r = -.37, p < .01$) et butyrique ($r = -.29, p < .05$), et les capacités d'identification sont positivement corrélées à la notation hédonique de l'alcool phényl-éthylque (ID-QCM : $r = .21, p = .093$; ID-LIBRE : $r = .27, p < .05$). Ces corrélations effectuées avec l'âge en covariable donnent des résultats similaires (Tableau 8).

Tableau 8 Coefficients de corrélations partielles, où l'âge est la covariable, entre les variables de sensibilité, de discrimination, d'identification indicée et libre, et les évaluations hédoniques de quatre odeurs (Etape 2).

	SENSIB	DISCR	ID-QCM	ID-LIBRE
Fraise ($n = 64$)	– .19 <i>ns</i>	+ .06 <i>ns</i>	– .09 <i>ns</i>	+ .09 <i>ns</i>
Alcool phényl-éthylque ($n = 66$)	– .03 <i>ns</i>	+ .07 <i>ns</i>	+ .21 $p = .092$	+ .27 *
Acide isovalérique ($n = 61$)	– .06 <i>ns</i>	– .35 **	– .10 <i>ns</i>	– .13 <i>ns</i>
Acide butyrique ($n = 61$)	– .04 <i>ns</i>	– .22 *	– .13 <i>ns</i>	– .16 <i>ns</i>

Les enfants qui ont correctement identifié l'odeur d'alcool phényl-éthylque (rose) dans le test d'identification indicée ($n = 29$) n'ont pas donné de notes hédoniques plus élevées à cette odeur que les enfants qui n'ont pas réussi à l'identifier correctement ($n = 37$) (4.3 ± 1.6 vs. 4.5 ± 1.9 , $t_{64} = .26, p = .798$).

Pour terminer, examinons les capacités olfactives des enfants écartés des analyses pour avoir, contrairement à leurs pairs, jugé déplaisante²⁰ l'odeur de fraise ($n = 2$, une fille et un garçon de 10 ans) et plaisantes²¹ les odeurs d'acides isovalérique et butyrique ($n = 9$, 4 filles et 5 garçons de 7 à 9 ans). Il apparaît que ces enfants se distinguent principalement par leur sensibilité olfactive : ceux qui ont donné des notes hédoniques atypiques pour l'odeur de fraise ont une sensibilité olfactive exacerbée (SENSIB = 14.75 et 10) par rapport à la moyenne du groupe (7.0). De plus, ceux qui ont donné des notes atypiques pour les odeurs d'acides isovalérique et butyrique ont une sensibilité plus faible que les autres enfants (SENSIB = 3.9 ± 2.6 vs. 7.5 ± 4.2 , $t_{65} = 2.49, p < .01$).

CAPACITES OLFACTIVES ET CONSCIENCE DES ODEURS

Les capacités olfactives des enfants conscients des odeurs dans les trois expériences et celles des enfants conscients des odeurs dans l'Expérience 1, ou les Expériences 1 et 2, ont été comparées par des ANOVAs. Les résultats indiquent que les enfants conscients des odeurs dans les trois expériences ont de meilleures

²⁰ Note hédonique < 4 (les notes allant de 1 : « je déteste » à 7 : « j'adore »).

²¹ Note hédonique > 4 .

performances que les autres enfants (SENSIB : $F_{1,61} = 9.91$, $p < .01$; DISCR : $F_{1,61} = 6.36$, $p < .05$; ID-QCM : $F_{1,61} = 5.07$, $p < .05$; ID-LIBRE : $F_{1,61} = 3.82$, $p = .055$). Cependant, les enfants conscients des odeurs dans les trois expériences sont plus âgés que les autres ($F_{2,60} = 9.84$, $p < .001$) et on sait que DISCR et ID-QCM augmentent avec l'âge. De nouvelles analyses de variance avec l'âge en covariable ont donc été effectuées (ANCOVAs), indiquant qu'un seul des effets précédents reste significatif : les enfants conscients des odeurs dans les trois expériences ont une plus grande sensibilité olfactive que les autres enfants (8.9 ± 3.9 vs. 5.7 ± 4.1 ; $F_{1,60} = 4.70$, $p < .05$).

2.4. Discussion

2.4.1. Les capacités olfactives des enfants

SENSIBILITE

La sensibilité olfactive à l'alcool phényl-éthylque s'avère très variable d'un individu à l'autre. La sensibilité des enfants de 6-8 ans ne diffère pas significativement de celle des 9-11 ans, tout comme dans l'étude de Hummel et al. (2007), qui comparent avec la même méthode et le même odorant des groupes de 6-7, 8-9 et 10-12 ans. Chalouhi et al. (2005), comparant les seuils à l'alcool phényl-éthylque des plus jeunes et des plus âgés d'un groupe de 25 enfants âgés de 6 à 13 ans, obtiennent des résultats similaires. Notons par ailleurs qu'aucune comparaison n'est possible avec les performances adultes obtenues avec la méthode des *Sniffin' Sticks*, car elles sont soit non explicitement quantifiées (Kobal et al., 2001), soit mesurées avec la molécule de butanol (Hummel et al., 1997). Dans notre étude, lorsqu'on effectue un découpage plus fin des groupes d'âge, la sensibilité des enfants de 6.5-7 ans semble toutefois particulièrement faible par rapport au reste du groupe, tandis que celle des enfants de 10.5-11 ans paraît particulièrement élevée. Les effectifs sont toutefois trop faibles pour pouvoir tirer des conclusions définitives de ces observations.

Par ailleurs, les filles tendent à avoir une meilleure sensibilité olfactive que les garçons, bien que cette différence ne soit pas significative, du fait d'une importante variabilité interindividuelle. D'autres travaux montrent que les différences sexuelles de seuil olfactif à l'alcool phényl-éthylque sont soit inexistantes (chez l'enfant : Chalouhi et al., 2005) soit variables en fonction de la

méthode utilisée ou du moment de test (chez l'adulte : Kobal et al., 2001). Cette instabilité des résultats pourrait être due à d'importantes variations intra-individuelles des seuils olfactifs (Stevens et al., 1988). Des répétitions des mesures de seuil pour un même individu (Pause et al., 1998) pourraient permettre de pallier ces variations. Dans notre étude, les mesures de seuil n'étaient effectuées que le matin afin de limiter la variabilité circadienne. On peut regretter que la duplication des mesures n'ait pas été réalisable (temps de passation limité dans les écoles), car elle aurait pu permettre de clarifier l'existence de différences sexuelles de sensibilité olfactive chez l'enfant.

DISCRIMINATION

Les performances de discrimination s'améliorent avec l'âge, confirmant les résultats de plusieurs autres études utilisant une méthode identique (enfants de 3-12 ans : Hummel et al., 2007) ou proche (enfants de 5-15 ans : Richman et al., 1995a). Cette amélioration pourrait être due en grande partie à la maturation cognitive des enfants, puisque les performances de discrimination sont positivement corrélées avec la fluidité verbale et avec la capacité de traitement de l'information (mesurée dans le test de barrage). La charge cognitive de cette tâche de discrimination semble en effet importante puisque l'enfant doit être capable de stocker en mémoire quasi-simultanément trois items pour les comparer, et ceci 16 fois d'affilée. Pour des stimulations olfactives, l'empan mnésique à court terme de l'adulte se situe le plus souvent autour de 3 items (Dacremont & Valentin, 2004), alors qu'il se situe autour de 7 avec des chiffres (Miller, 1956). Chez l'enfant, l'empan mnésique à court terme pour des chiffres passe de 4-5 items à 6-7 items entre 6 et 11 ans (Dempster, 1981). On ne connaît pas sa valeur pour les odeurs, mais il est très probable qu'elle soit inférieure à la valeur adulte (3) et qu'elle augmente avec l'âge, expliquant ainsi l'amélioration des performances de discrimination dans notre étude. Les performances de discrimination restent toutefois élevées (tous les sujets sauf un ont exprimé au moins 50% de réponses correctes), ce qui indique qu'une tâche nécessitant le traitement quasi-simultané de trois stimulations, dont deux sont semblables, est réalisable à partir de 6 ans²². L'implication des capacités cognitives dans la réalisation du test de discrimination peut également être mise en évidence par la comparaison des performances obtenues dans notre étude avec les performances standard obtenues chez des adultes de différents âges avec la même méthode (Hummel et al., 1997). Avec

²² Cette conclusion s'applique également au test de seuil, qui fonctionne sur le même principe que le test de discrimination.

toutes les précautions d'usage du fait de telles comparaisons visuelles, on note que les performances de discrimination des enfants de 9-11 ans sont de l'ordre de celles d'adultes de 18 à 37 ans (Figure 48). Celles des enfants de 6-8 ans se rapprochent davantage de celles d'adultes de 38 à 57 ans, pour lesquels les capacités de mémoire de travail sont en diminution par rapport aux adultes plus jeunes (Salthouse, 1994).

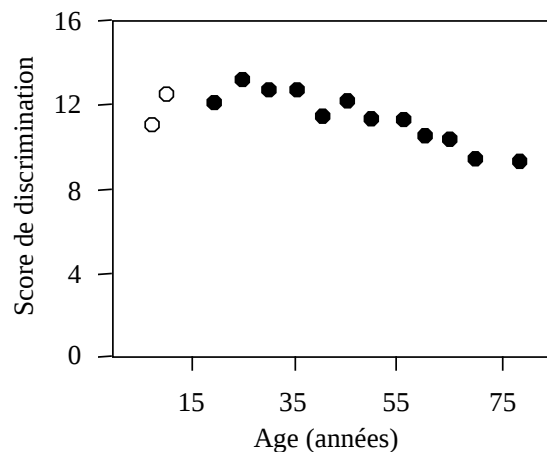


Figure 48 Performances moyennes de discrimination au test des *Sniffin' Sticks* pour les groupes d'âge suivants : 6-8 ans, 9-11 ans (○, notre étude), 18-22 ans, 23-27 ans, 28-32 ans, 33-37 ans, 38-42 ans, 43-47 ans, 48-52 ans, 53-57 ans, 58-62 ans, 63-67 ans, 68-72 ans et 73-84 ans (●, d'après Hummel et al., 1997).

Enfin, aucun effet de genre n'apparaît pour la discrimination, ce qui est aussi le cas dans une autre étude utilisant des odorants arbitraires (Richman et al., 1995a). Il est à souligner que, lorsqu'il s'agit d'odorants d'origine biologique ayant une signification dans la vie quotidienne (odeur des pairs), les filles se montrent meilleures discriminatrices que les garçons (Verron & Gaultier, 1976 ; Mallet & Schaal, 1998). Cette supériorité pourrait refléter l'implication de l'expérience individuelle, moins facilement mise en évidence avec les odorants d'un test standard comme celui des *Sniffin' Sticks*.

IDENTIFICATION

Les performances d'identification des odeurs sont meilleures dans la condition indicée que dans la condition libre. Ce résultat rejoint ceux d'autres études chez l'enfant et chez l'adulte (Engen & Ross, 1973 ; Cain et al., 1995 ; Rouby et al., 1997).

Dans notre étude, les performances indicées s'élèvent en moyenne à 62% de réponses correctes, et augmentent significativement avec l'âge. Ce résultat concorde avec les résultats de Richman et al. (1995b), qui décrivent une amélioration des performances d'identification indicée, notamment entre 4 et 8 ans. Contrairement aux épreuves de détection et de discrimination qui mobilisent plutôt la mémoire de travail, l'épreuve d'identification met en jeu la mémoire à long terme puisqu'il s'agit d'évoquer les associations entre sensations et dénominations. Ainsi, il n'est pas surprenant que les performances d'identification indicée soient corrélées à la mémoire sémantique à long terme, représentée par la fluidité verbale ($r = .38$). Le maintien de cette corrélation ($r = .30$) lorsque la variabilité liée à l'âge est contrôlée suggère que des différences verbales interindividuelles pourraient être à l'origine de variations des capacités d'identification olfactive. La comparaison des performances d'identification indicée de nos participants avec celles d'adultes au même test dans l'étude de Hummel et al. (1997) suggère que les enfants, en général, sont moins performants que les adultes, même âgés (Figure 49). L'expérience pourrait donc jouer un rôle non négligeable dans l'acquisition de connaissances sémantiques sur les odeurs.

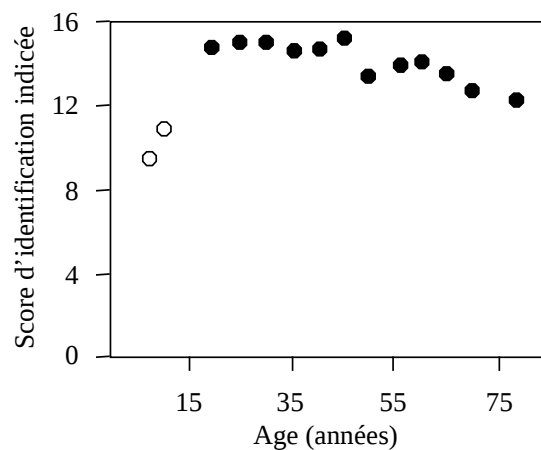


Figure 49 Performances moyennes d'identification indicée au test des *Sniffin' Sticks* pour les groupes d'âge suivants : 6-8 ans, 9-11 ans (○, notre étude), 18-22 ans, 23-27 ans, 28-32 ans, 33-37 ans, 38-42 ans, 43-47 ans, 48-52 ans, 53-57 ans, 58-62 ans, 63-67 ans, 68-72 ans et 73-84 ans (●, d'après Hummel et al., 1997).

Les performances d'identification libre, plutôt faibles dans notre étude, sont en cohérence avec les études antérieures : alors que le nombre de réponses correctes avoisine généralement les 40 à 50% chez l'adulte (Lawless & Engen, 1977 ; Rouby et al., 1997), les enfants de 6-11 ans donnent en moyenne 27% de réponses correctes (notre étude) et les enfants de 5-6 ans 7% (Rouby et al., 1997). Les

performances d'identification libre sont corrélées à la fluidité verbale ($r = .29$) mais n'augmentent pas avec l'âge. Des difficultés inhérentes à la récupération en mémoire des odeurs et de leurs attributs semblent être à l'œuvre ici. L'identification libre d'un odorant implique que l'enfant en ait auparavant rencontré l'odeur et le nom, si possible à plusieurs reprises : il est concevable qu'ainsi, seules les odeurs familières engendrent de telles associations. Cette hypothèse se vérifie puisque les odeurs de menthe, banane, citron et orange, en principe couramment rencontrées dans l'alimentation des enfants de culture française (bonbons, sirops etc.), sont beaucoup plus facilement identifiées que les odeurs d'épices (cannelle, clou de girofle), de cuir ou de térébenthine, moins caractéristiques de l'environnement infantin. On peut donc penser que les capacités cognitives sont moins impliquées dans le processus d'identification libre que les phénomènes liés à l'expérience.

Enfin, il est étonnant de constater qu'aucune différence dans les performances d'identification n'apparaît entre filles et garçons. Pourtant, les filles ont une meilleure fluidité verbale (cf. Etape 1b), ce qui aurait pu leur conférer un avantage dans la dénomination des odeurs. De plus, la plupart des études indiquent une supériorité des filles (Doty et al., 1984 ; Richman et al., 1995b ; Knecht, 2003) et des femmes (Doty et al., 1984 ; Larsson et al., 2003) en ce qui concerne l'identification des odeurs (en mode libre ou indicé). Il ne peut être exclu que, dans notre étude, les différences liées au genre puissent être minimisées par l'accumulation d'expériences olfactives, liée au protocole expérimental. En effet, l'épreuve d'identification était la dernière réalisée. Elle était précédée de quelques mois par le questionnaire ECOLE, la présentation implicite et la notation hédonique d'odeurs, et de quelques heures par les tests de seuil et de discrimination olfactive. De surcroît, ce dernier contenait la moitié des odorants présentés ensuite dans le test d'identification. Cet enchaînement de tests pourrait avoir joué comme un "éveil sensoriel", stimulant l'attention aux odeurs et leur traitement explicite (verbalisation, comparaison, mémorisation, évaluation). Les garçons dont, au quotidien, les comportements olfactifs et l'attention aux odeurs seraient moins encouragés que chez les filles, pourraient avoir davantage bénéficié de cet effet.

LIENS ENTRE LES TROIS TESTS DE PERFORMANCES OLFACTIVES

Lorsqu'on contrôle la variabilité liée à l'âge, on s'aperçoit que seules les performances d'identification libre et indicée sont significativement corrélées ($r = .66$). Ceci suggère que la détection, la discrimination et l'identification relèveraient de compétences olfactives relativement indépendantes. En utilisant la même méthode chez l'adulte pour mesurer les capacités de détection au butanol, de discrimination et d'identification indicée, Hummel et al. (1997) décrivent des corrélations supérieures à .50 entre les trois tâches. Toutefois, les sujets ($n = 104$) étaient âgés de 18 à 84 ans et leurs performances diminuaient significativement avec l'âge. Dans ce cas, les fortes corrélations bénéficient donc certainement de la variabilité liée à l'âge, et des corrélations partielles avec l'âge en covariable révéleraient probablement des corrélations moins fortes entre les tests. Malgré une certaine indépendance entre les trois tâches, nous avons noté lors du test de discrimination que certains enfants tentaient spontanément d'identifier les odorants. Cette observation pourrait expliquer l'existence d'une corrélation ($r = .19$) entre les performances de discrimination et d'identification libre et indicée. Du fait que cette corrélation reste modérée et non significative, la stratégie consistant à identifier spontanément les odeurs pour les discriminer semble d'une efficacité limitée. Le seuil de détection n'est pas corrélé aux autres tests olfactifs, mais deux individus particulièrement peu sensibles ont eu de très faibles performances de discrimination et d'identification. Ce résultat montre que la capacité à détecter les odeurs est certes une condition nécessaire pour pouvoir traiter l'information olfactive, mais que dans le même temps, un bon niveau de sensibilité n'entraîne pas forcément un traitement cognitif des odeurs plus perfectionné. Ce point est confirmé, par exemple, dans des études comparant des personnes malvoyantes et voyantes, différentes sur le plan de l'identification des odeurs mais pas sur celui de la sensibilité olfactive (Murphy & Cain, 1986). Il en est de même dans des travaux comparant des experts en vin et des novices, qui diffèrent sur leur mémoire des arômes du vin et non sur leur sensibilité (Parr et al., 2002).

2.4.2. Liens entre les capacités olfactives et les autres variables olfactives

LIENS ENTRE CAPACITES OLFACTIVES ET SCORE ECOLE (ETAPE 1b)

Les capacités de détection des enfants –Olf et +Olf ne diffèrent pas, ce qui est plutôt cohérent avec le fait qu'elles apparaissent relativement dissociées du traitement discriminatif et sémantique des odeurs dans le test des *Sniffin' Sticks*.

Par ailleurs, l'examen visuel des données indique que les enfants du groupe +Olf auraient des performances de discrimination et d'identification plus élevées, ce qui concorde avec nos prédictions. Toutefois, cet effet n'est pas significatif.

Deux hypothèses peuvent être avancées pour expliquer l'absence de relation significative entre le score ECOLE et les mesures de capacités olfactives avec le test des *Sniffin' Sticks*. La première concerne les odorants : dans le test des *Sniffin' Sticks*, les stimulation odorantes sont plus ou moins proches des sources odorantes réelles, du fait de leur mode de préparation (dilution dans un solvant) et de leur composition (molécule unique, alors que les arômes sont généralement plus complexes). De plus, 60 à 80% des odorants utilisés dans les tests de discrimination et d'identification sont alimentaires, alors que la plupart des items du questionnaire ECOLE porte sur des odeurs non alimentaires, d'origine sociale ou environnementale. La seconde hypothèse concerne la signification du contexte. Les situations olfactives abordées dans le questionnaire ECOLE ont une réelle signification pour les enfants, puisqu'elles concernent leur vie quotidienne et recouvrent des événements idiosyncrasiques. A l'inverse, les odorants des *Sniffin' Sticks* sont identiques pour tous et sont décontextualisés. En résumé, la valeur écologique des méthodes, non équivalente dans le questionnaire ECOLE et le test des *Sniffin' Sticks*, pourrait être à l'origine du décalage entre celles-ci.

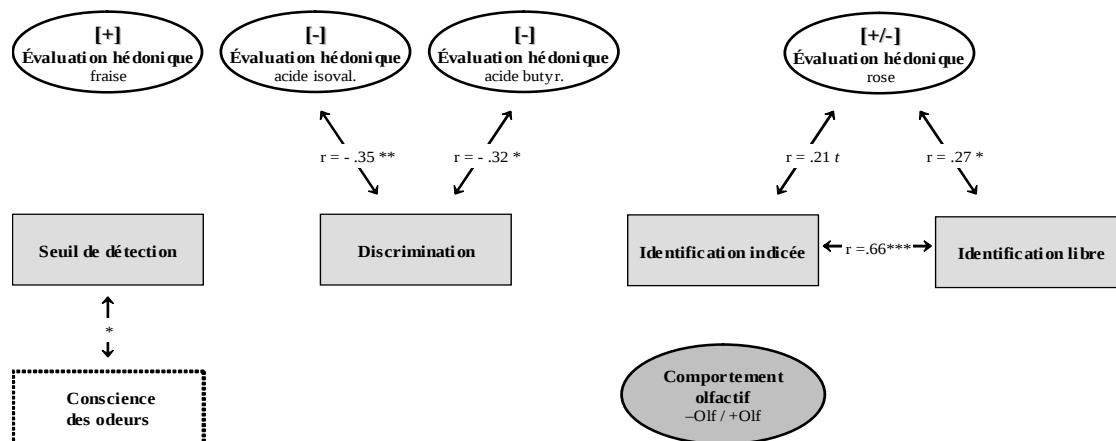


Figure 50 Récapitulatif des liens entre les compétences olfactives de détection, de discrimination et d'identification des enfants (Etape 4), et leur score ECOLE de comportement olfactif (Etape 1b), leur évaluation hédonique de quatre odeurs (+ : plaisantes, - : déplaisantes) et leur conscience des odeurs (Etape 2). Les résultats présentés sont obtenus en contrôlant la variabilité liée à l'âge.

LIENS ENTRE CAPACITES OLFACTIVES ET EVALUATION HEDONIQUE DES ODEURS (ETAPE 2)

Des relations entre capacités olfactives mesurées par les *Sniffin' Sticks* et jugement hédonique de quatre odorants utilisés dans l'Etape 2 de l'étude ont été mises en évidence (Figure 50). Une sensibilité olfactive élevée tend à être associée à une moindre appréciation des odeurs, notamment de l'odeur de fraise ($r = -.22$, passant à $r = -.19$, non significatif, lorsque la variabilité liée à l'âge est contrôlée). De plus, les deux enfants ayant déclaré ne pas aimer cette odeur – pourtant notée très positivement par la plupart des enfants – ont une sensibilité olfactive particulièrement élevée. Les neuf participants ayant apprécié l'acide isovalérique et l'acide butyrique, odeurs déplaisantes pour la plupart des enfants, ont une faible sensibilité olfactive à l'alcool phényl-éthylique. L'hypothèse d'une anosmie spécifique pour ces enfants est donc peu vraisemblable : un déficit plus général de détection des odeurs semble les caractériser. Lorsque le niveau de détection est faible, les odeurs sont perçues comme étant moins intenses, ce qui atténue de ce fait leur caractère déplaisant. Ces résultats restent fragiles, du fait des corrélations modestes (fraise) et de la sporadicité des cas d'évaluation hédonique inattendue. Ils sont cependant concordants avec ceux d'Engen (1974) qui révèlent, chez des enfants de 7 ans, une corrélation négative entre la préférence pour une odeur de fleur d'oranger et son intensité perçue. De la même façon, Stevenson et Repacholi (2003) mettent en évidence qu'une odeur de sueur masculine est d'autant moins appréciée qu'elle est perçue comme intense par des enfants (7-11 ans) et par des adolescents (16-17 ans).

Par ailleurs, plus la capacité à discriminer les odeurs est bonne, plus le jugement hédonique des odeurs désagréables est négatif (Figure 50). L'épreuve de discrimination consiste essentiellement à analyser la qualité de l'odeur, intégrant la dimension hédonique. Les odeurs utilisées dans cette tâche étant hédoniquement contrastées, le critère hédonique a pu être effectivement utilisé pour la discrimination, et ceci de façon plus marquée par les enfants les plus réactifs au caractère déplaisant des odeurs. La raison pour laquelle la relation entre discrimination et jugement hédonique ne s'applique pas aux odeurs plaisantes pourrait résider dans le fait que le caractère plaisant est perceptivement moins saillant que le caractère déplaisant (Ehrlichman & Bastone, 1992).

Quant aux scores d'identification, ils sont corrélés positivement à l'évaluation hédonique de l'alcool phényl-éthylique uniquement (Figure 50). La familiarité est un des déterminants majeurs des préférences olfactives (Engen, 1974 ; Cain & Johnson, 1978). Soussignan (1997) montre, par exemple, que l'appréciation de la

lavande augmente entre 4 et 13.5 ans parallèlement à l'augmentation du taux d'identification de cette odeur, peu familière chez les plus jeunes. Chez les 8-17 ans, la capacité à identifier une odeur plaisante (musc, caramel) est associée à une note hédonique plus élevée. Inversement, la capacité à identifier une odeur déplaisante (sueur) est associée à une note hédonique plus faible (Stevenson & Repacholi, 2003). Dans notre étude, c'est la capacité globale à identifier les odeurs mesurée par le test des *Sniffin' Sticks*, et non pas l'identification de l'odeur de rose elle-même, qui est associée à une plus grande appréciation de cette odeur. Sa concentration élevée lors de l'évaluation hédonique (bien supérieure à celle utilisée dans les tests de seuil et d'identification) a pu provoquer des difficultés de reconnaissance. Il est en effet fréquent que la qualité et la valence hédonique des odeurs varient en fonction de leur concentration (Gross-Isseroff & Lancet, 1988). Il est donc probable que, dans le test de notation hédonique, seuls les enfants ayant une meilleure connaissance sémantique des odeurs ont réussi à reconnaître une odeur florale, et ont, par conséquent, émis un jugement plus positif. L'absence de relation directe entre l'identification et l'évaluation hédonique de l'odeur de rose est certainement due au fait que ces deux dimensions ont été évaluées à partir de concentrations d'odeur différentes et de façon espacée dans le temps.

LIENS ENTRE CAPACITES OLFACTIVES ET CONSCIENCE DES ODEURS

Les enfants se déclarant conscients des odeurs dans les trois expériences de l'Etape 2 ont une sensibilité olfactive supérieure à celle des autres enfants (sans que cet effet soit lié à l'âge). Ces enfants semblent donc détecter plus facilement les odeurs, dans un test standard comme dans des conditions plus proches de la réalité. Dans l'environnement sensoriel global, les odeurs pourraient avoir une saillance perceptive plus marquée pour eux que pour d'autres enfants, captant ainsi plus facilement leur attention. On ne peut pas exclure l'hypothèse d'un mécanisme inverse. Dans ce cas, les capacités attentionnelles de ces enfants, globalement supérieures, leur permettraient à la fois de mieux réussir la tâche de seuil et de mieux partager leur attention entre les différentes stimulations de l'Etape 2 (sans pour autant qu'ils aient des capacités de détection plus fines).

2.4.3. Résumé et conclusions

Le seuil de détection de l'odeur d'alcool phényl-éthylque connaît une forte variabilité interindividuelle. Les performances moyennes aux tests de discrimination et d'identification indicée sont élevées, tandis que celles de l'identification libre sont particulièrement faibles. Les capacités olfactives de discrimination et d'identification indicée **s'améliorent entre 6 et 10 ans**, en partie grâce au développement des capacités cognitives de l'enfant. Cette augmentation ne concerne pas l'identification libre, indiquant l'importance de l'expérience dans l'acquisition de connaissances spécifiques aux odeurs (certaines odeurs n'étant pas très représentatives de l'environnement olfactif enfantin). Quant aux **différences de genre**, elles sont inexistantes, contrairement à nos attentes : le protocole expérimental, impliquant l'accumulation de tests olfactifs, peut avoir contribué à réduire ces différences. Enfin, la sensibilité, la discrimination et l'identification évaluées par les *Sniffin' Sticks* semblent être des **compétences assez distinctes** lorsqu'on contrôle la variabilité liée à l'âge.

Une des questions principales de cette étape était de savoir si le comportement olfactif déclaré (score **ECOLE**) était lié aux **compétences olfactives** mesurées par des méthodes psychophysiques traditionnelles. **Aucun effet significatif** n'a toutefois été mis en évidence. Des différences de **qualité** et de **signification contextuelle** des odorants impliqués dans les deux méthodes sont invoqués pour expliquer cette absence de relation.

Par ailleurs, lorsqu'on examine le lien entre **jugement hédonique** et performances olfactives, on s'aperçoit que *i)* de bonnes capacités de **discrimination** sont associées à un **rejet plus marqué des odeurs déplaisantes**, et *ii)* de bonnes capacités d'**identification** olfactive sont associées à une **évaluation hédonique plus positive**, mais uniquement pour l'odeur de rose, peu familière et dont la valence hédonique 'ne saute pas au nez'. De plus, les enfants **peu sensibles** aux odeurs tendent à **moins rejeter** les odeurs déplaisantes (acides isovalérique et butyrique) tandis que l'odeur plaisante de fraise est **moins appréciée** par les enfants **très sensibles** (tendances valables surtout pour les enfants ayant des seuils de détection extrêmes).

Enfin, une **sensibilité olfactive élevée** est associée à une meilleure **capacité à remarquer spontanément la présence d'odeurs** dans l'environnement sensoriel (Etape 2).

L'étape suivante consiste à examiner l'impact d'autres facteurs intrinsèques ne concernant pas directement le fonctionnement olfactif de l'individu, ainsi que l'impact de facteurs extrinsèques (caractéristiques de l'environnement physique et socioculturel) sur les différentes variables olfactives évaluées dans cette étude.

3. Evaluation par les parents de la personnalité (ETAPE 5), de l'environnement (ETAPE 6) et du comportement olfactif des enfants (ETAPE 7)

3.1. Introduction

Depuis le début de cette étude, nous avons pu examiner plusieurs aspects du fonctionnement olfactif des enfants (comportement olfactif déclaré, conscience des odeurs en situation réelle, préférences olfactives, capacités olfactives), ainsi que leur variabilité et leurs inter-relations. La suite de l'étude consiste à explorer les sources potentielles de variation, autres que le genre et l'âge, de ces variables olfactives. Les facteurs causaux étudiés relèvent du fonctionnement psychologique des individus (personnalité) et de divers aspects de leur environnement physique et socioculturel.

Dans l'Etape 5, des informations sur plusieurs traits de la personnalité de l'enfant ont été recueillies, puis mises en relation avec les différentes variables olfactives de l'étude. La personnalité est définie par les caractéristiques générales de réactivité émotionnelle et de comportement d'un individu face au monde extérieur. Bien que les études reliant personnalité et perception olfactive restent rares et contradictoires, et concernent surtout les adultes, nous proposons les hypothèses suivantes. Les enfants présentant des tendances à l'Extraversion (émotivité positive, engagement actif dans les interactions sociales) pourraient être moins sensibles aux odeurs (Herbener et al., 1989). Ceux présentant des tendances au Névrotisme (perception négative de soi et du monde) pourraient au contraire être plus sensibles aux odeurs (Pause et al., 1998 ; Chen & Dalton, 2005) et plus performants à les identifier (Larsson et al., 2000). Il n'est pas exclu, toutefois, que l'évaluation hédonique des odeurs ne soit pas modulée par ces deux dimensions de la personnalité (Filsinger et al., 1987 ; Larsson et al., 2000). En revanche, la Néophobie Alimentaire pourrait être associée à une moindre appréciation des odeurs (Frank & van der Klaauw, 1994 ; Raudenbush et al., 1998). Il est difficile d'émettre des prédictions quant au comportement olfactif déclaré (score ECOLE), dans la mesure où celui-ci regroupe des aspects divers du fonctionnement sensoriel et cognitif (réactivité, connaissance). On peut néanmoins suggérer que des scores ECOLE élevés pourraient être associés à des tendances névrotiques plus marquées.

L'Etape 6 a consisté à examiner le rôle de l'expérience et du modelage culturel dans le fonctionnement olfactif des enfants. Dans un premier temps, les parents ont fourni des informations sur la diversité olfactive de l'environnement familial. La qualité de l'exposition olfactive peut moduler certaines performances olfactives comme la discrimination (Hummel et al., 2004) et l'identification (Doty et al., 1985), ainsi que les préférences (Mennella & Garcia, 2000). Les enfants exposés à une grande diversité olfactive au quotidien pourraient par conséquent avoir de meilleures performances de discrimination et d'identification, ainsi qu'une plus forte réactivité hédonique aux odeurs. On peut supposer qu'ils développent également un comportement olfactif plus marqué (score ECOLE plus élevé). Dans un second temps, plusieurs dimensions socioculturelles ont été évaluées par les parents : composition du foyer, niveau d'éducation et profession des parents, origines ethniques. Les spécificités culturelles et éducatives associées à ces dimensions interviennent massivement dans le développement et la construction de l'individu (Bronfenbrenner, 1977 ; Super & Harkness, 1986). Elles pourraient ainsi, en modulant le contexte et la qualité de l'exposition olfactive, influencer les connaissances (identification), les préférences et le comportement olfactifs des enfants.

Enfin, l'Etape 7 repose sur l'évaluation du comportement olfactif des enfants par leurs parents (à l'aide d'une sélection d'items du questionnaire ECOLE). Les enfants qui se déclarent plus ou moins olfactifs devraient aussi être considérés comme tels par leurs parents. Un tel résultat pourrait apporter un élément de validation supplémentaire au questionnaire ECOLE. L'évaluation du comportement olfactif par les parents a également été mise en relation avec les autres variables olfactives de l'étude, dans un but exploratoire (capacités olfactives, préférences olfactives, conscience des odeurs).

3.2. Méthode générale

3.2.1. Participants

Les participants aux Etapes 5, 6 et 7 sont les parents des enfants ayant pris part à l'Etape 4 de l'étude. Rappelons que ces enfants ont été sélectionnés comme étant les moins olfactifs (-Olf) et les plus olfactifs (+Olf) selon leur score au questionnaire ECOLE de l'Etape 1b (voir procédure de sélection dans l'Etape 3).

Les parents répondants étaient la mère ($n = 51$), le père ($n = 13$), ou les deux ($n = 3$). Les familles étaient biparentales ($n = 59$, dont 6 recomposées²³) ou monoparentales ($n = 8$, dont 7 mères et 1 père célibataires).

3.2.2. Méthode

La mesure de plusieurs caractéristiques de la personnalité et de l'environnement des enfants, ainsi que l'évaluation de leur comportement olfactif, ont été effectuées grâce à un ensemble de six questionnaires (décrits par la suite et figurant en Annexe M), regroupés sous la forme d'un formulaire unique. Ce formulaire comprenait un paragraphe introductif informant les parents des thèmes abordés ainsi que du mode d'utilisation de l'échelle de réponses. Bien que certains des six questionnaires, tirés de la littérature, utilisent à l'origine des échelles variées, une unique échelle en 5 points allant de 'jamais/pas du tout vrai' à 'très souvent/très vrai' a été adoptée pour l'ensemble des questionnaires afin de simplifier le mode de réponse.

3.2.3. Procédure

Le formulaire, mis sous enveloppe nominative, a été distribué en classe aux enfants afin qu'ils le transmettent à leurs parents. Une enveloppe pré-timbrée était fournie avec le formulaire pour un retour direct par courrier au Centre Européen des Sciences du Goût. Les parents ayant accepté d'indiquer leurs coordonnées à la fin du formulaire (téléphone ou e-mail) ont été contactés en cas de réponses manquantes. Cependant, leur souhait de ne pas répondre à certaines questions a été strictement respecté. Enfin, la relance des parents qui tardaient à renvoyer le formulaire a été effectuée par l'intermédiaire des enseignants. Le délai de réponse était en moyenne de deux semaines (de 2 jours à 4 mois).

²³ Parents divorcés vivant en couple.

3.3. Evaluation des traits de personnalité (ETAPE 5)

Dans cette étape, plusieurs traits de personnalité relatifs aux dimensions d'Extraversion, de Névrotisme et de Néophobie Alimentaire ont été évalués par les parents des participants. Ils ont ensuite été mis en relation avec les différentes variables olfactives mesurées précédemment : le score ECOLE de comportement olfactif (Etape 1b), la notation hédonique, la conscience des odeurs (Etape 2) et les capacités olfactives (Etape 4).

3.3.1. Méthodes

Trois questionnaires en langue française ont été sélectionnés (Annexe M) afin de mesurer l'activité, la sociabilité (traits d'Extraversion), l'anxiété, l'émotivité (traits de Névrotisme) et la néophobie alimentaire.

ECHELLE EAS

Le questionnaire EAS, initialement anglophone (*Emotionality Activity Sociability temperament survey for children*, Buss & Plomin, 1984), a été adapté en français par Gasman et al. (2002) pour des enfants de 6 à 12 ans. Ce questionnaire comprend 20 questions, dont 6 ont une formulation inversée par rapport à la dimension mesurée. Quatre groupes de 5 items permettent de mesurer quatre traits de personnalité : l'émotivité, l'activité, la sociabilité, et la timidité. Nous avons légèrement modifié la formulation de trois items (1, 6, 18) pour lesquels Gasman et al. (2002) avaient souligné une traduction inadaptée.

ECHELLE BEH

Les items BEH (*Behavior*) de notre questionnaire sont tirés de l'ÉLDEQ, *Etude Longitudinale du Développement des Enfants du Québec* (Jetté, 2000 ; http://www.stat.gouv.qc.ca/publications/sante/questionnaires_an.htm). Parmi les items BEH existants, nous n'avons conservé que ceux qui étaient destinés aux enfants de 4 à 11 ans et qui concernaient les traits d'anxiété, de troubles émotifs, de comportement prosocial, d'inattention et d'hyperactivité. Ces items proviennent initialement des études ELEM (*Etude Longitudinale et Expérimentale de Montréal*, Tremblay et al., 1992), ESEO (*Étude sur la Santé des Enfants de l'Ontario*, Cadman et al., 1986) et du *Prosocial Behavior Questionnaire* (Weir & Duveen, 1981). Un travail de re-formulation des questions du Franco-Québécois au Français a été nécessaire pour plusieurs items.

ECHELLE DE NEOPHOBIE ALIMENTAIRE

Le questionnaire de néophobie alimentaire a pour but d'évaluer la crainte d'ingérer des aliments nouveaux ou inconnus. Cet outil a été utilisé en français pour des sujets de 4 à 22 ans par Nicklaus et al. (2005), qui ont constitué cette échelle à partir de la *Food Neophobia Scale* (Pliner & Hobden, 1992 ; adaptée en français par Ton Nu, 1996) et de la *Food Attitude Survey* (Frank & van der Klaauw, 1994). Le questionnaire de néophobie alimentaire se compose de 10 items, dont trois ont une formulation inversée (interrogent sur la *néophilie* alimentaire).

3.3.2. Variables calculées

Pour les trois questionnaires de personnalité, chaque item obtient un score correspondant à la catégorie choisie sur l'échelle en 5 points : le score s'étend de 1 point pour 'jamais/pas du tout vrai' à 5 points pour 'très souvent/très vrai'. Les items dont la formulation était inversée sont codés à l'inverse, c'est-à-dire de 1 point pour 'très souvent/très vrai' à 5 points pour 'jamais/pas du tout vrai'. Les scores des items sont ensuite moyennés par trait de personnalité afin d'obtenir des **scores d'émotivité, d'activité, de sociabilité, de timidité, d'anxiété, de troubles émotifs, de comportement prosocial, d'inattention, d'hyperactivité et de néophobie alimentaire** (compris entre 1 et 5). Notons que certains items du questionnaire BEH contribuent au calcul du score de plusieurs traits de personnalité (voir Annexe M).

Nous avons également classifié les enfants grâce à trois variables plus synthétiques. Ces variables sont *i)* l'**Extraversion**, représentée par la moyenne des traits d'activité, d'hyperactivité, d'inattention, de sociabilité, de comportement prosocial et de l'inverse de la timidité²⁴, *ii)* le **Névrotisme**, représenté par la moyenne des traits d'émotivité, d'anxiété et de troubles émotifs, et *iii)* la **Néophobie Alimentaire**. Pour chacune de ces trois dimensions, les individus sont placés soit dans le groupe extraverti/névrotique/néophobe quand le score correspondant est supérieur à 3, et dans le groupe peu extraverti/peu névrotique/peu néophobe lorsqu'il est inférieur à 3. Les individus dont le score est égal à 3 sont répartis, de façon aléatoire, dans l'un ou l'autre des groupes.

²⁴ L'étendue théorique allant de 1 à 5 (et 3 étant la neutralité), un score de timidité de 2.2, par exemple, se traduira par un score inverse de 3.8.

3.3.3. Résultats

ANALYSES PREALABLES

Des test-t ont permis d'évaluer l'effet du parent répondant sur les dix traits de personnalité mesurés dans les questionnaires EAS, BEH et de néophobie. Les traits de personnalité ont été évalués de la même manière par les pères ($n = 13$) et par les mères ($n = 51$), exceptée l'hyperactivité qui tend à être plus élevée lorsqu'elle est évaluée par les pères (3.1 ± 0.9 vs. mères : 2.6 ± 0.8 , $t_{62} = 1.93$, $p = .058$).

L'analyse descriptive des dix variables de personnalité met en évidence que les dimensions les plus socialement valorisées (sociabilité et prosociabilité, activité) obtiennent les scores les plus élevés, alors que les dimensions généralement dévalorisées et liées à des troubles comportementaux (inattention, anxiété, timidité, troubles émotionnels) obtiennent les scores les plus faibles. (Figure 51).

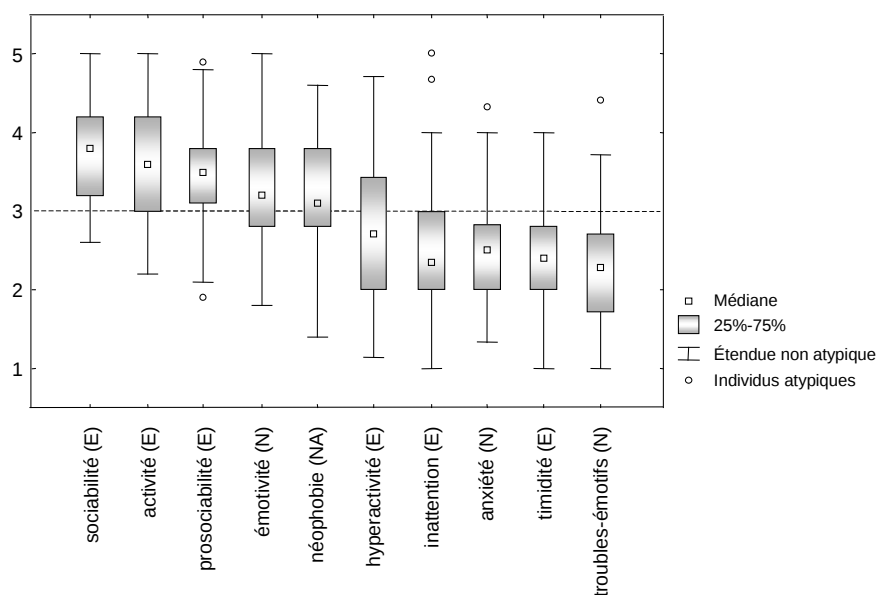


Figure 51 Evaluation des différents traits de personnalité relatifs aux dimensions d'Extraversion (E), de Névrotisme (N) et de Néophobie Alimentaire (NA), évalués sur une échelle de 1 (faible) à 5 (fort) ($n = 67$).

Aucun effet principal de l'âge ou du genre sur les différents traits de personnalité n'a été mis en évidence (ANOVAs à deux facteurs). En revanche, deux interactions âge x genre sont à noter. D'une part, les filles de 6-8 ans ont des scores de néophobie plus élevés que les filles de 9-11 ans, alors qu'il n'y a pas de différence due à l'âge chez les garçons ($F_{1,63} = 4.01$, $p < .05$). D'autre part, les filles de 6-8 ans tendent à avoir des scores de sociabilité plus élevés que les filles

de 9-11 ans, alors qu'il n'y a pas de différence due à l'âge chez les garçons ($F_{1,63} = 2.97, p = .090$).

Une analyse corrélacionnelle permet d'examiner les liens entre les différents traits de personnalité pour les dimensions Extraversion et Névrotisme. Concernant la dimension d'Extraversion, les résultats (Tableau 9) montrent que les traits de sociabilité et de comportement prosocial sont positivement corrélés, ces deux traits étant eux-mêmes négativement corrélés à la timidité. Les traits d'activité et d'hyperactivité sont corrélés, tandis que l'inattention est corrélée uniquement avec l'hyperactivité. Par ailleurs, les trois traits d'activité, d'hyperactivité et d'inattention sont corrélés à la sociabilité (respectivement : $r = .31, p < .05$; $r = .33, p < .01$; $r = .23, p = .065$). Enfin, les traits d'émotivité, de troubles émotifs et d'anxiété, appartenant à la dimension de Névrotisme, sont positivement corrélés.

Tableau 9 Coefficients de corrélation entre les traits de personnalité relatifs à l'Extraversion (A, B : sociabilité, activité) et au Névrotisme (C), mesurés grâce aux questionnaires EAS (#) et BEH (°) ($n = 67$).

A. Extraversion				
Sociabilité		1.	2.	3.
1.sociabilité [#]		-		
2.prosociabilité [°]		+.44 ***	-	
3.timidité [#]		-.53 ***	-.34 **	-

B. Extraversion				
Activité		1.	2.	3.
1.activité [#]		-		
2.hyperactivité [°]		+.47 ***	-	
3.inattention [°]		+.04 <i>ns</i>	+.60 ***	-

C. Névrotisme				
		1.	2.	3.
1.émotivité [#]		-		
2.troubles émotifs [°]		+.42 ***	-	
3.anxiété [°]		+.48 ***	+.93 ***	-

LIENS ENTRE PERSONNALITE ET SCORE ECOLE (ETAPE 1b)

Ce paragraphe a pour objectif de comparer les traits de personnalité des enfants considérés comme les moins (-Olf) et les plus olfactifs (+Olf). Dans ce but, des ANOVAs à deux facteurs (groupe -Olf/+Olf, genre) ont été réalisées sur chacun des dix traits de personnalité mesurés. Aucun effet principal du groupe -Olf/+Olf n'est significatif. En revanche, deux interactions ressortent : d'une part, les filles -Olf tendent à avoir des scores de sociabilité plus élevés que les filles +Olf, alors

qu'il n'y a pas de différence liée au comportement olfactif chez les garçons ($F_{1,63} = 3.13, p = .082$). D'autre part, les filles –Olf ont des scores d'émotivité plus élevés que les filles +Olf, alors qu'il n'y a pas de différence liée au comportement olfactif chez les garçons ($F_{1,63} = 5.10, p < .05$; Figure 52). Lorsque ces analyses sont reprises en faisant intervenir l'âge en covariable (ANCOVAs), seule la seconde interaction reste significative (sociabilité : $F_{1,62} = 2.77, p = .101$; émotivité : $F_{1,62} = 5.06, p < .05$).

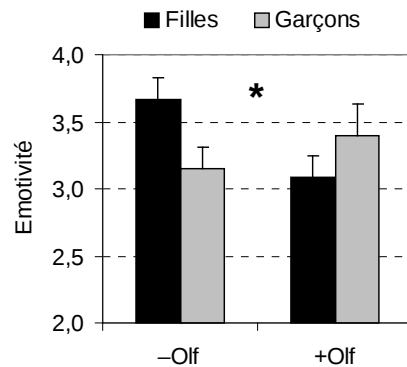


Figure 52 Scores d'émotivité (*moyenne ± erreur-type*) des filles et des garçons –Olf et +Olf (les moins et les plus olfactifs selon le questionnaire ECOLE) (ANOVA).

Lorsqu'on croise les groupes extraverti/peu extraverti, névrotique/peu névrotique et néophobe/peu néophobe, avec les groupes +Olf/–Olf, on constate que le groupe –Olf comprend plus d'enfants néophobes (67%) que le groupe +Olf (45%) ($\chi^2 = 3.14, p = .077$; Figure 53). Aucune différence significative n'apparaît pour l'Extraversion et le Névrotisme.

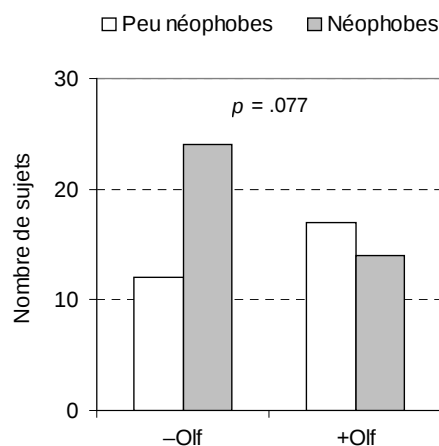


Figure 53 Nombre d'individus néophobes et peu néophobes en alimentation dans les groupes –Olf et +Olf (*Chi-deux*).

LIENS ENTRE PERSONNALITE ET EVALUATION HEDONIQUE DES ODEURS (ETAPE 2)

Les traits de personnalité ont été mis en relation avec les notes hédoniques attribuées dans l'Etape 2 aux odeurs de fraise (plaisante, $n = 64$), d'acide isovalérique et d'acide butyrique (déplaisantes, $n = 61$), et de rose (évaluation non consensuelle, $n = 66$).

L'inattention, les troubles émotifs et la néophobie sont corrélés négativement à la note hédonique attribuée à l'acide isovalérique ($r = -.30$, $p < .05$; $r = -.22$, $p = .096$; $r = -.35$, $p < .01$). De plus, la sociabilité et l'hyperactivité sont positivement corrélées à la note hédonique attribuée à la fraise ($r = .26$, $p < .05$ et $r = .22$, $p = .077$). Des corrélations partielles avec l'âge en covariable montrent des effets similaires et font apparaître une corrélation négative supplémentaire entre l'anxiété et l'évaluation hédonique de l'acide isovalérique (Tableau 10). Les autres corrélations ne sont pas significatives.

Tableau 10 Récapitulatif des coefficients de corrélation partielle significatifs (avec l'âge en covariable) entre les traits de personnalité et l'évaluation hédonique des odeurs.

	Fraise ($n = 64$)	Acide Isoval. ($n = 61$)
EXTRAVERSION		
Sociabilité	+ .24 $p = .054$	
Hyperactivité	+ .22 $p = .090$	
Inattention		- .30 *
NEVROTISME		
Troubles émotifs		- .23 $p = .076$
Anxiété		- .23 $p = .082$
NEOPHOBIE ALIMENTAIRE		- .36 **

De façon plus synthétique, lorsqu'on compare les notations hédoniques des groupes névrotique/peu névrotique, extraverti/peu extraverti et néophobe/peu néophobe, une seule différence est significative : les néophobes donnent des notes hédoniques inférieures à l'odeur d'acide isovalérique par rapport aux peu néophobes (1.6 ± 0.8 vs. 2.1 ± 0.8 , $t_{59} = 2.52$, $p < .05$).

LIENS ENTRE PERSONNALITE ET CONSCIENCE DES ODEURS (ETAPE 2)

Des analyses de variance ont permis d'examiner la variation des dix traits de personnalité selon le degré de conscience des odeurs. Il s'avère que les enfants conscients des odeurs dans les trois expériences de l'Etape 2 ont des scores de néophobie plus faibles que les autres enfants (3.0 ± 0.8 vs. 3.4 ± 0.7). Cette différence est significative avec une ANOVA ($F_{1,61} = 4.62, p < .05$) ainsi qu'avec une ANCOVA avec la covariable âge ($F_{1,60} = 5.87, p < .05$). Aucune différence significative n'est obtenue pour les autres traits de personnalité. Lorsqu'on croise les effectifs des groupes névrotiques/peu névrotiques et extravertis/peu extravertis avec les groupes de conscience, on ne constate aucune différence significative (Extraversion : $\chi^2 = .31, p = .575$; Névrotisme : $\chi^2 = .98, p = .321$).

LIENS ENTRE PERSONNALITE ET CAPACITES OLFACTIVES (ETAPE 4)

Les dix traits de personnalité ont été mis en relation avec les quatre mesures olfactives rapportées dans l'Etape 4, à savoir la sensibilité à l'alcool phényl-éthylque (SENSIB), la capacité de discrimination (DISCR), la capacité d'identification indicée (ID-QCM) et libre (ID-LIBRE).

Une analyse de corrélation met en évidence quatre liens significatifs : le score de comportement prosocial est négativement corrélé au score SENSIB ($r = -.27, p < .05$), l'hyperactivité est négativement corrélée aux scores SENSIB et DISCR ($r = -.27, p < .05$ et $r = -.26, p < .05$), et enfin l'activité est négativement corrélée au score DISCR ($r = -.28, p < .05$). Lorsque des corrélations partielles avec l'âge comme covariable sont effectuées, ces effets sont maintenus et deux effets supplémentaires apparaissent : la timidité est positivement corrélée avec SENSIB, et la néophobie alimentaire est négativement corrélée avec ID-QCM (Tableau 11).

Tableau 11 Récapitulatif des coefficients de corrélation partielle significatifs (avec l'âge en covariable) entre les traits de personnalité et les performances olfactives de détection, de discrimination et d'identification ($n = 67$).

	SENSIB	DISCR	ID-QCM
EXTRAVERSION			
Comportement prosocial	– .29 *		
Timidité	+.26 *		
Hyperactivité	– .26 *	– .25 *	
Activité		– .26 *	
NEOPHOBIE ALIMENTAIRE			– .21 $p = .094$

Lorsqu'on compare les capacités olfactives des groupes névrotique/peu névrotique, extraverti/peu extraverti et néophobe/peu néophobe, une seule différence est significative : les extravertis ont des performances de détection inférieures à celles des peu extravertis (6.4 ± 4.1 vs. 8.8 ± 4.0 , $t_{65} = 2.18$, $p < .05$).

3.3.4. Discussion

OLFACTION ET EXTRAVERSION

Les relations significatives entre la dimension d'Extraversion et le fonctionnement olfactif des enfants sont présentées dans la Figure 54. La dimension d'Extraversion est principalement liée aux dimensions de sensibilité et de discrimination (Etape 4), ainsi qu'à la réactivité hédonique à l'odeur de fraise (Etape 2).

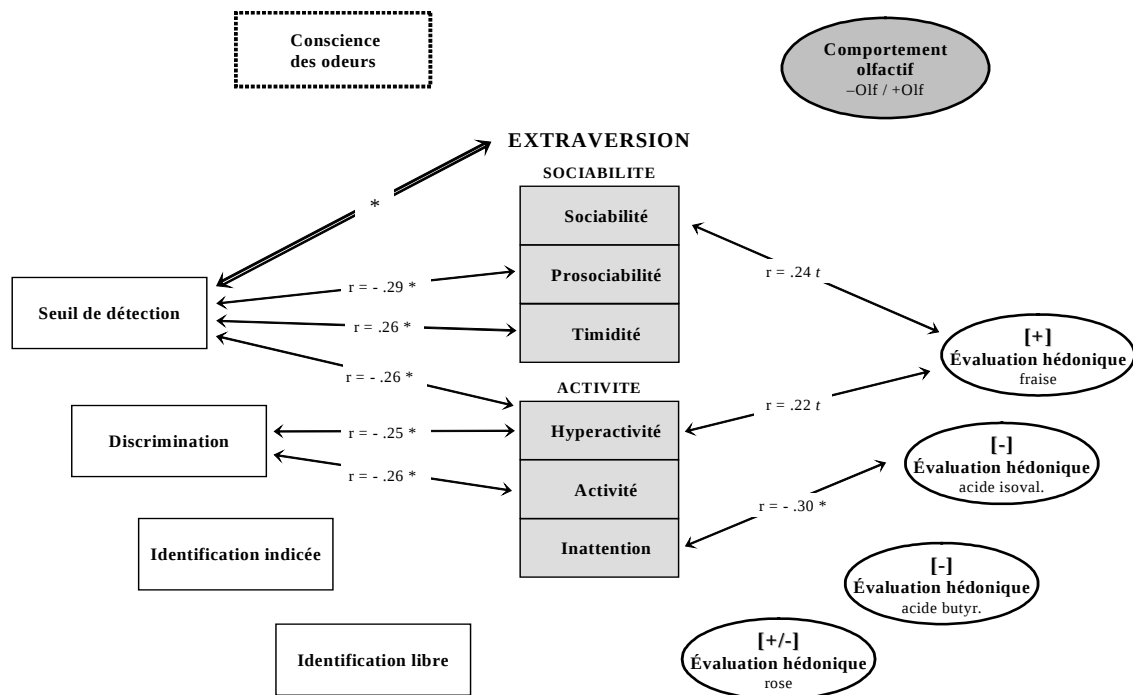


Figure 54 Récapitulatif des liens entre les traits d'Extraversion des enfants (Etape 5) et leur score de comportement olfactif ECOLE (Etape 1b), leur évaluation hédonique de quatre odeurs (+ : plaisantes, - : déplaisantes), leur conscience des odeurs (Etape 2), et leurs compétences olfactives (Etape 4). Les résultats présentés sont obtenus, lorsque nécessaire, en contrôlant la variabilité liée à l'âge.

Les individus extravertis ont des performances de détection de l'alcool phényl-éthylque significativement inférieures à celles des individus peu extravertis. Si l'on considère séparément les différents traits d'Extraversion (Figure 54), on constate que les traits les plus en lien avec la sensibilité olfactive sont le comportement

prosocial, la timidité et l'hyperactivité. Ces résultats concordent notamment avec ceux de Herbener et al. (1989) qui révèlent que des adultes timides ont tendance à avoir une meilleure détection de l'odeur de butanol. Les auteurs interprètent ce phénomène en terme d'excitabilité de structures cérébrales impliquées dans le fonctionnement émotionnel et sensoriel de l'individu (système limbique) (Herbener et al., 1989 ; Kagan, 1994). La plupart des autres études chez l'adulte n'obtient toutefois aucune différence de sensibilité olfactive entre extravertis et introvertis (Filsinger et al., 1987 ; Koelega, 1994c ; Pause et al., 1998 ; Larsson et al., 2000). Le décalage entre ces dernières conclusions et nos résultats chez l'enfant pourrait être dû à la méthode de mesure de l'Extraversion, auto-évaluée dans les études impliquant des adultes et évaluée par les parents dans notre étude. Bien que dans les deux cas la désirabilité sociale peut influencer les réponses (en minimisant les aspects négatifs de la personnalité, comme la timidité ou l'anxiété), celle-ci est peut-être plus marquée chez des sujets qui s'auto-évaluent, du fait qu'ils sont eux-mêmes directement impliqués. Un tel biais de réponse pourrait contribuer à masquer le lien entre Extraversion et sensibilité olfactive dans les travaux chez l'adulte. Cette hypothèse est vraisemblable car la seule étude qui minimise l'impact de ce biais de réponse, en comparant deux groupes extrêmes sur l'échelle de timidité, note une claire relation entre personnalité et sensibilité olfactive (Herbener et al., 1989). Enfin, il est possible que la mesure d'Extraversion chez l'enfant soit plus représentative que chez l'adulte du fonctionnement neurobiologique (et donc aussi sensoriel), le contrôle des émotions et du comportement étant moins efficace qu'à l'âge adulte (en voie de maturation : Rothbart, 1994). D'autres études mériteraient d'être réalisées afin de confirmer l'existence, chez l'enfant, d'un lien plus robuste que chez l'adulte entre Extraversion et sensibilité olfactive.

Par ailleurs, les traits d'activité et d'hyperactivité sont corrélés négativement aux capacités de discrimination. Les enfants les plus actifs étant susceptibles d'avoir des difficultés à focaliser leur attention, on peut se demander si les effets mis en évidence ne sont pas dus à une moindre concentration sur la tâche (relativement contraignante en terme d'attention par rapport à d'autres tâches comme la notation hédonique ou l'identification). Dans ce cas, il est toutefois surprenant que le trait d'inattention ne soit pas corrélé aux capacités de discrimination.

Une autre tendance mérite d'être soulignée ici : il existe une corrélation positive entre les traits de sociabilité et d'hyperactivité, d'une part, et le jugement hédonique de l'odeur plaisante de fraise, d'autre part. Cette relation est en accord

avec la définition de l'Extraversion, qui se caractérise par une émotivité positive. Selon Gray (1990), les extravertis se distingueraient d'un point de vue neurobiologique par un Système d'Activation Comportementale plus efficace, c'est-à-dire des réponses plus marquées aux signaux de récompense. Ces caractéristiques les pousseraient à chercher activement les stimulations qui déclenchent ces signaux de récompense. La proposition de Gray est renforcée par des observations d'imagerie cérébrale qui montrent que l'activation de l'amygdale en présence d'un stimulus visuel agréable (visage souriant) est positivement corrélée au score d'Extraversion (Canli et al., 2002). Dans notre étude, l'odeur de fraise, associée au plaisir alimentaire et omniprésente dans les aliments appréciés des enfants (sirops, laitages, confiseries), fait sans doute partie des stimulations positives auxquelles les enfants extravertis ont tendance à réagir fortement et qu'ils ont tendance à rechercher. Enfin, on note aussi que plus les enfants sont inattentifs, plus ils déprécient l'odeur d'acide isovalérique. Ce dernier résultat rejoint les conclusions de Schaal (1987) qui montre que les enfants hyperactifs et inattentifs ont tendance à considérer comme déplaisantes un nombre plus important d'odeurs. Cette tendance semble contradictoire avec notre premier résultat (corrélation entre sociabilité/hyperactivité et évaluation de la fraise), mais pourrait illustrer l'existence de jugements hédoniques plus contrastés, c'est-à-dire s'écartant davantage de la neutralité, chez les enfants extravertis. Notons que, de nouveau, nos résultats diffèrent des conclusions issues de recherches conduites chez l'adulte, ne révélant pas de liens entre Extraversion et hédonisme olfactif (Moncrieff, 1966 ; Filsinger et al., 1987 ; Larsson et al., 2000).

Enfin, les enfants les moins olfactifs (-Olf) et les plus olfactifs (+Olf) selon le questionnaire ECOLE ne se différencient pas en terme d'Extraversion. Les filles -Olf sont apparues comme étant plus sociables que les +Olf, mais cet effet est difficilement interprétable par lui-même du fait de la confusion avec un effet d'âge (les -Olf tendent à être plus jeunes, et les plus jeunes filles ont été jugées plus sociables par leurs parents). De plus, l'Extraversion ne paraît pas liée à la prise de conscience des odeurs de l'environnement. Pour conclure, nos résultats suggèrent que l'influence de la dimension d'Extraversion sur le fonctionnement olfactif des enfants se traduit davantage en terme de sensibilité et de réactivité hédonique positive aux odeurs.

OLFACTION ET NEVROTISME

L'ensemble des relations significatives entre la dimension de Névrotisme et le fonctionnement olfactif des enfants est représenté dans la Figure 55.

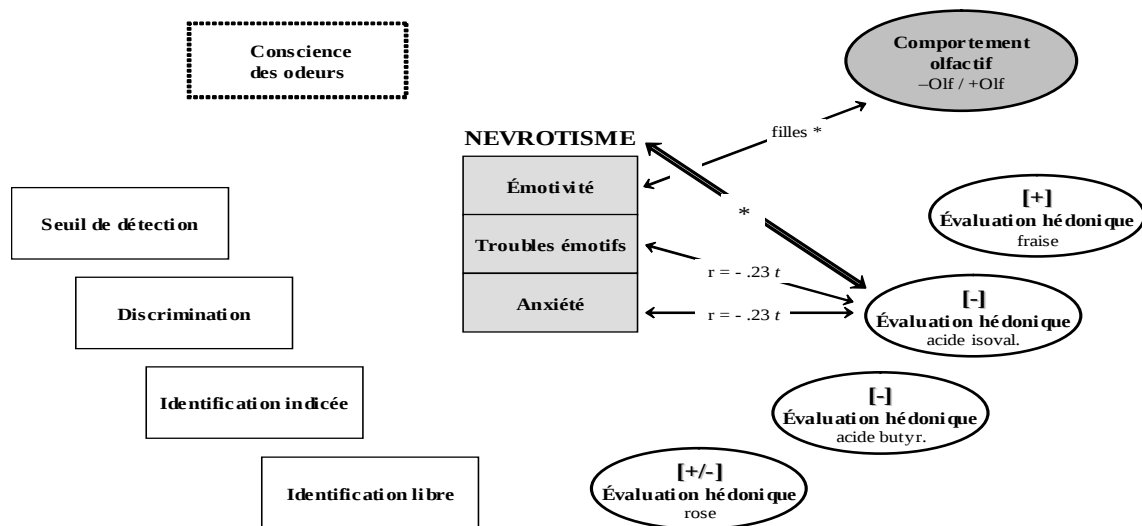


Figure 55 Récapitulatif des liens entre les traits de Névrotisme des enfants (Etape 5) et leur score ECOLE de comportement olfactif (Etape 1b), leur évaluation hédonique de quatre odeurs (+ : plaisantes, - : déplaisantes), leur conscience des odeurs (Etape 2) et leurs compétences olfactives (Etape 4). Les résultats présentés sont obtenus, lorsque nécessaire, en contrôlant la variabilité liée à l'âge.

Le résultat principal pour cette dimension de la personnalité concerne la réactivité hédonique aux odeurs. Plus les enfants ont été jugés anxieux par leurs parents et ayant des troubles émotifs, plus ils ont tendance à déprécier l'odeur déplaisante d'acide isovalérique. Cette tendance devient significative lorsqu'on considère la dimension de Névrotisme dans son ensemble (englobant les trois traits d'émotivité, d'anxiété et de troubles émotifs). La plus grande réactivité des enfants à tendance névrotique face à certaines odeurs désagréables est en accord avec les résultats de Schaal (1987) chez l'enfant : celui-ci met en évidence que l'anxiété et la dépression sont associées à une appréciation globalement plus négative des odeurs (plaisantes et déplaisantes). Dans notre étude, ces conclusions restent limitées à une odeur sur quatre. Néanmoins, elles concordent avec la définition du Névrotisme : les individus présentant des tendances névrotiques ont tendance à percevoir le monde de façon négative. Il n'est donc pas étonnant qu'ils jugent aussi plus négativement les stimulations sensorielles déplaisantes. Selon Gray (1990), les individus névrotiques se distingueraient par un Système d'Inhibition Comportementale particulièrement sensible. Ce système pousse l'individu à un retrait comportemental lorsqu'il perçoit des signaux de menace potentielle. Les odeurs nauséabondes peuvent être considérées comme telles, puisqu'elles sont porteuses

de significations de malpropreté, de toxicité, de pollution et/ou de danger. Il faut noter que chez l'adulte, aucun lien entre Névrotisme et évaluation hédonique des odeurs n'est mis en évidence (Larsson et al., 2000) : que ce soit chez l'enfant ou chez l'adulte, les études à ce sujet demeurent trop rares pour pouvoir tirer des conclusions définitives.

Par ailleurs, les filles les moins olfactives selon le questionnaire ECOLE (-Olf) sont plus émotives que les filles les plus olfactives +Olf. Le modèle de Gray (1990) peut permettre d'expliquer cet effet. Les enfants les plus émotifs exprimeraient un comportement de retrait par rapport aux stimulations extérieures, y compris aux stimulations olfactives. Or, le score ECOLE représente en partie la recherche de stimulations olfactives : le score ECOLE plus faible des enfants émotifs pourrait donc traduire leur faible orientation vers les odeurs, voire leur évitement. De plus, on peut se demander pourquoi le lien entre émotivité et score ECOLE ne concerne que les filles. Durant les années d'école élémentaire, les garçons commencent à dissimuler leurs émotions négatives (Ruble et al., 2006). Bien qu'ils fournissent des évaluations hédoniques olfactives équivalentes à celles des filles, il est possible que leurs réponses d'approche/retrait envers les odeurs soient différentes de celles des filles. En effet, on peut imaginer que les filles émotives expriment un comportement de retrait, tandis que les garçons, même émotifs, apprennent et cherchent à faire face aux stimulations olfactives négatives. Enfin, une autre hypothèse doit être envisagée pour interpréter que seules les filles soient concernées par le lien entre émotivité et score ECOLE. Il n'est pas impossible que l'émotivité des filles ait pu entraîner un certain stress et par conséquent une tendance à inhiber les réponses lors de l'interaction avec l'expérimentatrice pendant la passation du questionnaire, diminuant ainsi leurs scores ECOLE. Ce type de biais dans l'étude de la personnalité, affectant le rapport à la tâche, a été évoqué par Rovee et al. (1973). De plus, la plus forte tendance des filles à inhiber leurs réponses a déjà été mise en évidence par ailleurs (Soussignan & Schaal, 1996).

Enfin, la dimension de Névrotisme ne semble pas liée à la capacité à remarquer la présence d'odeurs (plaisantes et déplaisantes) dans l'environnement (conscience des odeurs). Elle n'est pas non plus liée aux capacités olfactives mesurées en laboratoire, alors que certaines études chez l'adulte ont mis en évidence que les tendances névrotiques sont associées à une plus grande sensibilité olfactive (Koelega, 1994c ; Pause et al., 1998 ; Chen & Dalton, 2005) et à de meilleures capacités identificatoires (Larsson et al., 2000). La littérature se contredit toutefois

sur la question de la sensibilité (aucun effet : Koelega, 1970 ; Larsson et al., 2000). Pour conclure, nos résultats suggèrent que l'influence de la dimension de Névrotisme sur le fonctionnement olfactif des enfants se traduit davantage en terme de traitement *affectif* qu'en terme de détection ou de traitement plus strictement cognitif des odeurs.

OLFACTION ET NEOPHOBIE ALIMENTAIRE

L'analyse du lien entre Névrophobie Alimentaire et fonctionnement olfactif montre que les enfants néophobes ont de moins bonnes connaissances sémantiques sur les odeurs, remarquent moins facilement la présence d'odeurs dans leur environnement (conscience des odeurs) et déprécient davantage l'odeur de l'acide isovalérique (Figure 56).

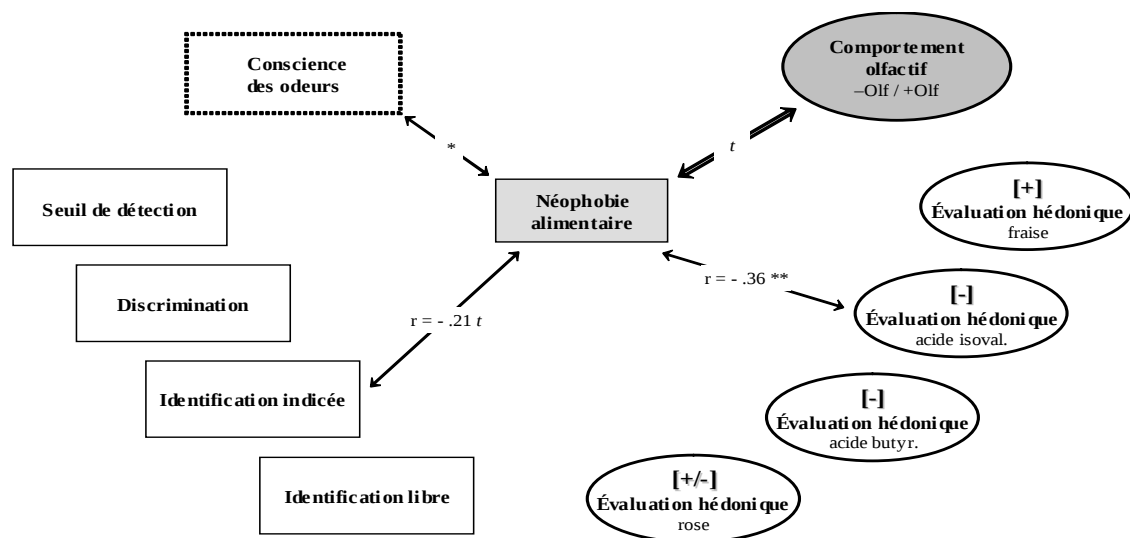


Figure 56 Récapitulatif des liens entre le trait de Névrophobie Alimentaire des enfants (Etape 5) et leur score de comportement olfactif ECOLE (Etape 1b), leur évaluation hédonique de quatre odeurs (+ : plaisantes, - : déplaisantes), leur conscience des odeurs (Etape 2) et leurs compétences olfactives (Etape 4). Les résultats présentés sont obtenus, lorsque nécessaire, en contrôlant la variabilité liée à l'âge.

La corrélation négative entre Névrophobie Alimentaire et appréciation de l'acide isovalérique est en accord avec les travaux effectués chez l'adulte. Frank et van der Klaauw (1994) ainsi que Raudenbush et al. (1998) montrent que, par rapport à des individus néophiles, les néophobes donnent aux odeurs présentées (alimentaires ou non, agréables ou non) des notes hédoniques inférieures. L'évitement des aliments non familiers, tout comme la perception plus négative des odeurs, résultent d'une crainte par rapport aux stimuli chimiosensoriels de l'environnement. Pour Raudenbush et al. (1998), cette crainte pourrait être due à

un manque d'information sur les stimulations rencontrées. Bien que cette hypothèse ne soit pas vérifiée par Ton Nu (1996), qui ne relève pas de diminution du trait néophobique après des séances d'éveil au goût, elle pourrait permettre d'expliquer pourquoi, dans notre étude, les plus néophobes identifient aussi moins bien les odeurs. Un lien de cause à effet ne peut être établi avec certitude, mais il est possible que ce soit, au contraire, le rejet de nouveaux aliments qui freine l'acquisition de connaissances olfactives variées et qui engendre des performances d'identification plus limitées. Moins 'éveillés' aux odeurs, ces enfants semblent aussi prendre moins facilement conscience des odeurs de l'environnement.

Finalement, les enfants les moins olfactifs selon le questionnaire ECOLE (-Olf) tendent à être plus souvent néophobes que les plus olfactifs (+Olf). Chez l'adulte, la néophobie alimentaire est associée à l'atténuation du comportement inspiratoire lors d'un test de flairage d'odeurs (Raudenbush et al., 1998). Ces éléments vont dans le sens d'une tendance des individus néophobes à se mettre en retrait des stimulations sensorielles, et à ne pas les rechercher activement. Notons que cette tendance a par ailleurs été mise en évidence par Pliner et Hobden (1992) avec une corrélation négative entre Néophobie Alimentaire et Recherche de Sensations. Cependant, le lien entre la Néophobie et le questionnaire ECOLE pourrait être dû à un effet d'âge, car les individus -Olf sont légèrement plus jeunes que les +Olf et, dans le même temps, les plus jeunes sont plus néophobes que les plus âgés (filles). A ce stade de la recherche, ce lien doit donc être considéré avec précaution.

RESUME ET CONCLUSIONS

L'analyse du lien entre la personnalité des enfants, évaluée par les parents, et leur fonctionnement olfactif permet de tirer les conclusions suivantes. Les enfants à **tendance extravertie** expriment une **plus forte réactivité à l'odeur plaisante** de fraise. Ils sont également **moins sensibles** à l'odeur d'alcool phényl-éthylique et **discriminent moins bien** une série d'odorants. Quant aux enfants à **tendance névrotique**, ils réagissent de façon **plus négative à l'odeur déplaisante** d'acide isovalérique. Ces résultats concordent avec les **définitions** classiques de l'Extraversion (émotivité positive) et du Névrotisme (émotivité négative), ainsi qu'avec les hypothèses de Gray basées sur les différences tempéramentales d'excitabilité nerveuse et de réactivité aux stimulations positives et négatives.

En revanche, nos résultats tendent à **s'opposer à ceux des études réalisées chez l'adulte**, notamment en terme d'évaluation hédonique : le développement de la personnalité et du contrôle des émotions entre l'enfance et l'âge adulte pourrait constituer un élément d'explication, et ce point mériterait d'être étudié plus précisément. Enfin, les résultats concernant la **Néophobie Alimentaire** confirment les conclusions des rares travaux réalisés chez l'adulte en indiquant que les enfants néophobes **déprécient plus fortement l'odeur déplaisante** d'acide isovalérique. De plus, le retrait relatif des individus néophobes envers les stimulations chimiosensorielles alimentaires paraît lié à une méconnaissance générale de ces stimulations et à une plus faible attention aux odeurs de l'environnement.

Aucun lien marquant n'est apparu entre le score de comportement olfactif du **questionnaire ECOLE** et les dimensions de personnalité. Seule **l'émotivité** est négativement reliée au comportement olfactif auto-rapporté, mais uniquement chez les filles. Ce résultat pourrait être interprétable soit par une réelle tendance à **restreindre les interactions** avec les facettes olfactives de l'environnement, soit par un biais de réponse causé par une inhibition liée au stress.

Cette partie du travail de recherche montre que, dès l'enfance, des variations interindividuelles de fonctionnement olfactif peuvent être liées à certains aspects de la personnalité. Les travaux dans ce domaine étant rares et cantonnés aux adultes, notre étude, effectuée à titre exploratoire, ouvre de nouvelles perspectives. De futures recherches devraient sélectionner les individus en fonction de leurs traits d'Extraversion et de Névrotisme (plutôt qu'en évaluant ces traits a posteriori), afin de tenter de clarifier les effets mis en évidence et de les comparer avec des populations adolescentes et adultes.

3.4. Evaluation des caractéristiques de l'environnement (ETAPE 6)

L'Etape 6 a pour objectif d'étudier certaines caractéristiques de l'environnement olfactif et socioculturel. Ces dimensions de l'environnement seront mises en relation avec les différentes variables olfactives que sont le score ECOLE de comportement olfactif (Etape 1b), l'évaluation hédonique et la conscience des odeurs (Etape 2) et les capacités olfactives (Etape 4). Une analyse préliminaire consistera à examiner le rôle de l'environnement dans les capacités cognitives de l'enfant (fluidité verbale et traitement de l'information).

3.4.1. Méthodes

Deux questionnaires, présentés en Annexe M, sont utilisés pour mesurer les caractéristiques olfactives du milieu familial ainsi que les caractéristiques familiales d'ordre socioprofessionnel.

ENVIRONNEMENT OLFACTIF

Le questionnaire d'environnement olfactif a été créé pour cibler les diverses sources d'odeurs au sein des familles. Cet outil a été conçu pour évaluer, à travers 19 questions concernant l'environnement familial de l'enfant, la présence et la diversité d'odeurs telles que les odeurs de nature, de tabac, de produits ménagers et cosmétiques, ou encore d'animaux domestiques. Plusieurs questions portent sur des pratiques éducatives qui exposeraient les enfants à une plus grande diversité olfactive à travers, par exemple, la durée d'allaitement, les jeux olfactifs ou encore les voyages.

CARACTERISTIQUES SOCIOCULTURELLES

A la fin du formulaire ont été recueillies des informations sur la composition du foyer (nombre et genre des enfants, situation matrimoniale des parents), sur la profession des parents et leur niveau de diplôme, et enfin sur les origines ethniques (lieu de naissance des grands-parents de l'enfant).

3.4.2. Variables calculées

Dans le questionnaire d'environnement olfactif, la plupart des items obtiennent un score correspondant à la catégorie choisie sur l'échelle en 5 points (de 1 point

pour 'jamais/pas du tout vrai' à 5 points pour 'très souvent/très vrai'). Les items dont la réponse était 'oui' ou 'non' (items 17, 18 et 19) obtenaient 1 point pour la réponse 'non' et 5 points pour la réponse 'oui', tandis que le score de l'item 16 était fonction de la durée d'allaitement (pas d'allaitement : 1 point ; 0-2 mois : 2 points ; 2-4 mois : 3 points ; 4-6 mois : 4 points ; > 6 mois : 5 points). Les scores de chaque item sont ensuite moyennés afin d'obtenir un score unique, compris entre 1 et 5, représentant la **diversité l'environnement olfactif**. De plus, les items 14 (**tabagisme familial**) et 16 (**allaitement**) ont aussi été considérés séparément du reste du questionnaire, sous la forme de variables dichotomiques distinguant les enfants allaités ($n = 35$) et non allaités ($n = 32$), et les enfants issus de familles fumeuses ($n = 25$) et de familles non fumeuses ($n = 42$).

Concernant le questionnaire socioculturel, les variables prises en compte sont des variables de composition familiale : **nombre d'enfants** dans le foyer, distinction **famille mono/biparentale**, **sex-ratio familial** (nombre d'individus masculins/féminins). Le **niveau de diplôme** du père ($n = 57$) et de la mère ($n = 62$) a été également pris en compte, allant de 1 (aucun diplôme) à 5 (niveau bac+5 ou plus). Une variable **catégorie socioprofessionnelle** a été définie par les modalités 'cadre' (familles où un ou deux parents sont cadres, $n = 23$) et 'employé' (familles où un ou deux parents sont employés, $n = 28$)²⁵. Enfin, une dernière variable prend en compte les **origines ethniques** des participants : elle distingue les enfants dont les grands-parents sont nés en France de ceux dont les grands-parents sont nés dans un pays autre que la France ou dans les DOM-TOM. Le continent de naissance des grands-parents est aussi pris en considération.

3.4.3. Résultats

ANALYSES PREALABLES :

(1) Dans un premier temps, les caractéristiques de l'environnement olfactif et socioculturel ont été mises en relation avec les capacités cognitives des enfants (la fluidité verbale, mesurée dans l'Etape 1, et le traitement de l'information, soit le nombre de réponses correctes dans la condition témoin du test de barrage de l'Expérience 3, Etape 2).

²⁵ Ces deux catégories socioprofessionnelles ont été choisies du fait qu'elles sont les plus fréquentes dans l'échantillon. Parmi les 16 enfants non inclus dans cette variable, 6 enfants ont un parent cadre et l'autre employé, et 10 enfants ont des parents issus d'autres catégories socioprofessionnelles (commerçant, ouvrier, agriculteur, etc. ; cf. Annexe M).

Environnement olfactif. Des tests-t montrent que les garçons qui ont été allaités ont une meilleure fluidité verbale que ceux qui ne l'ont pas été ($\bar{x} = 0.3 \pm 0.7$ vs. -0.4 ± 0.7 , $t_{34} = 3.06$, $p < .01$), alors qu'aucune différence n'apparaît chez les filles ($\bar{x} = 0.0 \pm 1.0$, $t_{29} = .26$, $p = .798$). En revanche, aucune différence dans la fluidité verbale ou les capacités de traitement de l'information n'est liée au tabagisme familial (test-t) ou à la diversité de l'environnement olfactif (corrélation).

Caractéristiques socioculturelles. Des corrélations ont été réalisées entre les variables nombre d'enfants, sex-ratio familial et niveau de diplôme des parents, d'une part, et les variables de capacités cognitives, d'autre part (fluidité verbale, capacité de traitement de l'information). Les résultats montrent que la capacité de traitement de l'information est négativement corrélée au sex-ratio familial chez les filles ($r = -.44$, $p < .05$), mais pas chez les garçons ($r = .03$, $p = .862$). Le niveau de diplôme des parents, en particulier celui de la mère, est corrélé positivement aux deux variables de capacités cognitives des enfants, notamment chez les garçons (Tableau 12).

Tableau 12 Corrélations entre le niveau de diplôme des parents (de 1 à 5) et les capacités cognitives des enfants (fluidité verbale, traitement de l'information), pour l'échantillon total, et les filles (f) et les garçons (g) séparément.

	Niveau de diplôme MERE $n = 62$ (f : 28 / g : 34)	Niveau de diplôme PERE $n = 57$ (f : 26 / g : 31)
Fluidité verbale	+ .37 ** (f : +.34 $p = .081$ / g : + .46 **)	+ .27 * (f : +.25 <i>ns</i> / g : + .37 *)
Traitement de l'information	+ .35 ** (f : +.16 <i>ns</i> / g : + .54 **)	+ .21 <i>ns</i> (f : +.08 <i>ns</i> / g : + .37 *)

Des tests-t effectués sur les variables famille mono/biparentale, catégorie socioprofessionnelle et origines ethniques mettent en évidence deux résultats significatifs. Les filles dont les parents sont en couple ont une meilleure fluidité verbale que les filles issues de familles monoparentales ($\bar{x} = 0.1 \pm 0.9$ vs. -1.2 ± 0.6 , $t_{29} = 2.48$, $p < .05$). De plus, les enfants dont les parents sont cadres ont de meilleures capacités cognitives que les enfants dont les parents sont employés (fluidité verbale : $\bar{x} = 0.3 \pm 0.7$ vs. -0.3 ± 0.9 , $t_{49} = 2.31$, $p < .05$; traitement de l'information : 14.9 ± 2.7 vs. 12.4 ± 3.8 , $t_{49} = 2.64$, $p < .05$).

(2) Dans un second temps, nous avons souhaité connaître les liens possibles entre les caractéristiques olfactives et socioculturelles de l'environnement. Pour le cas particulier de la variable allaitement, on note que les parents des enfants allaités ont un plus haut niveau de diplôme que ceux des enfants non allaités (mère :

3.5±1.3 vs. 2.7±1.2, $t_{60} = 2.53$, $p < .05$; père : 4.0±1.2 vs. 3.0±1.3, $t_{60} = 2.99$, $p < .01$) et que cette différence est significative chez les garçons (mère : $t_{32} = 2.35$, $p < .05$; père : $t_{29} = 3.51$, $p < .01$) mais pas chez les filles (mère : $t_{26} = 1.42$, $p = .167$; père : $t_{29} = 1.18$, $p < .251$). Par ailleurs, le pourcentage de parents fumeurs a tendance à être moins important chez les enfants ayant des origines étrangères (25% vs. 46% chez les enfants sans origines étrangères : $\chi^2 = 3.12$, $p = .077$). La diversité de l'environnement olfactif prise dans son ensemble ne varie en fonction d'aucune variable socioculturelle.

LIENS ENTRE ENVIRONNEMENT ET SCORE ECOLE (ETAPE 1b)

Dans ce paragraphe, nous avons examiné la relation entre l'environnement olfactif et socioculturel, et le comportement olfactif déterminé par le score total ECOLE dans l'Etape 1b.

Environnement olfactif. Une ANOVA à deux facteurs (groupe –Olf/+Olf, genre) sur la diversité de l'environnement olfactif ne révèle aucun effet principal, ni aucune interaction significatifs. Autrement dit, les individus –Olf et +Olf ne paraissent pas se distinguer par la diversité de leur environnement odorant, quel que soit leur genre. Par ailleurs, des tests de Chi-deux comparant le nombre d'enfants allaités et non allaités dans les groupes –Olf et +Olf montrent que, chez les filles, le groupe +Olf est composé principalement d'enfants allaités, alors que le groupe –Olf est constitué majoritairement d'enfants non allaités ($\chi^2 = 4.41$, $p < .05$; Figure 57a). Cet effet n'apparaît ni chez les garçons (Figure 57b), ni dans l'échantillon total. Enfin, le nombre d'enfants issus de familles fumeuses et non fumeuses ne diffère pas dans les groupes –Olf et +Olf.

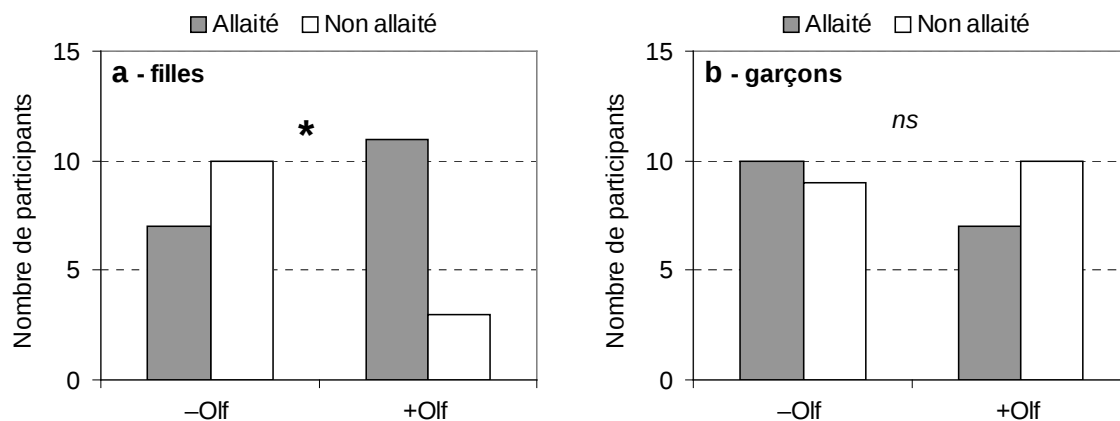


Figure 57 Nombre d'individus allaités et non allaités dans les groupes +Olf et –Olf parmi (a) les filles et (b) les garçons (*Chi-deux*).

Caractéristiques socioculturelles. Des ANOVAs à deux facteurs (groupe –Olf/+Olf, genre) ont été effectuées sur les variables nombre d'enfants, sex-ratio familial et niveau de diplôme des parents. Un effet principal du comportement olfactif ($F_{1,58} = 8.85, p < .01$) montre que les mères des enfants +Olf ont un niveau de diplôme plus élevé que les mères des enfants –Olf (3.7 ± 1.2 vs. 2.7 ± 1.3). De plus, un effet marginal est obtenu pour le sex-ratio familial ($F_{1,63} = 2.81, p = .098$), suggérant que la proportion d'individus féminins est plus élevée dans les familles du groupe +Olf. Les autres effets principaux et interactions ne sont pas significatifs. Par ailleurs, des tests de Chi-deux ont permis de mettre en évidence que chez les filles, les individus du groupe +Olf ont en majorité des parents 'cadres' alors que les individus du groupe –Olf sont issus en grande partie de parents 'employés' ($\chi^2 = 3.07, p = .080$; Figure 58a). Cet effet n'apparaît ni chez les garçons (Figure 58b), ni dans l'échantillon total. D'autres tests de Chi-deux similaires effectués sur les variables famille mono/biparentale et origines ethniques n'ont mis en évidence aucune différence significative.

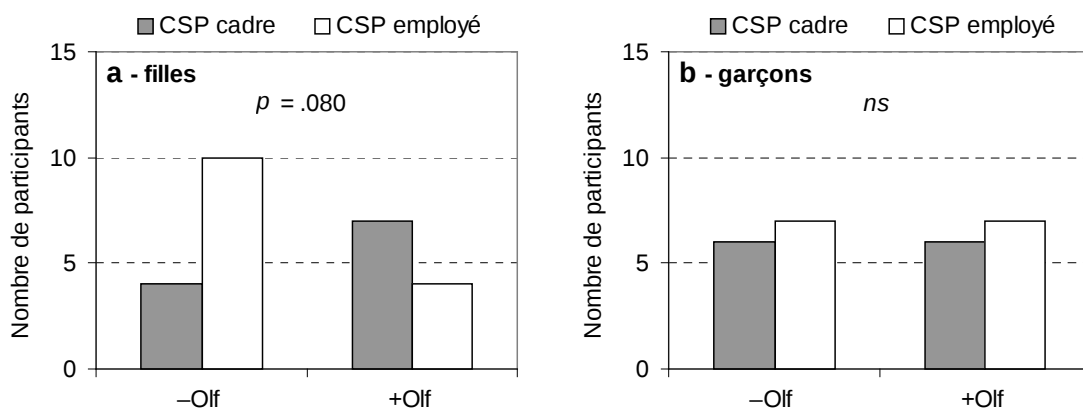


Figure 58 Nombre d'individus issus de parents appartenant aux Catégories Socio-Professionnelles 'cadres' et 'employés' dans les groupes +Olf et –Olf parmi (a) les filles et (b) les garçons (*Chi-deux*).

LIENS ENTRE ENVIRONNEMENT ET EVALUATION HEDONIQUE DES ODEURS (ETAPE 2)

Dans ce paragraphe, nous mettons les caractéristiques olfactives et socioculturelles de l'environnement en relation avec l'évaluation hédonique des odeurs plaisantes/déplaisantes (Etape 2).

Environnement olfactif. La diversité de l'environnement olfactif s'avère négativement corrélée à la notation hédonique des odeurs désagréables (acide isovalérique : $r = -.22, p = .086$; acide butyrique : $r = -.27, p < .05$). Lorsque les notations hédoniques de l'échantillon total, et des filles et des garçons séparément, sont

analysées en fonction de l'allaitement, d'une part, et du tabagisme familial, d'autre part, une seule différence significative apparaît : les filles qui ont été allaitées donnent des notes hédoniques plus élevées à l'alcool phényl-éthylique par rapport aux filles qui n'ont jamais été allaitées (4.8 ± 1.9 vs. 3.4 ± 1.5 , $t_{28} = 2.18$, $p < .05$; Figure 59).

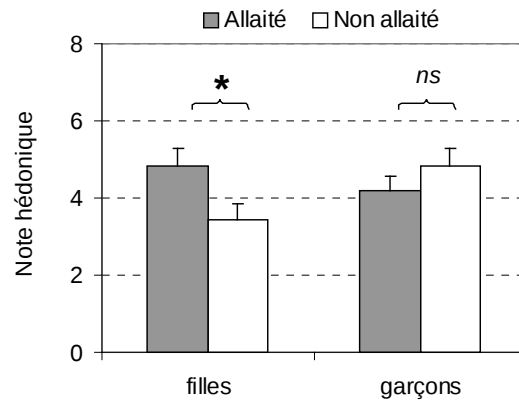


Figure 59 Evaluation hédonique de l'odeur d'alcool phényl-éthylique (moyenne $\pm$ erreur-type) par les filles et les garçons, selon qu'ils ont été ou non allaités (tests-t).

Caractéristiques socioculturelles. Une analyse corrélacionnelle a été effectuée entre le nombre d'enfants, le sex-ratio familial et le niveau de diplôme des parents, d'une part, et les notes hédoniques, d'autre part. Les résultats montrent que plus le nombre d'enfants dans la famille est élevé, plus l'évaluation hédonique est élevée pour l'acide isovalérique (corrélacion avec les notes hédoniques allant de 1 à 7 : $r = .32$, $p < .05$) et moins elle l'est pour l'alcool phényl-éthylique ($r = -.25$, $p < .05$). Quant au sex-ratio familial, il est négativement corrélé aux notes hédoniques de l'acide isovalérique ($r = -.24$, $p = .063$) et de l'alcool phényl-éthylique ($r = -.29$, $p < .05$), signifiant que plus la proportion d'individus féminins dans la famille est faible, plus ces odeurs sont dépréciées. La corrélacion concernant l'alcool phényl-éthylique est plus marquée chez les filles que chez les garçons ($r = -.42$, $p < .05$ vs. $r = -.16$, $p = .363$). Concernant le niveau de diplôme, on note que plus celui de la mère est élevé, plus les notes hédoniques attribuées par les garçons à l'acide isovalérique tendent à être faibles ($r = -.32$, $p = .082$).

Les autres variables socioculturelles (famille mono/biparentale, catégorie socioprofessionnelle et origines ethniques) ont été mises en relation avec les notations hédoniques par des tests-t. Le seul effet significatif concerne la notation hédonique de l'alcool phényl-éthylique qui est plus élevée chez les enfants issus de famille monoparentale que chez les enfants issus de famille biparentale (5.6 ± 1.8

vs. 4.2 ± 1.7 , $t_{64} = 2.10$, $p < .05$). La même analyse effectuée en excluant la famille où l'unique parent est le père donne un résultat similaire (6.0 ± 1.5 vs. 4.2 ± 1.7 , $t_{63} = 2.55$, $p < .05$).

LIENS ENTRE ENVIRONNEMENT ET CONSCIENCE DES ODEURS (ETAPE 2)

Ce paragraphe évalue le lien entre l'environnement et la conscience des odeurs mesurée dans l'Etape 2, qui représente la capacité à détecter spontanément la présence d'odeurs au cours de tâches non olfactives.

Environnement olfactif. Les enfants conscients des odeurs dans les trois expériences de l'Etape 2 n'ont pas un environnement olfactif différent de celui des autres enfants, conscients dans la première ou les deux premières expériences ($F_{1,61} = .47$, $p = .495$). Ces deux groupes ne diffèrent pas non plus en terme d'allaitement ($\chi^2 = .03$, $p = .866$) ou de tabagisme familial ($\chi^2 = 1.94$, $p = .164$).

Caractéristiques socioculturelles. Le nombre d'enfants, le sex-ratio familial et le niveau de diplôme de la mère et du père pour les enfants conscients des odeurs dans les trois expériences ne sont pas différents de ceux relevés pour les autres enfants (respectivement pour les 4 variables : $F_{1,61} = .01$, $p = .918$; $F_{1,61} = .08$, $p = .781$; $F_{1,56} = 2.16$, $p = .147$; $F_{1,51} = .001$, $p = .975$). De même, aucune différence n'est mise évidence pour la catégorie socioprofessionnelle, la nature mono/biparentale de la famille ou les origines étrangères (respectivement : $\chi^2 = .05$, $p = .827$; $\chi^2 = .11$, $p = .735$; $\chi^2 = .08$, $p = .775$).

LIENS ENTRE ENVIRONNEMENT ET CAPACITES OLFACTIVES (ETAPE 4)

Les caractéristiques de l'environnement sont ici mises en relation avec les capacités de détection, de discrimination et d'identification olfactive, mesurées par les *Sniffin' Sticks* dans l'Etape 4 de l'étude.

Environnement olfactif. Une analyse corrélationnelle montre que la diversité de l'environnement olfactif est significativement corrélée aux capacités d'identification olfactive indicée (ID-QCM : $r = .34$, $p < .01$; Figure 60a) et libre (ID-LIBRE : $r = .41$, $p < .001$; Figure 60b), mais pas aux capacités de détection (SENSIB) ou de discrimination (DISCR). Par ailleurs, il n'y a aucune différence de capacités olfactives (SENSIB, DISCR, ID-QCM ou ID-LIBRE) entre les enfants allaités et les enfants non allaités, ainsi qu'entre les enfants issus de familles fumeuses et

ceux de familles non fumeuses, que ce soit dans l'échantillon total ou pour les filles et les garçons séparément (Chi-deux).

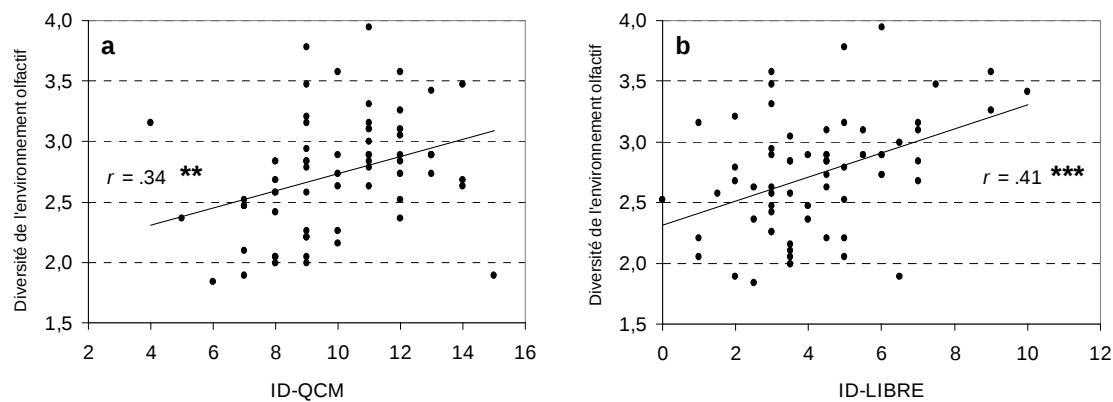


Figure 60 Corrélations entre la diversité de l'environnement olfactif familial évalué par les parents et les capacités d'identification (a) indicée et (b) libre des enfants ($n = 67$).

Caractéristiques socioculturelles. Une analyse corrélacionnelle a été effectuée entre le nombre d'enfants, le sex-ratio familial et le niveau de diplôme, d'une part, et chacune des capacités olfactives, d'autre part.

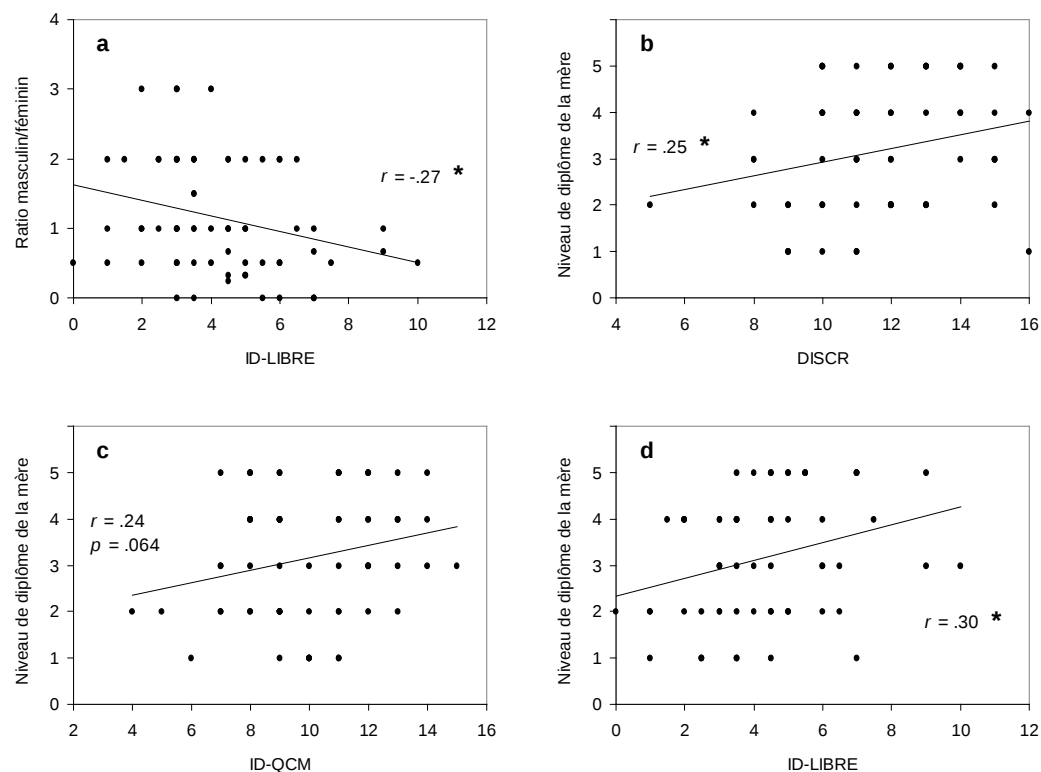


Figure 61 Corrélations (a) entre le score d'identification libre des enfants et le sex-ratio familial ($n = 67$), et (b) entre le score de discrimination, (c) d'identification indicée et (d) d'identification libre des enfants et le niveau de diplôme de la mère (de 1 : aucun diplôme, à 5 : niveau bac+5 et plus) ($n = 62$).

Le sex-ratio familial et les capacités d'identification libre ID-LIBRE sont négativement corrélés ($r = -.27$, $p < .05$; Figure 61a), indiquant que plus la proportion d'individus féminins est grande, meilleures sont les capacités d'identification libre. De plus, le niveau de diplôme de la mère est positivement corrélé aux scores de discrimination ($r = .25$, $p < .05$), d'identification indicée ($r = .24$, $p = .064$) et d'identification libre ($r = .30$, $p < .05$) (Figure 61b,c,d). Ces effets apparaissent chez les filles et les garçons séparément, à l'exception de la corrélation entre le niveau de diplôme de la mère et la discrimination, relevée uniquement chez les garçons ($r = .40$, $p < .05$, contre $r = .08$, $p = .674$, pour les filles).

Les autres variables socioculturelles (famille mono/biparentale, catégorie socioprofessionnelle et origines ethniques) sont croisées avec les capacités olfactives par des tests-t. D'une part, les enfants dont les grands-parents sont nés en France ont des scores de sensibilité olfactive plus élevés que les enfants dont les grands-parents sont nés hors de France (8.0 ± 4.2 vs. 5.7 ± 3.9 , $t_{65} = 2.27$, $p < .05$). Cet effet ne peut s'expliquer par des différences de niveau d'éducation et de profession car les deux groupes d'enfants ne diffèrent ni par le niveau de diplôme de la mère ou du père, ni par la catégorie socioprofessionnelle. Au niveau de l'échantillon total, une ANOVA à un facteur sur la variable SENSIB ne révèle aucune différence de sensibilité liée au continent de naissance²⁶ des grands-parents (Afrique $n = 14$, Europe $n = 8$ et Asie $n = 4$). D'autre part, les enfants issus de parents 'cadres' ont tendance à obtenir de meilleurs scores d'identification olfactive que les enfants issus de parents 'employés' (ID-QCM : 10.4 ± 1.9 vs. 9.1 ± 2.5 , $t_{49} = 1.97$, $p = .055$; ID-LIBRE : 4.6 ± 1.8 vs. 3.7 ± 2.0 , $t_{49} = 1.72$, $p = .092$). L'effet de la catégorie socioprofessionnelle sur ID-LIBRE est dû au groupe des garçons (garçons : 4.7 ± 1.3 vs. 3.3 ± 1.9 , $t_{24} = 2.18$, $p < .05$; filles : 4.5 ± 2.3 vs. 4.1 ± 1.9 , $t_{23} = .43$, $p = .674$).

3.4.4. Discussion

OLFACTION ET ENVIRONNEMENT OLFACTIF

Les relations significatives entre la diversité de l'environnement olfactif, tel que nous l'avons conceptualisée et quantifiée ici, et le fonctionnement olfactif des enfants sont représentées sur la Figure 62. Les résultats montrent clairement que

²⁶ Deux enfants, dont les grand-parents sont nés pour l'un sur le continent Océanique, et pour l'autre sur le continent Américain, n'ont pas été inclus dans cette ANOVA.

l'exposition quotidienne aux odeurs a des conséquences sur la connaissance sémantique des odeurs chez l'enfant : plus l'environnement olfactif est diversifié, meilleures sont les capacités d'identification olfactive. Ce lien est certainement sous-tendu en grande partie par un effet de l'expérience : la perception récurrente d'odeurs au quotidien contribue à la structuration de l'espace perceptif des odeurs (Chréa et al., 2005). Par exemple, un enfant vivant dans une maison avec jardin est susceptible de mieux reconnaître et identifier les odeurs de fleurs, d'herbe ou de terre qu'un enfant vivant en appartement. L'exposition n'est pourtant pas une condition suffisante à la connaissance sémantique des odeurs puisque savoir identifier une odeur suppose non seulement que cette odeur (ou une odeur proche) ait déjà été rencontrée, mais aussi qu'elle ait été associée avec le nom de l'objet émetteur. C'est la raison pour laquelle on peut penser que le score d'environnement olfactif (qui reste ici une mesure approximative et subjective) reflète en partie la capacité des parents à décrire cet environnement et que cette capacité est transmise aux enfants par l'action éducative. Ainsi, la connaissance verbale des odeurs pourrait être non seulement le reflet d'une expérience sensorielle résultant de la présence d'odeurs dans la sphère familiale, mais aussi d'une expérience activement promue (ou proscrite) par les parents.

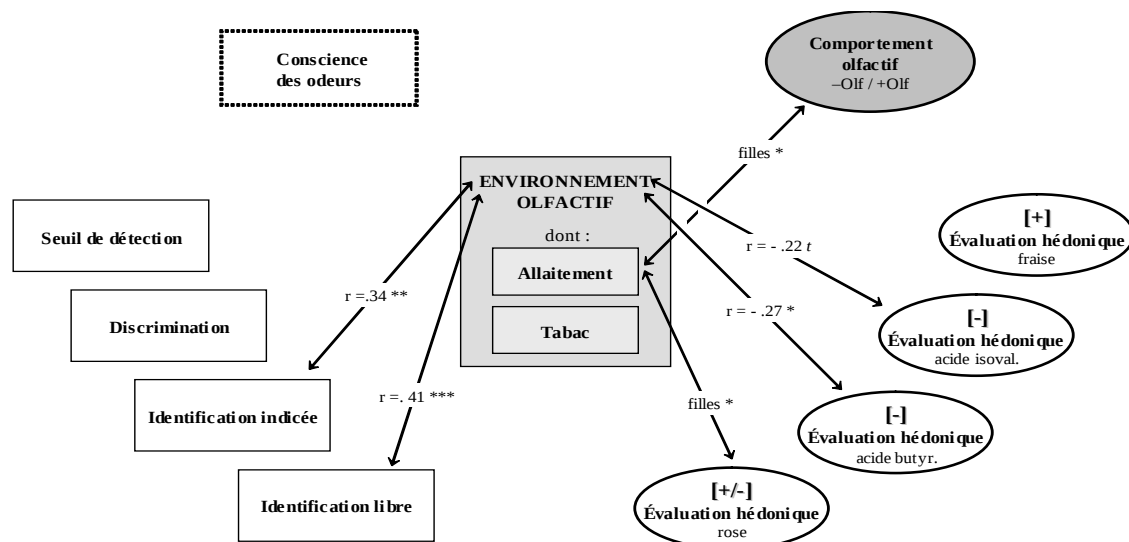


Figure 62 Récapitulatif des liens entre l'exposition olfactive dans l'environnement familial (Etape 6) et le score ECOLE de comportement olfactif des enfants (Etape 1b), leur évaluation hédonique de quatre odeurs (+ : plaisantes, - : déplaisantes), leur conscience des odeurs (Etape 2), et leurs compétences olfactives (Etape 4).

Le score d'environnement olfactif est également négativement corrélé avec l'appréciation des odeurs d'acide isovalérique et d'acide butyrique. D'une part, l'exposition à une grande variété d'odeurs pourrait favoriser l'établissement d'une catégorisation hédonique des odeurs. Toutefois, cet argument n'explique pas

l'absence de lien entre environnement olfactif et évaluation hédonique des odeurs plus plaisantes (fraise, rose). D'autre part, les parents décrivant un environnement plus riche en odeurs pourraient être plus attentifs à cette dimension de leur sensorialité. Par conséquent, ils seraient plus exigeants sur le contrôle des odeurs domestiques, soit par ajout de fragrances, soit par élimination de sources de stimulations nauséabondes. Cet argument est d'autant plus plausible qu'une partie des questions porte sur le contrôle olfactif par ajout d'odorants (sur le corps et dans les espaces de vie). La transmission aux enfants de cette attitude parentale pourrait expliquer la relation entre environnement olfactif et évaluation hédonique, ainsi que sa restriction aux odeurs déplaisantes.

Nous avons également choisi d'étudier séparément deux caractéristiques spécifiques de l'environnement odorant : l'allaitement au sein et le tabagisme parental. Concernant *l'allaitement*, on s'aperçoit que les filles les plus olfactives selon le questionnaire ECOLE (+Olf) sont plus nombreuses à avoir été allaitées à la naissance que les filles -Olf. De plus, l'odeur d'alcool phényl-éthylique (rose) est évaluée plus positivement par les filles qui ont été allaitées que par celles qui ne l'ont pas été.

Ces différences, notamment en ce qui concerne le score ECOLE, pourraient trouver en partie leurs origines dans des facteurs cognitifs complexes. En effet, la pratique de l'allaitement au sein dans nos sociétés est généralement associée à des niveaux socioprofessionnels plus élevés chez la mère (dans notre étude, comme dans d'autres travaux : Florack et al., 1984 ; Horwood & Fergusson, 1998). Elle semble aussi associée à de meilleures capacités cognitives de l'enfant (Golding et al., 1997 ; notre étude), liées pour partie à des variables confondues relatives au niveau d'éducation parentale (Anderson et al., 1999), mais probablement aussi aux effets biologiques du lait maternel sur le cerveau humain en développement (Golding et al., 1997 ; Pérez-Escamilla, 2005). Ainsi, le lien entre le score au questionnaire ECOLE et l'allaitement pourrait exister par l'intermédiaire de capacités cognitives de haut niveau.

Une interprétation alternative consiste à considérer l'allaitement au sein en tant qu'expérience chimiosensorielle particulière. L'allaitement constitue une période précoce d'exposition olfactive diversifiée (d'un repas à l'autre, d'un jour à l'autre), puisque le lait maternel contient des substances inhalées et ingérées par la mère (Ganchrow & Mennella, 2003). Les enfants nourris au biberon ne bénéficient en aucun cas d'un niveau aussi élevé de diversité aromatique. Cette expérience

chimiosensorielle liée au lait maternel a un impact réel sur les comportements de l'enfant, puisqu'elle favorise l'acceptation d'aliments solides à 4-6 mois (Sullivan & Birch, 1994). De plus, elle a des effets à plus long terme. Certains travaux montrent l'influence de l'exposition olfactive précoce sur les préférences à 4-5 ans (Mennella & Beauchamp, 2002), voire à l'âge adulte (Haller et al., 1999). De cette façon, il n'est pas impossible que l'allaitement puisse contribuer à renforcer l'attention et la réactivité aux odeurs des enfants (score ECOLE). Ce point de l'étude suggère que l'impact précoce de l'allaitement sur le fonctionnement olfactif de l'enfant devrait faire l'objet de recherches futures.

Le *tabagisme* des parents n'a pas, dans notre étude, d'impact sur le fonctionnement olfactif de l'enfant. Chez l'adulte, le tabagisme se traduit pourtant par une altération des capacités d'identification olfactive (Frye et al., 1990) et des capacités de détection des composés contenus dans la fumée de cigarette (Berglund & Nordin, 1992 ; Rosenblatt et al., 1998) et du butanol (Koelega, 1994c). Rares sont les travaux étudiant l'impact du tabagisme passif sur les capacités olfactives des enfants. Ceux de Nageris et al. (2002), par opposition à nos conclusions, mettent en évidence que les enfants de parents fumeurs ont de moins bonnes capacités d'identification olfactive que les enfants issus d'un milieu non fumeur. D'autres études sont nécessaires pour éclaircir cette question.

OLFACTION ET COMPOSITION FAMILIALE

La composition familiale semble jouer un rôle dans les perceptions olfactives (récapitulatif Figure 63), notamment sur le plan de l'hédonisme olfactif. En effet, plus la proportion d'individus féminins dans la famille est importante (mère, sœurs), plus *i)* les capacités d'identification olfactive sont bonnes, *ii)* l'odeur de rose est appréciée (par les filles), et *iii)* l'enfant tend à se situer dans le groupe +Olf. De plus, les enfants de mère célibataire apprécient davantage l'odeur de rose. Ces effets, cohérents les uns avec les autres, pourraient être liés non seulement à une exposition olfactive, mais aussi à des pratiques spécifiquement liées aux composantes masculines et féminines de la famille.

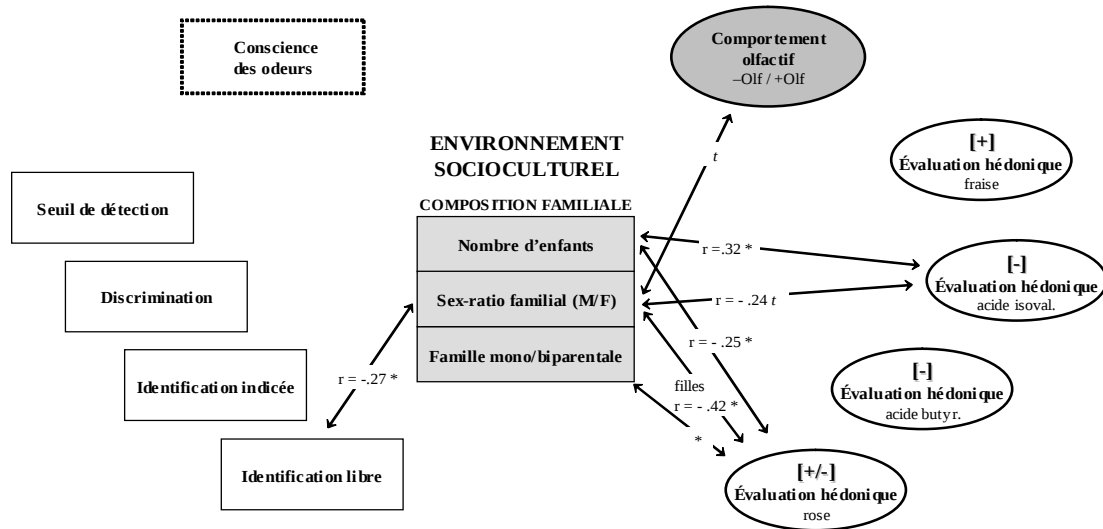


Figure 63 Récapitulatif des liens entre la composition familiale (Etape 6) et le score ECOLE de comportement olfactif des enfants (Etape 1b), leur évaluation hédonique de quatre odeurs (+ : plaisantes, - : déplaisantes), leur conscience des odeurs (Etape 2), et leurs compétences olfactives (Etape 4).

Les pratiques et compétences olfactives mises en œuvre dans les familles pourraient varier selon le sex-ratio familial, puisqu'elles diffèrent en fonction du genre. Par exemple, les femmes sont plus réactives aux odeurs déplaisantes (Doty, 1986 ; Olofsson & Nordin, 2004) et elles seraient plus impliquées dans le contrôle des odeurs corporelles et de l'environnement (Wysocki et al., 1991 ; Mallet & Schaal, 1998). L'odeur de rose, rappelant les fragrances utilisées dans les cosmétiques, pourrait être plus fréquemment rencontrée dans les familles où les individus féminins sont les plus représentés. Cette familiarité avec l'odeur de rose (bien qu'hypothétique) pourrait ainsi engendrer une appréciation plus positive de celle-ci par les enfants. Enfin, les femmes sont aussi connues pour leur meilleures aptitudes d'identification olfactive (Doty et al., 1984 ; Larsson et al., 2003) et pour la plus grande importance qu'elles accordent aux odeurs quotidiennes (Martin et al., 2001 ; Herz & Inzlicht, 2002). Par conséquent, on peut supposer qu'une famille à plus forte composante féminine dirige plus souvent l'attention des enfants vers les odeurs et verbalise davantage les perceptions olfactives de la vie quotidienne, influençant ainsi les performances des enfants au test d'identification olfactive et au questionnaire ECOLE.

Par ailleurs, plus la fratrie est nombreuse, moins l'odeur d'acide isovalérique est dépréciée et moins l'odeur de rose est appréciée. Ces corrélations sont difficilement interprétables, hormis peut-être pour l'acide isovalérique. Plus les enfants sont nombreux, plus ils ont de chance d'être exposés aux odeurs corporelles de leur fratrie : celles-ci pourraient ainsi devenir plus familières et plus tolérables. Des études interculturelles montrent en effet que certaines odeurs universellement aversives (Pangborn et al., 1988) tendent à être jugées moins négativement lorsqu'elles sont rencontrées quotidiennement (Schaal et al., 1998). Dans l'ensemble, toutes ces interprétations concernant le rôle de la composition familiale dans la construction des compétences olfactives de l'enfant restent hypothétiques, mais pointent des questions qui mériteraient d'être étudiées plus en détail.

OLFACTION ET ORIGINES ETHNIQUES

Les enfants dont les grand-parents sont nés hors de France métropolitaine ont une sensibilité olfactive pour l'alcool phényl-éthylique clairement inférieure à celle des enfants dont les grand-parents sont nés en France (Figure 64).

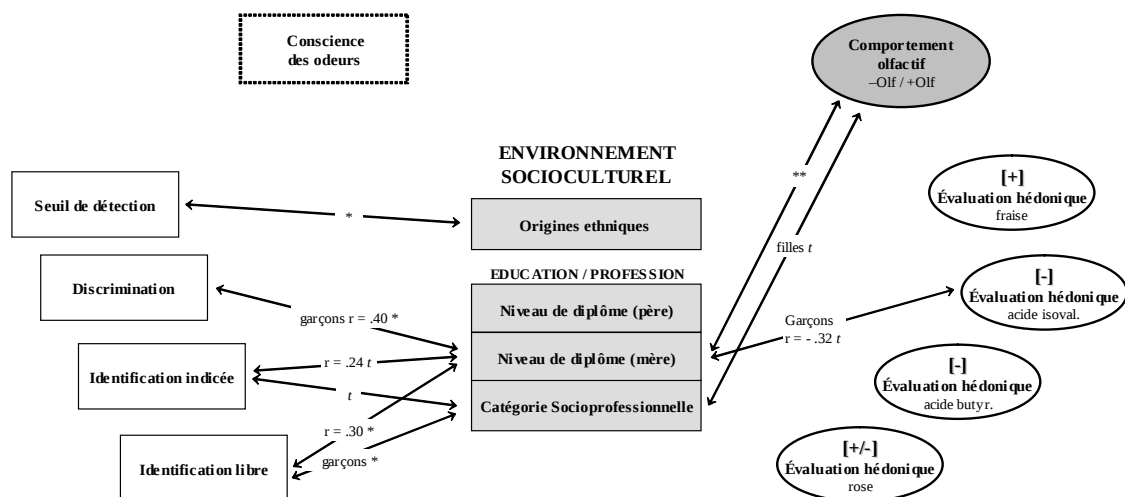


Figure 64 Récapitulatif des liens entre les origines ethniques des enfants, le niveau d'éducation et la profession des parents (Etape 6) et le score ECOLE de comportement olfactif des enfants (Etape 1b), leur évaluation hédonique de quatre odeurs (+ : plaisantes, - : déplaisantes), leur conscience des odeurs (Etape 2), et leurs compétences olfactives (Etape 4).

Cet effet n'est pas dû à des différences de capacités cognitives (fluidité verbale, traitement de l'information), ni à des différences de niveau d'éducation ou de catégorie socioprofessionnelle des parents. Le tabagisme (plus présent dans les familles où les grands-parents sont nés en France) ne permet pas non plus d'expliquer cette différence. Une interprétation très hypothétique pourrait reposer sur des différences de pratiques, notamment culinaires et cosmétiques, héritées culturellement et perpétrées de génération en génération. Par exemple, les personnes issues de cultures africaines semblent valoriser le caractère intense des odeurs, notamment en alimentation (Wathelet, 2007). Il n'est pas impossible que les individus, pour qui l'intensité olfactive, synonyme de plaisir, est activement recherchée au quotidien, aient plus de difficultés à détecter de faibles concentrations odorantes. Par ailleurs, l'intensité perçue semble varier selon les cultures et les odorants (Distel et al., 1999) : de telles différences entre les cultures françaises et africaines pourraient donc exister pour l'odeur d'alcool phényl-éthylque, mais ce point reste à vérifier.

OLFACTION ET NIVEAU D'EDUCATION/PROFESSION DES PARENTS

Dans notre étude, les enfants dont la mère a un niveau de diplôme plus élevé et dont les parents ont une catégorie socioprofessionnelle supérieure ('cadre', comparé à 'employé') identifient et discriminent mieux les odeurs, et ont plutôt un score ECOLE élevé (Figure 64). Les performances des enfants aux tests olfactifs pourraient donc être fonction d'influences cognitives liées aux paramètres socioprofessionnels parentaux.

En effet, dans notre étude, la profession et le niveau d'éducation des parents (surtout celui de la mère) s'avèrent liés à certaines capacités cognitives des enfants (fluidité verbale et traitement de l'information). Toutefois, ce lien paraît beaucoup plus marqué chez les garçons. Des conclusions similaires ressortent de plusieurs autres travaux examinant le rôle de l'environnement socioculturel sur le développement cognitif de l'enfant : le niveau d'éducation de la mère influence la réussite scolaire et les scores d'intelligence des enfants (Andersson et al., 1996 ; Guionnet & Neveu, 2004), et les performances scolaires des garçons semblent plus influencées que celles des filles par la catégorie socioprofessionnelle des parents (Baudelot & Establet, 2006). De surcroît, il semblerait, selon les résultats de notre étude (cf. Etape 4), que les performances d'identification et de discrimination olfactives des enfants soient liées à leurs capacités cognitives (fluidité verbale et traitement de l'information). Tous ces éléments concordent avec l'hypothèse que

les caractéristiques socioprofessionnelles des parents (et, plus spécifiquement, de la mère) influencent les capacités des enfants (des garçons notamment) à traiter l'information en général, et l'information olfactive en particulier. Ces conclusions s'appliquent aux variables que nous avons mesurées ici, avec toutes les restrictions que nous avons dû appliquer dans la catégorisation professionnelle.

RESUME ET CONCLUSIONS

La **diversité olfactive de l'environnement familial**, tel que décrite par les parents, favorise nettement la **connaissance** des odeurs (capacité à les identifier) et le **rejet des odeurs déplaisantes** (ici, les acides isovalérique et butyrique). Ces effets pourraient découler de l'exposition olfactive et de pratiques familiales. Plus spécifiquement, les **filles** ayant été **allaitées** appartiennent plus souvent au groupe des enfants les plus olfactifs **+Olf**, et **apprécient davantage l'odeur de rose**. Ces effets pourraient être davantage sous-tendus par des phénomènes **d'exposition sensorielle précoce** (via le lait et le contact avec la mère), ou encore par des facteurs cognitifs. Quant au **tabagisme parental**, il n'a pas d'influence dans notre étude sur le fonctionnement olfactif des enfants.

La **proportion d'individus de sexe masculin et féminin** dans la famille a un impact notable sur l'évaluation hédonique et la connaissance des odeurs : plus les éléments **féminins** sont représentés, plus *i)* l'odeur de **rose est appréciée**, *ii)* l'odeur d'**acide isovalérique est rejetée** (odeur associée à la malpropreté), *iii)* la **capacité à identifier** les odeurs est bonne et *iv)* l'enfant a de chances d'être dans le groupe **+Olf**. Les compétences olfactives féminines, plus développées que celle des hommes et des garçons en terme de connaissance, d'attention et de contrôle des odeurs quotidiennes, pourraient donc faire l'objet d'une transmission entre membres de la famille.

Les enfants dont les grands-parents sont **nés hors de France** métropolitaine (majoritairement en Afrique) sont significativement **moins sensibles** à l'alcool phényle-éthylque que les enfants dont les grands-parents sont nés en France. Ce résultat reste difficilement interprétable, sinon de façon très hypothétique en terme de pratiques culturelles valorisant les odeurs intenses.

Enfin, **le niveau d'éducation et la profession** des parents sont liés aux capacités olfactives des enfants dont l'expression nécessite une forte mobilisation des compétences cognitives (ici, **discrimination, identification, score ECOLE**). L'implication probable de **dimensions cognitives** dans ces effets semble concerner plus particulièrement l'interaction **mère-fils**.

Cette partie de l'étude est exploratoire. Elle donne un aperçu de la multitude de paramètres environnementaux pouvant avoir un impact sur la façon dont les informations sensorielles sont perçues et traitées, dès le plus jeune âge. Elle permet de mieux comprendre la variabilité interindividuelle en olfaction et ouvre de nombreuses perspectives de recherche dans ces domaines encore peu explorés.

3.5. Evaluation du comportement olfactif par les parents (ETAPE 7)

L'objectif de cette étape est de déterminer comment les parents évaluent le comportement olfactif de leur enfant, pour ensuite mettre en relation cette mesure avec le comportement olfactif auto-évalué par les enfants (score total ECOLE et items séparés, Etape 1b), l'évaluation hédonique et la conscience des odeurs (Etape 2) et les capacités olfactives (Etape 4).

3.5.1. Méthode

Huit des 16 items du questionnaire ECOLE ont été reformulés pour être transposés à l'évaluation par les parents (Annexe M). Ces items concernent les comportements suivants : sentir l'odeur d'aliments inconnus, sentir une odeur pour se consoler, conserver précieusement un objet odorant, sentir ses affaires de classe, ses habits, des parties du corps, accorder de l'importance à l'odeur des parents, réagir à l'odeur de tabac.

3.5.2. Variable calculée

Les items reçoivent un score, correspondant à la catégorie choisie sur l'échelle en 5 points (de 1 point pour 'jamais/pas du tout vrai' à 5 points pour 'très souvent/très vrai'). Les scores de chaque item sont ensuite moyennés afin d'obtenir un score unique, compris entre 1 et 5, nommé par la suite **score ECOLE parents**.

3.5.3. Résultats

LIEN ENTRE LES SCORES ECOLE DES PARENTS ET DES ENFANTS (ETAPE 1b)

Une ANOVA préliminaire indique qu'il n'y a aucun effet principal du genre ou de l'âge de l'enfant, ni aucune interaction significative, sur le score ECOLE parents. Une autre ANOVA à deux facteurs (groupe -Olf/+Olf, genre) réalisée sur le score ECOLE parents ne met en évidence aucune différence significative liée au comportement olfactif, au genre ou à l'interaction de ces deux facteurs.

Une analyse plus détaillée a consisté à effectuer une corrélation item par item (coefficient de Spearman) entre les réponses des parents (notées sur 5 points) et les réponses des enfants (notées sur 3 points). Les résultats indiquent un accord

entre parents et enfants uniquement pour l'item concernant l'odeur de la famille ($r_s = .37, p < .01$), les autres items n'étant pas liés (Tableau 13).

Tableau 13 Corrélations de Spearman entre les scores par item des parents et des enfants.

<i>Item</i>	<i>Contenu</i>	r_s	p
11. Fam	Odeurs de la famille	.37	**
15. Cigar	Odeur du tabac	.10	<i>ns</i>
14. Corp	Sentir son odeur corporelle	.07	<i>ns</i>
5. Trist	Odeurs senties lors d'un chagrin	.04	<i>ns</i>
2. Nouv	Sentir un nouvel aliment	.01	<i>ns</i>
13. Habi	Sentir ses habits	.00	<i>ns</i>
8. Class	Sentir ses affaires de classe	.00	<i>ns</i>
6. Prec	Objets odorants gardés précieusement	-.13	<i>ns</i>

LIENS ENTRE LE SCORE ECOLE PARENTS ET L'ÉVALUATION HEDONIQUE DES ODEURS PAR LES ENFANTS (ETAPE 2)

Le score ECOLE parents est significativement corrélé avec la note hédonique attribuée par les enfants aux deux odeurs déplaisantes (à l'acide isovalérique : $r = -.31, p < .05$; à l'acide butyrique : $r = -.29, p < .05$) (Figure 65).

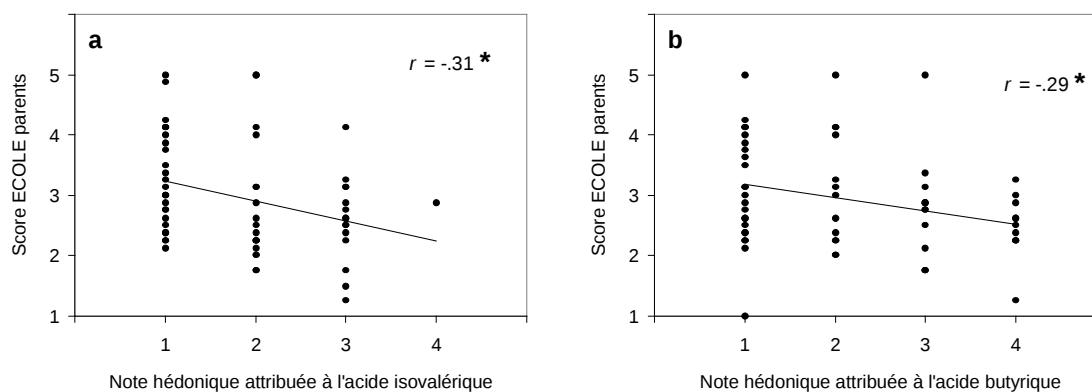


Figure 65 Corrélation entre le score ECOLE parents et l'évaluation hédonique par les enfants (a) de l'acide isovalérique ($n = 61$) et (b) de l'acide butyrique ($n = 61$).

LIEN ENTRE SCORE ECOLE PARENTS ET CONSCIENCE DES ODEURS (ETAPE 2)

Une ANOVA indique que le score ECOLE parents, attribué aux enfants conscients des odeurs dans les trois expériences de l'Etape 2, n'est pas différent de celui attribué aux enfants conscients uniquement dans la première ou les deux premières expériences ($F_{1,61} = .61, p = .438$).

LIENS ENTRE LE SCORE ECOLE PARENTS ET LES CAPACITES OLFACTIVES DES ENFANTS (ETAPE 4)

Les corrélations entre le score ECOLE parents, d'une part, et les capacités olfactives de sensibilité, de discrimination et d'identification olfactives des enfants, d'autre part, indiquent un lien pour les capacités de discrimination uniquement ($r = .21, p = .093$).

3.5.4. Discussion

Les relations entre le comportement olfactif évalué par les parents et le fonctionnement olfactif des enfants sont résumées dans la Figure 66. Le comportement olfactif auto-évalué par les enfants et évalué par les parents présente peu de similitudes : les enfants qui se déclarent très olfactifs (+Olf) ne sont pas considérés par leurs parents comme plus olfactifs que les enfants -Olf. Un point de convergence entre parents et enfants a toutefois été mis en évidence pour la réactivité des enfants à l'odeur de leurs parents et de leur fratrie : les parents connaissent ces réponses car elles les concerne directement. A l'inverse, on remarque une quasi-divergence entre parents et enfant quant à l'existence d'un objet odorant conservé précieusement : cette pratique, individuelle et intime, semble être effectuée à l'insu des autres membres de la famille.

Dans l'ensemble, la faible convergence entre parents et enfants, non attendue dans la démarche de validation externe du questionnaire ECOLE, est finalement peu surprenante. Plusieurs études utilisant des questionnaires sur le fonctionnement émotionnel et sensoriel de l'enfant soulignent la faible convergence entre les parents et leurs enfants âgés de 5 à 12 ans (Barrett et al., 1991 ; Chambers et al., 1999 ; Purper-Ouakil et al., 2002 ; Barbaranelli et al., 2003). La question se pose donc de savoir qui, des enfants ou des parents, fournissent les informations les plus représentatives de la dimension mesurée. Dans certains cas, les réponses des enfants reflètent de façon plus fidèle que celles des parents leurs comportements effectifs, par exemple lorsqu'il s'agit de traits de personnalité (tendance dépressive : Barrett et al., 1991 ; néophobie alimentaire : Loewen & Pliner, 2000)

ou de comportement alimentaire (Bellù et al., 1995 ; Wilson & Lewis, 2004). Il est probable que dans le cas du questionnaire ECOLE, les enfants soient également les meilleurs évaluateurs de leurs propres comportements olfactifs. En effet, plusieurs parents ont décrit lors de discussions informelles leur attention limitée pour ce domaine de compétence de leur enfant, du fait qu'ils ne le considèrent pas comme un élément crucial du développement. L'olfaction est un sens rarement mis en valeur, et parfois même censuré au sein des familles occidentales²⁷. Spontanément peu verbalisé, l'odorat est parfois qualifié de sens caché (Köster, 2002). On comprend donc que certains aspects idiosyncrasiques du comportement olfactif des enfants ne soient pas partagés en famille et échappent à l'attention des parents. Enfin, on ne peut exclure la possibilité que les réponses des parents, à qui l'objectif de l'étude était présenté clairement, soient légèrement biaisées par la désirabilité sociale (comme pour l'évaluation des traits de personnalité dans l'Etape 5) et tendent à produire des réponses attendues, réduisant ainsi la correspondance entre leurs réponses et celles de leurs enfants.

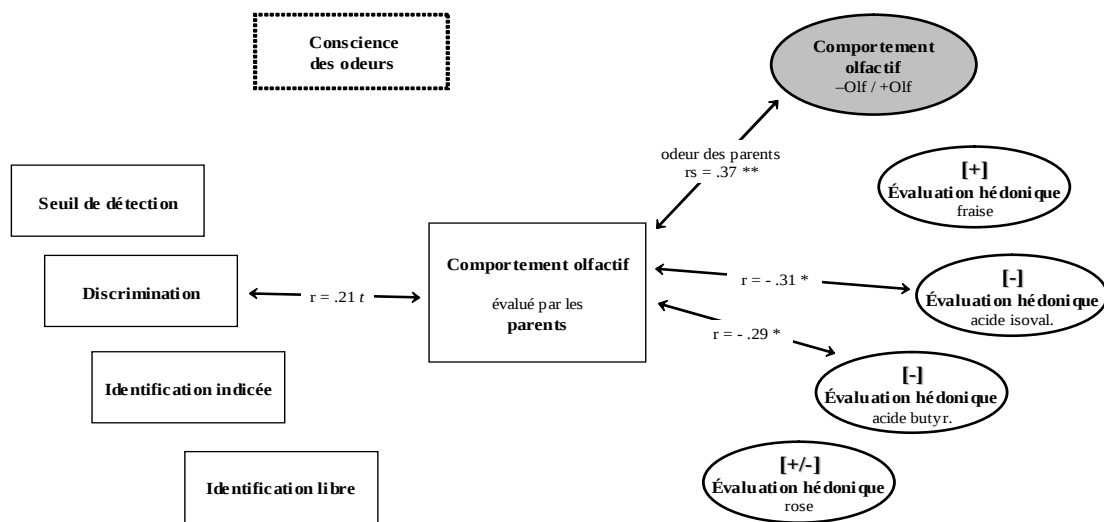


Figure 66 Récapitulatif des liens entre le comportement olfactif des enfants évalué par les parents (score ECOLE parents, Etape 7) et le score ECOLE de comportement olfactif des enfants (Etape 1b), leur évaluation hédonique de quatre odeurs (+ : plaisantes, - : déplaisantes), leur conscience des odeurs (Etape 2), et leurs compétences olfactives (Etape 4).

Malgré tout, les parents ne semblent pas dépourvus de toute connaissance du fonctionnement olfactif de leur enfant. Leur évaluation du comportement olfactif infantin est corrélée à la réactivité hédonique de leur enfant aux odeurs

²⁷ On note toutefois des changements récents dans la prise en compte des odeurs dans le groupe scolaire et familial, avec une multiplication des séances d'éveil sensoriel dans les écoles et la création d'un nombre croissant de livres odorants (pastilles à gratter, libérant des odorants microencapsulés).

déplaisantes. L'expression de dégoût par rapport aux odeurs déplaisantes dans la vie quotidienne est certainement la manifestation la plus évidente du comportement olfactif infantin (les réactions aux stimuli agréables étant généralement moins marquées, Ehrlichman & Bastone, 1992). C'est pourquoi, bien qu'on ne demande pas explicitement aux parents d'évaluer la réactivité hédonique olfactive de leur enfant dans les 8 items ECOLE, leurs réponses ont pu être influencées par les éléments les plus visibles de l'olfaction de leur enfant (réactivité aux mauvaises odeurs). De surcroît, l'évaluation parentale du comportement olfactif infantin tend à être liée aux capacités de discrimination olfactive des enfants. De la même façon que la réactivité aux mauvaises odeurs, il est concevable que la compétence de discrimination soit observable par les parents dans certaines situations de la vie quotidienne (par exemple, pour la distinction d'aliments habituels/inhabituels, ou la réaction à l'odeur parentale variant en fonction de l'hygiène et de l'activité physique), ce qui pourrait influencer leur évaluation du comportement olfactif infantin.

RESUME ET CONCLUSIONS

L'évaluation du comportement olfactif des enfants par les parents correspond peu à l'auto-évaluation réalisée par les enfants, excepté pour les situations concernant directement les parents. Le questionnaire ECOLE **ne peut donc pas être validé par les réponses des parents**. Cela ne signifie pas pour autant que l'auto-évaluation des enfants est inappropriée. Au contraire, du fait du caractère idiosyncrasique et caché des comportements olfactifs, il est vraisemblable que les déclarations des enfants soient de meilleurs indicateurs du comportement olfactif effectif.

Des liens apparaissent néanmoins entre **l'évaluation parentale** du comportement olfactif et *i)* la **réactivité des enfants aux odeurs déplaisantes** d'acide isovalérique et d'acide butyrique, et *ii)* leurs capacités de **discrimination**. Ce résultat suggère que les parents possèdent une certaine connaissance, bien que limitée, du fonctionnement olfactif de leur enfant et que celles-ci pourraient guider leurs réponses au questionnaire de comportement olfactif.

Discussion générale

1. Pertinence du questionnaire de comportement olfactif

L'un des deux objectifs majeurs de cette étude était d'évaluer, de façon la plus écologique possible, les différences interindividuelles d'attention et de réactivité aux odeurs dans la vie quotidienne des enfants. C'est dans ce cadre que nous avons développé le questionnaire ECOLE d'Evaluation des Comportements Olfactifs de l'Enfant et tenté de le valider par d'autres mesures olfactives (**Hypothèse 1**). La **qualité intrinsèque de l'outil** a été attestée par des propriétés psychométriques satisfaisantes, une bonne acceptabilité par les enfants entraînant des réponses riches et précises, et des différences interindividuelles dont certaines se sont montrées en accord avec les travaux antérieurs dans le domaine (différences de genre et d'âge). La **validation externe du questionnaire** par des mesures impliquant des odeurs réelles a fourni, quant à elle, des conclusions mitigées.

Un certain nombre de mesures olfactives de l'Etape 2²⁸ sont concordantes avec le score ECOLE. Plus le score ECOLE est élevé, plus l'évaluation hédonique de deux odeurs parmi quatre (alcool phényl-éthylique et acide butyrique) est contrastée : les enfants s'auto-déclarant plus réactifs aux odeurs semblent donc aussi l'être dans une situation où ils sont confrontés à des odeurs réelles. La même conclusion découle de la corrélation positive entre le score ECOLE et l'impact d'une odeur plaisante sur la notation hédonique d'objets (Expérience 2). Enfin, l'attention effective aux odeurs paraît fidèlement rapportée par les enfants dans le questionnaire puisque la prise de conscience spontanée des odeurs dans les trois expériences de l'Etape 2 est associée à des scores ECOLE plus élevés. **Ces résultats constituent des arguments de validation externe du questionnaire** : bien que les liens décrits ci-dessus restent modérés, ils sont cohérents et statistiquement significatifs. L'utilisation, chez l'enfant, d'un outil verbal comme le questionnaire ECOLE semble donc aussi pertinente que chez

²⁸ Il convient de rappeler ici que, dans l'Etape 2, le contexte olfactif a eu un impact sur la réalisation de plusieurs tâches, validant en partie l'**Hypothèse 2** annoncée en introduction.

l'adulte, pour qui le comportement olfactif rapporté dans des questionnaires similaires est cohérent avec des mesures en laboratoire. Cupchick et al. (2005) montrent par exemple que les individus ayant des scores extrêmes de comportements olfactifs déclarés (OELQ²⁹) se différencient aussi sur la fréquence d'apparition de sensations, d'images et de souvenirs lors de la présentation de stimulations olfactives réelles. De la même façon, Pierce et al. (2004) mettent en évidence une correspondance entre leur questionnaire AIO³⁰ et les jugements d'intensité et d'agréabilité d'odeurs réelles. De plus, Wrzesniewski et al. (1999) montrent une corrélation entre l'AIO et l'efficacité d'un conditionnement olfactif aversif. Par conséquent, les individus semblent avoir la capacité, dès l'enfance, à décrire avec justesse leurs comportements olfactifs, lorsqu'ils sont interrogés à l'aide de questions précises et adaptées. Une approche verbale paraît donc valide dans le domaine des perceptions olfactives, malgré leur caractère a priori insaisissable.

En revanche, il convient de souligner **l'absence de lien entre le questionnaire ECOLE et plusieurs autres mesures olfactives des Etapes 2 et 4**. Ces mesures sont, dans l'Etape 2 : *i*) l'utilisation des odeurs et le nombre de réponses correctes dans le test de mémoire associative (Expérience 1)³¹, *ii*) l'impact de l'odeur déplaisante sur la notation hédonique d'un objet (Expérience 2), et *iii*) la différence de performance de barrage entre les conditions odeur plaisante et odeur déplaisante dans l'Expérience 3 ; et dans l'Etape 4 : les performances olfactives de détection, de discrimination et d'identification (*Sniffin' Sticks*). Cette absence de lien est-elle due à une mauvaise validité du questionnaire ou à d'autres facteurs ? Le paragraphe précédent met en évidence plusieurs éléments de validation : l'explication la plus vraisemblable semble donc résider plutôt dans des **décalages dus au niveau de traitement des odeurs et au contexte d'évaluation**.

HYPOTHESE DU NIVEAU DE TRAITEMENT DES ODEURS

Le questionnaire ECOLE est une méthode d'**évaluation verbale**, puisqu'il consiste à révéler ce que l'enfant est capable de déclarer à propos de ses comportements olfactifs. En revanche, dans la tâche de barrage, l'impact des odeurs n'était effectif que lorsque l'enfant n'était **pas en mesure de verbaliser** sa perception des odeurs : seules les performances des enfants n'ayant pas remarqué

²⁹ Odours in Everyday Life Questionnaire.

³⁰ Affective Impact of Odors.

³¹ Un lien existe entre le score ECOLE et l'utilisation des odeurs dans cette expérience, mais il est dû uniquement au développement cognitif lié à l'âge.

la présence d'odeurs (la moitié des participants) ont été altérées par la présence d'une odeur déplaisante, par rapport à la condition odeur plaisante. Bien que ce résultat demande confirmation, il est concordant avec ceux de Epple et Herz (1999), qui décrivent chez l'enfant une altération des performances de barrage en présence d'une odeur ayant acquis une signification négative. Il suggère l'existence d'un traitement implicite des odeurs chez l'enfant, comme chez l'adulte (Kirk-Smith et al., 1983 ; Degel & Köster, 1999). Les informations olfactives paraissent donc avoir fait l'objet de différents modes de traitement dans les tests mis en œuvre dans cette étude.

Différents niveaux de conscience ont pu être sollicités en fonction de la tâche proposée, à savoir la conscience noétique (déclarative), anoétique (automatique) ou auto-noétique (connaissance de ses propres processus mentaux ; Tulving, 1985). Le questionnaire ECOLE pourrait solliciter davantage les consciences auto-noétique et noétique, puisqu'on demande aux enfants de décrire leurs comportements, leurs attitudes et leurs pensées. On pourrait presque parler d'une mesure de métacognition olfactive. En revanche, dans le test de barrage, les odeurs semblent avoir été traitées au niveau anoétique. A ce propos, il est intéressant de constater que, dans ce contexte, les odeurs ont plus d'impact à ce niveau de traitement qu'à celui du traitement noétique. Cela pourrait s'expliquer par le fait que les sujets ayant une conscience noétique des odeurs (ayant déclaré avoir perçu des odeurs) ont la capacité d'effectuer des opérations cognitives sur ces informations, comme par exemple les éliminer de leur champ d'attention afin de se focaliser sur les stimulations importantes (qui permettent l'exécution du test de barrage lui-même).

Selon Zelazo (2004), la mobilisation des différentes formes ou niveaux de conscience (modèle LOC : Levels Of Consciousness) dépend de plusieurs facteurs. L'auteur suggère que tous les niveaux de conscience, allant de la conscience automatique (seule présente chez le jeune enfant de moins d'un an) à la conscience de soi et de ses sentiments (apparaissant en fin de 2^{ème} année) sont potentiellement accessibles à partir de 3 ans. L'accessibilité dépend du stade de développement, mais aussi de la fatigue du sujet et la demande cognitive de la tâche effectuée. Nos sujets, âgés de 6 à 10 ans, ont donc la capacité de traiter les informations olfactives à ces différents niveaux. Mais le test de barrage étant exigeant en terme de concentration, et les enfants étant probablement fatigués (dernière tâche de la session), on peut penser que les odeurs ont été traitées de façon automatique par une grande partie des participants.

En conclusion, les niveaux de conscience mobilisés dans le traitement des informations olfactives à travers le questionnaire ECOLE et dans le test de barrage peut expliquer l'absence de validation de la première mesure par la seconde. Toutefois, cet argument ne permet pas d'expliquer l'absence de lien entre le questionnaire ECOLE et les autres mesures olfactives (Etape 2 : utilisation des odeurs et réponses correctes dans l'Expérience 1, impact de l'odeur déplaisante dans l'Expérience 2 ; Etape 4 : performances olfactives). Dans ces tests, la conscience noétique des odeurs semble mobilisée. En effet, seules les performances des participants ayant remarqué la présence d'odeurs ont été modulées par les odeurs³² dans les expériences 1 et 2 de l'Etape 2 ; de plus, on demande explicitement aux enfants d'effectuer des opérations mentales sur les stimuli olfactifs dans l'Etape 4. Une autre interprétation peut être avancée pour commenter l'absence de validation du questionnaire ECOLE par ces mesures.

HYPOTHESE DU CONTEXTE D'EVALUATION

Nous avons développé le questionnaire ECOLE dans le but **d'étudier l'olfaction infantile d'une façon plus écologique** que les tests olfactifs standard, c'est-à-dire en plaçant les percepts odorants dans un contexte plus fidèle à la réalité quotidienne des sujets.

Dans les Etapes 2 et 4 de l'étude, **les odorants utilisés** ont une moindre signification écologique par rapport à ceux évoqués dans le questionnaire ECOLE. Ils ne sont pas toujours représentatifs des stimulations réelles, en terme de qualité (une molécule unique, au lieu du complexe de molécules formant l'arôme réel) et d'intensité (dilution arbitraire). Dans l'Etape 2, ils sont choisis arbitrairement par l'expérimentateur et associés à des objets qui ne dégagent habituellement pas ces odeurs (par exemple, une peluche parfumée à cannelle ou à l'ananas). Dans le questionnaire ECOLE, au contraire, les odeurs évoquées sont spécifiques à l'individu interrogé et porteuses d'une signification particulière. Pour pallier ce biais, les réponses des enfants au questionnaire ECOLE auraient pu être mises en relation avec leurs réponses à des odeurs provenant directement de leur environnement (prélèvement de l'odeur corporelle des parents, par exemple), afin d'évaluer au mieux la validité externe du questionnaire.

³² Bien que cela n'ait pas été le cas dans notre étude, les odeurs auraient pu avoir aussi un impact implicite, comme cela a été mis en évidence dans des tâches similaires chez l'adulte (associations odeurs-lieux, mémorisées et restituées implicitement : Degel & Köster, 1999 ; évaluation de produits influencée par des odeurs ambiantes : Spangenberg et al., 1996).

D'autres paramètres méthodologiques pourraient limiter l'expression naturelle des compétences olfactives dans nos expériences. Dans les Etapes 2 et 4, les passations étaient **brèves et relativement standardisées**, afin de réduire l'absence des enfants en classe, limiter la gêne occasionnée pour les enseignants³³ et synchroniser les passations quand elles se déroulaient en parallèle (deux enfants dans des pièces séparées). Cette contrainte temporelle aurait pu avoir pour effet de niveler les différences interindividuelles. Par ailleurs, l'enchaînement des différents tests (trois épreuves par session) a pu constituer une **concentration inhabituelle d'expériences olfactives**, qui aurait pu elle aussi avoir une influence sur le traitement des informations.

Ces différents paramètres pourraient contribuer à une **dissociation** entre les compétences olfactives mesurées dans des conditions standardisées de **laboratoire** et la façon dont ces compétences sont – selon les déclarations des enfants – mises en œuvre dans leur **vie quotidienne**. En effet, certaines compétences, révélées en laboratoire, peuvent dans les faits rester inexploitées ou sous-exploitées ; à l'inverse, certaines compétences peuvent n'être mises en œuvre qu'en dehors du laboratoire lorsqu'un contexte spécifique l'exige. Par exemple, les personnes atteintes de déficience visuelle ont la même capacité que les voyants à détecter les odeurs en laboratoire (Diekmann et al., 1994 ; Schwenn et al., 2002), mais ils mobilisent davantage l'olfaction dans leur vie quotidienne (Hinds, 1984 ; Keller, 2001) et acquièrent par expérience une meilleure connaissance sémantique des odeurs (Murphy & Cain, 1986 ; Rosenbluth et al., 2000 ; Wakefield et al., 2004). Ils perçoivent les mêmes informations olfactives que des voyants, mais ils les exploitent différemment. Schaal (1998) souligne l'incapacité des méthodes expérimentales à mettre en évidence certaines compétences olfactives révélées par l'expérience quotidienne et admises par le sens commun. C'est le cas, par exemple, des capacités perceptives des femmes enceintes. Des témoignages récurrents et concordants relatent une altération du sens de l'odorat pendant la grossesse, s'exprimant par un changement dans la valence hédonique des odeurs et une hyper-sensibilité à l'égard de certains odorants (Gilbert & Wysocki, 1991 ; Nordin et al., 2004b). Toutefois, les quelques travaux expérimentaux explorant ces questions ne trouvent aucune différence de sensibilité entre femmes enceintes et non enceintes (Laska et al. 1996 ; Kolble et al., 2001 ; Swallow et al., 2005). Par ailleurs, il semble n'y avoir aucune corrélation entre l'auto-évaluation de la

³³ Les sessions de test se déroulaient pendant les heures d'enseignement, dans les établissements scolaires.

fonction olfactive par les femmes enceintes et leurs jugements effectifs d'intensité et d'agréabilité (Cameron, 2006).

Le **contexte d'évaluation** pourrait jouer un rôle majeur dans les compétences mesurées. L'importance du contexte dans l'expression de compétences sensorielles a été soulignée de façon récurrente, notamment par Kirk-Smith et Booth (1987), qui préconisent l'étude de l'odorat « dans des situations naturelles avec le minimum d'intrusion ». Dans le même esprit, Köster (2003) présente des approches expérimentales nouvelles qui, bannissant les tests de laboratoire décontextualisés, créent des *situations* et déroulent des *scénarios* afin que les participants se placent mentalement dans un contexte proche de la vie quotidienne. L'étude d'Appleton et al. (2006), par exemple, fait partie de ces travaux qui ont le souci du contexte : elle consiste à mesurer le comportement alimentaire en situation réelle grâce à un ordinateur de poche sur lequel les participants enregistrent leurs réponses à des produits ingérés au cours de journées au déroulement habituel. L'importance du contexte a également été mise en évidence pour d'autres modalités sensorielles : par exemple, les performances de sujets novices se révèlent bien meilleures lorsqu'on leur demande de se référer à une mélodie populaire pour effectuer une tâche auditive, que lorsqu'ils se basent sur des stimuli musicaux dénués de sens (Smith et al., 1994). Le délaissement de méthodologies purement expérimentales pour des approches sensibles à la situation et au contexte émerge dans différents domaines de la psychologie (Burgess et al., 2006). Les contextes de la vie quotidienne sont en effet éminemment plus complexes qu'en laboratoire. En particulier, les stimulations sensorielles sont multimodales et font appel à des comportements motivés, alors que les conditions du laboratoire sont habituellement simplifiées et monosensorielles. Cette complexité s'applique à toutes les modalités sensorielles : l'exploration tactile, par exemple, est souvent bimodale, sollicitant à la fois le toucher et la vue (Hatwell et al., 2000). Comme le souligne Walker (2001, p. 1), « *l'exposition [olfactive] quotidienne ne se produit habituellement pas quand notre attention est focalisée sur l'évaluation de l'air ambiant mais quand nous sommes impliqués dans un travail, dans des interactions sociales ou d'autres activités* » et « *nous avons encore beaucoup de travail à faire avant de comprendre pleinement l'impact des stimuli odorants rencontrés dans notre environnement réel* ».

En conclusion, nous pensons que le décalage entre la mesure verbale des conduites olfactives ECOLE et plusieurs mesures avec des odorants réels ne remet pas en cause la qualité de l'outil ECOLE. Celle-ci est fondée sur le respect de règles indispensables au recueil de données fiables chez des enfants de moins de 8 ans s'auto-évaluant (passation individuelle et non en groupe, par oral et non par écrit, utilisation de questions précises et concrètes plutôt que d'affirmations trop générales, contenu simplifié ; cf. Marsh et al., 2005). La qualité de l'outil transparaît également dans les mesures psychométriques et la validation externe par certaines mesures olfactives. La non-validation par d'autres mesures est plus vraisemblablement due à des écarts trop grands entre les contextes d'évaluation, qui génèrent des différences dans l'expression des compétences olfactives. Bien que le questionnaire ECOLE reflète une réalité qui reste partielle, il permet de déterminer dans quelle mesure différentes odeurs quotidiennes sont des éléments prégnants du monde sensoriel des enfants et font partie de leur *Merkwelt* (von Uexküll, 1909), c'est-à-dire des signaux remarquables de leur environnement. Cette méthode, portant sur une dimension olfactive qui ne peut être évaluée de façon équivalente par des méthodes expérimentales de laboratoire, présente de ce fait un intérêt majeur pour l'étude de l'olfaction.

2. Les différences interindividuelles en olfaction

Le second objectif de cette recherche était de mieux connaître certains facteurs à l'origine de variations interindividuelles des compétences et comportements olfactifs infantiles. Les principaux facteurs étudiés étaient l'âge, le genre, la personnalité et plusieurs paramètres environnementaux (physiques et socioculturels). Cette démarche a permis d'explorer les relations entre maturation cognitive, fonctionnement psychologique, facteurs expérientiels, et variables olfactives.

2.1. Différences développementales

En introduction, nous prédisions une amélioration, entre 6 et 10 ans, des performances olfactives, notamment en terme d'**attention aux odeurs** et de **description des perceptions olfactives** (**Hypothèse 3**). En accord avec cette hypothèse, le score ECOLE de comportement olfactif auto-évalué (Etape 1b) augmente avec l'âge. Cette amélioration concerne plus particulièrement certains

items du questionnaire portant sur la connaissance et la description des odeurs³⁴ ou mobilisant la mémoire³⁵. Avec l'âge, les enfants déclarent de plus en plus utiliser les odeurs dans la tâche de mémoire associative objet-odeur (Expérience 1, Etape 2). Ils semblent prendre en compte de façon croissante la dimension olfactive pour émettre un jugement sur des stimulations multimodales (Expérience 2, Etape 2). Ils remarquent aussi plus facilement la présence d'odeurs dans un contexte complexe de mobilisation attentionnelle (Expérience 3, Etape 2). Enfin, leurs capacités olfactives de discrimination et d'identification indicée se perfectionnent (Etape 4).

Ces améliorations peuvent être en partie dues à des phénomènes expérientiels, spécifiques à la modalité olfactive. Tout comme la diversité olfactive de l'environnement favorise les capacités d'identification des odeurs (Etape 6), le nombre croissant d'expériences olfactives au cours de la vie augmente la diversité des stimulations rencontrées et semble permettre une connaissance sémantique et qualitative des odeurs plus étendue.

Toutefois, une grande partie de la variabilité liée à l'âge pourrait être due au développement plus général des capacités cognitives. Comme le disent très justement Chalouhi et al. (2005, p. E85), « *le principal problème lorsqu'on effectue des tests olfactifs chez l'enfant, c'est de déterminer si ces tests évaluent l'olfaction ou la fonction cognitive* ». Dans notre étude, les capacités cognitives liées à la mémoire sémantique (fluidité verbale, Etape 1b), à la mobilisation de l'attention et au traitement de l'information (performance au test de barrage en condition témoin, Etape 2), augmentent nettement entre 6 et 10 ans. Des analyses de covariance indiquent que ces variables cognitives sont largement impliquées dans l'amélioration des performances olfactives avec l'âge. Ces résultats poussent à croire que les changements dans le traitement cognitif des informations olfactives relèvent de phénomènes non spécifiques à l'olfaction.

D'un point de vue *cognitif*, plusieurs théories tentent de décrire le développement des processus mentaux, que ce soit en terme de stades, comme celle de Piaget (1937) et des néo-piagétiens (Case, 1985), ou de phénomènes dynamiques plus complexes, faits de succession d'avancées, de retours, d'arrêts et de faux pas (Siegler, 2000 ; Houdé, 2004). Au cours de l'enfance, la pensée, le raisonnement et

³⁴ Items portant sur les dégoûts alimentaires (item 1), les éléments odorants de la salle de bain (item 10), l'odeur naturelle des personnes (item 12).

³⁵ Item portant sur les odeurs senties la veille (item 4).

la mémoire deviennent de plus en plus performants, grâce à l'incorporation d'informations nouvelles aux connaissances existantes et à l'adaptation des stratégies et des modes de pensée. Dans notre étude, la tranche d'âge des 7-8 ans se distingue des autres pour certaines des variables cognitives et olfactives. Elle se caractérise, par rapport aux tranches d'âges antérieures et postérieures, par une dynamique particulière.

Au cours de cette période, les variables cognitives connaissent une amélioration plus rapide (fluidité verbale et performances au test de barrage, Figure 67a,b), ce qui est également le cas de la stratégie d'utilisation des odeurs pour la réalisation de la tâche de mémoire associative (Figure 67c). Ce résultat n'est pas sans rappeler la transition décrite par Piaget (1937) entre le stade pré-opérationnel (2-7 ans, où l'enfant se représente le monde de façon intuitive et symbolique) et le stade des opérations concrètes (7-11 ans, où l'enfant commence à raisonner de façon logique sur des événements concrets). Bien que la théorie des stades et leur ancrage chronologique soit actuellement largement nuancée par d'autres auteurs, la transition à 7-8 ans semble effective, y compris dans le traitement des informations olfactives. Curieusement, d'autres variables olfactives mesurées dans notre étude révèlent au contraire une stagnation, voire une régression, entre 7 et 8 ans : il s'agit de l'attention et de la réactivité aux odeurs auto-déclarée (score ECOLE) et de l'impact des odeurs sur la notation hédonique d'un objet odorisé (Figure 67d,e). Ce type de « cassure » au cours du développement de l'enfant a pu être observé par ailleurs dans une étude sur les préférences alimentaires (Léon, 1998). Ces travaux mettent en évidence une évaluation plus positive des aliments présentés ainsi qu'une moindre fiabilité des réponses chez les enfants de 7-8 ans, par rapport aux enfants plus jeunes ou plus âgés. Des phénomènes de compétition entre différentes compétences pourraient expliquer la co-occurrence du développement rapide de certaines d'entre elles et de la stagnation de certaines autres. Il n'est pas impossible que l'important développement, à 7-8 ans, de stratégies efficaces pour la réalisation de tâches cognitives complexes (mettant en jeu la mémoire et l'attention : Figure 67a,b,c) se fasse au détriment du perfectionnement des compétences de description et d'analyse de l'environnement sensoriel (Figure 67d,e).

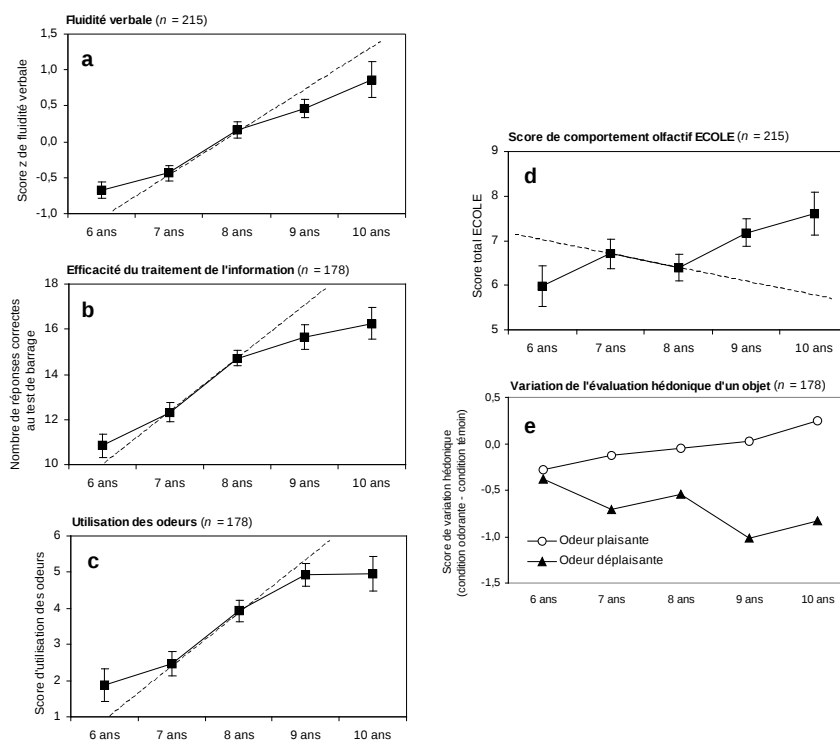


Figure 67 Variation, en fonction de l'âge, des variables *cognitives* : (a) fluidité verbale (mesurée dans l'Etape 1b de l'étude) et (b) efficacité du traitement de l'information (Expérience 3, Etape 2), et des variables *olfactives* : (c) stratégie d'utilisation des odeurs (Expérience 1, Etape 2), (d) score ECOLE de comportement olfactif (Etape 1b) et (e) score de variation de l'évaluation hédonique d'objets en fonction de la condition odorante (Expérience 2, Etape 2).

Certains changements d'ordre *biologique* se produisant pendant l'enfance sont particulièrement marqués entre 7 et 8 ans. Par exemple, Fischer (2006) décrit des modifications cycliques de l'activité cérébrale au cours du développement, constituées de phases d'augmentation, de diminution et de plateaux d'activité. Cette activité est représentée, dans la Figure 68, par l'énergie relative de l'électroencéphalogramme (EEG). L'auteur remarque que ces cycles correspondent aux stades de développement cognitifs décrits par lui-même et d'autres théoriciens comme Piaget. En particulier, on peut observer une importante augmentation de l'activité cérébrale entre 7 et 8 ans. Ces changements cycliques apparaissent de façon relativement synchronisée dans les différentes zones cérébrales (notamment lors de l'entrée dans le stade des opérations concrètes vers 7 ans), comme le montrent les mesures d'EEG de Hudspeth et Pribram (1990 ; Figure 69). Fischer (2006) interprète les pics d'activité électrique comme le reflet de modifications dans les réseaux neuronaux, qui s'expriment sous forme de réorganisations synaptiques. Les changements de connectivité entre les différentes zones cérébrales au cours du développement ont été mis en évidence par ailleurs

(Thatcher, 1992). Les brusques modifications d'activité cérébrale apparaissant à 7-8 ans pourraient donc permettre d'expliquer les dynamiques particulières (stagnation ou amélioration rapide de certaines aptitudes) mises en évidence dans cette étude.

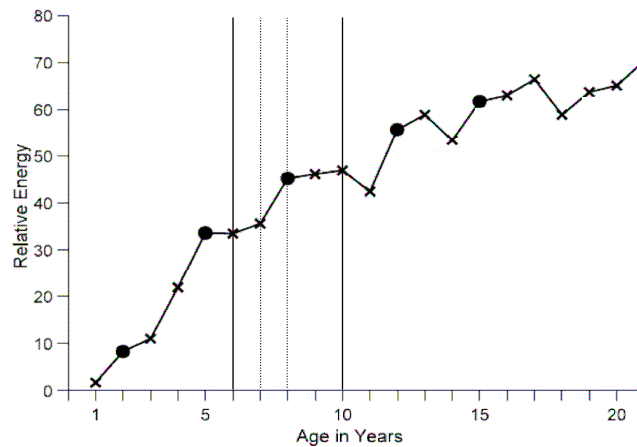


Figure 68 Développement de l'activité cérébrale représentée par l'énergie relative mesurée par EEG (énergie dans la bande de fréquence alpha de la région pariéto-occipitale divisée par l'énergie totale de cette région) chez des participants âgés de 1 à 21 ans. Les points noirs indiquent les pics d'énergie maximale (Extrait de Fischer, 2006). La partie de la courbe située entre les deux barres pleines verticales correspond à la tranche d'âge des enfants qui ont participé à notre étude.

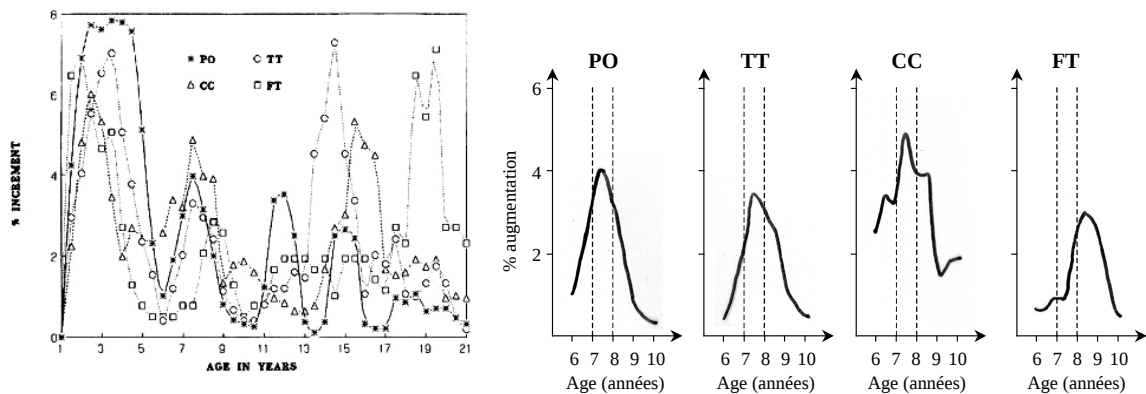


Figure 69 Développement de l'activité cérébrale représentée par le pourcentage d'augmentation d'énergie mesurée par EEG (combinaison des enregistrements des bandes alpha, bêta, delta et thêta) chez des participants âgés de 1 à 21 ans (Extrait de Hudspeth & Pribram, 1990). Les quatre figures de droite permettent de mieux visualiser les changements d'activité entre 7 et 8 ans (zones PO : Pariéto-Occipitale, TT : Temporo-Temporale, CC : Centro-Centrale et FT : Fronto-Temporale).

Enfin, 7-8 ans est également l'âge de la puberté surrénalienne, ou adrénarchie, caractérisée par une augmentation abrupte de la sécrétion de certains stéroïdes (déhydroépiandrostérone DHEA et ses sulfates) par les glandes surrénales (De Peretti & Forest, 1976 ; Forest, 1997 ; Figure 70). D'une part, ces stéroïdes sont connus pour être neuro-actifs (Goodyer et al., 2001) : ils sont administrés de façon exogène dans la lutte contre le vieillissement, mais leur action sur le

fonctionnement cérébral reste encore très mal connue³⁶. Le nombre d'études dans ce domaine étant à ce jour encore restreint, notamment chez l'enfant, cette piste reste ouverte, d'autant qu'elle pourrait avoir des liens fonctionnels avec l'olfaction. En effet, le DHEA est transformé en androgènes et en oestrogènes, qui pourraient eux-mêmes être impliqués dans la fonction olfactive (Le Magnen, 1952 ; Doty, 1986). L'implication de paramètres hormonaux dans le développement des capacités cognitives et perceptives, bien qu'hypothétique, mériterait d'être étudiée.

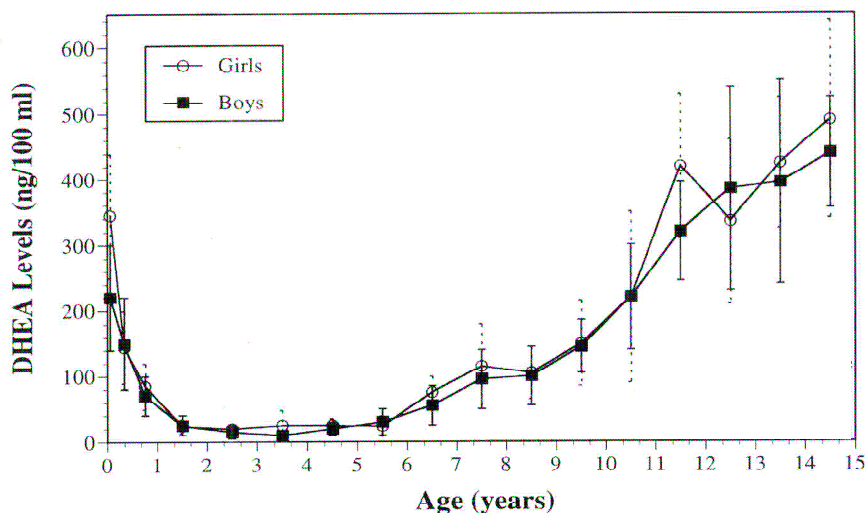


Figure 70 Taux moyen ($\pm$ erreur-standard) de déhydroépiandrostérone (DHEA) depuis la naissance jusqu'à l'âge adulte (Extrait de De Peretti & Forest, 1976).

Les mesures se rapportant aux **dimensions affectives** des odeurs, telles que certains items du questionnaire ECOLE faisant référence à des odeurs fortement appréciées ou dépréciées³⁷ (Etape 1b), ou telles que les évaluations hédoniques de quatre odeurs sur une échelle en 7 points (Etape 2), restent au contraire stables entre 6 et 10 ans. En ce sens, le traitement affectif des odeurs pourrait se distinguer du traitement plus purement cognitif discuté dans les paragraphes précédents. Généralement, la perception d'une odeur déclenche en premier lieu un jugement hédonique spontané (« ça sent bon/mauvais »), avant tout traitement d'ordre cognitif impliquant, par exemple, l'identification de l'odeur ou la réactivation de souvenirs associés. En effet, l'odorat est connu pour être un sens particulièrement lié aux émotions en comparaison des autres sens (Herz & Cupchick, 1995), sans doute du fait des connexions directes entre le bulbe olfactif

³⁶ Contrairement aux hypothèses émises, aucune relation entre le taux de DHEA et les performances cognitives n'a toutefois été mise en évidence à ce jour, que ce soit chez l'adulte âgé (Huppert & Van Niekerk, 2001) ou chez l'enfant (Azurmendi et al., 2005).

³⁷ Items portant sur les objets odorants recherchés comme consolation (item 5) ou conservés précieusement (item 6), l'odeur de voiture (item 9), de tabac (item 15), et des membres de la famille (item 11).

et le système limbique. La valence positive et négative des odeurs s'exprime très tôt au cours du développement puisqu'elle se développe dès la vie fœtale (Schaal et al., 2000 ; Mennella et al., 2001). Si les jugements hédoniques sont susceptibles de subir des réorganisations durant les cinq premières années de vie (Peto, 1936 ; Stein et al., 1958), ils semblent se stabiliser par la suite (Laing & Clark, 1983), excepté pour des odeurs dont la signification évolue au cours du développement, comme par exemple les odeurs corporelles au moment de l'adolescence (Stevenson & Repacholi, 2003 ; Weisfeld et al., 2003). Ainsi, dans notre étude, la stabilité entre 6 et 10 ans des réactions hédoniques envers des odorants artificiels (réellement perçus) et quotidiens (évoqués verbalement dans le questionnaire ECOLE) est cohérente avec la littérature. Une extension de l'étude à un groupe d'adolescents serait certainement plus susceptible de mettre en évidence des changements dans le traitement affectif des odeurs.

2.2. Différences liées au genre

En accord avec la littérature et avec l'**Hypothèse 4** formulée en introduction, cette étude a mis en évidence un avantage féminin pour certaines variables olfactives. Quatre faits viennent étayer cette conclusion. (i) Les filles se déclarent plus attentives et réactives aux odeurs que les garçons dans le questionnaire ECOLE (Etape 1b), et ceci indépendamment du fait qu'elles aient plus d'aisance verbale (test de fluidité verbale). Ce résultat est en accord avec les réponses déclaratives de femmes adultes sur l'importance accordée aux odeurs quotidiennes, d'origine humaine ou non (Herz & Inzlicht, 2002 ; Nordin et al., 2004a). (ii) Les filles tendent à être influencées de façon implicite par la présence d'odeurs hédoniquement contrastées pendant le test de barrage de l'Etape 2, contrairement aux garçons. Ce résultat est concordant avec certains travaux, chez l'adulte, mettant en évidence un impact implicite des odeurs plus marqué chez les femmes (Kirk-Smith et al., 1983). (iii) Les déclarations des filles sur l'utilisation des odeurs dans l'expérience de mémoire associative de l'Etape 2 semblent mieux refléter l'utilisation effective de ces indices que chez les garçons. (iv) Enfin, plusieurs paramètres de l'environnement (allaitement, sex-ratio familial) semblent exercer leur impact uniquement sur les variables olfactives mesurées chez les filles (score ECOLE, évaluation hédonique de l'odeur de rose). Ce dernier point suggère que cette influence s'exercerait de façon plus marquée entre individus de *sexe féminin* (la petite fille, sa mère et ses sœurs). L'expérience commune met en lumière

l'importance de la mère dans l'histoire sensorielle de l'individu³⁸. La mère semble, par exemple, plus présente que le père dans l'évocation des souvenirs olfactifs les plus marquants des individus (Schleidt et al., 1988 ; Lenti Boero, 1995 ; Wathelet, 2006a). En particulier, le parfum et l'odeur corporelle de la mère, ainsi que les odeurs associées aux mets préparés et aux soins prodigués sont fréquemment rapportés (données de Wathelet, présentées dans Ferdenzi et al., 2007).

Par ailleurs, on notera l'absence de différences liées au genre pour les mesures standardisées de sensibilité, de discrimination, d'identification et d'évaluation hédonique d'odorants décontextualisés. Le clivage de genre en olfaction pourrait donc être davantage lié à un modelage socioculturel et autobiographique qu'à des prédispositions d'ordre biologique. Les différences de genre que nous décrivons sont probablement liées à la définition des rôles sexués imposés par la société, impliquant des spécificités au niveau des pratiques, des attitudes et des environnements. Les femmes sont indiscutablement plus fréquemment exposées aux odeurs liées aux cosmétiques, au soin des enfants (Geary, 2003) et aux activités ménagères (Eurostat, 2004 ; Fuwa & Cohen, sous presse), impliquant des odeurs d'aliments, de détergents ou encore de déchets. Elles semblent également plus concernées par le contrôle des odeurs de l'environnement et du corps (Wysocki et al., 1991 ; Mallet & Schaal, 1998). Or, tout comme les garçons s'identifient à leur père, les filles ont tendance à reproduire l'identité de genre en imitant les comportements maternels (par exemple, jouer à accomplir des tâches domestiques ou « se faire belle comme maman » : Guionnet & Neveu, 2004). Par ailleurs, l'environnement de l'enfant (par exemple, couleurs de la chambre et des habits, jouets) est sexuellement différencié dès la naissance, avant même qu'il puisse exprimer ses propres choix. L'environnement familial dans son entier change en fonction du rapport des sexes au sein de la fratrie. Entre autres éléments de l'environnement, les jouets véhiculent des représentations stéréotypées qui contribuent à la socialisation différenciée imposée par l'entourage (Vincent, 2001 ; Baerlocher, 2006). Dans cette étude, nous identifions une contribution probable des odeurs dans ce phénomène. Par exemple, les jouets odorisés sont fortement stéréotypés en fonction du genre. Ceux proposés aux filles (et recherchés par elles) sont souvent des poupées parfumées (voir un exemple dans la Figure 71a), du maquillage, du parfum, du papier à lettre et des stylos parfumés : ces accessoires se rapportent au registre de l'esthétique, de la séduction et des relations interpersonnelles, plutôt marqué du côté féminin. Pour

³⁸ Cf., par exemple, Jardin (1978, p. 75) : « J'ai été fabriqué spirituellement et moralement par mon père, et sensoriellement par ma mère ».

les garçons, les jeux odorants sont plus fréquemment nauséabonds, comme des figurines malodorantes (voir un exemple dans la Figure 71b) ou des boules puantes : ces objets s'inscrivent dans le registre du défi et de la provocation, typiquement recherché chez les garçons pour affirmer une virilité naissante. Ce point est à mettre en relation avec le fait que, dans le questionnaire ECOLE, les garçons se disent plus tolérants aux mauvaises odeurs que les filles (odeur de tabac, item 15). Ces accessoires odorants pourraient “former” les enfants à la fois au rejet des odeurs considérées comme inacceptables en société et à la valorisation des fragrances, de façon différenciée selon le genre : autrement dit, les odeurs seraient un support de socialisation par leur contribution à la construction de l'identité de genre.



Figure 71 Jouets évoqués par les enfants lors des entretiens avec le questionnaire ECOLE (fabricant : Giochi Preziosi, Italie) : (a) les Parfumelles®, figurines féminines parfumées et présentées sous forme de bagues (adressées aux filles), et (b) les Schlingueurs®, figurines masculines dégageant des odeurs nauséabonds (adressées aux garçons).

Enfin, la plus grande promiscuité des filles dans leurs interactions sociales (Haviland & Malatesta, 1981 ; Eagly, 1987 ; Geary, 2003) pourrait en partie expliquer la plus grande réactivité aux odeurs sociales qu'elles rapportent dans notre étude. De même, elle pourrait être impliquée dans l'établissement d'une expertise féminine plus marquée en terme de connaissance des odeurs corporelles, chez l'adulte (Schleidt et al., 1981 ; Platek et al., 2001 ; Herz & Inzlicht, 2002)

comme chez l'enfant dès 4 ans (Verron & Gaultier, 1976 ; Mallet & Schaal, 1998 ; questionnaire ECOLE). Enfin, la plus grande réactivité affective déclarée envers les odeurs quotidiennes chez les filles (questionnaire ECOLE) est cohérente avec la tendance générale des femmes à réagir plus intensément à des stimuli émotionnels (Geary, 2003 ; McManis et al., 2001 ; Sharp et al., 2006), parmi lesquels les odeurs ne sont pas des moindres (Engen, 1982 ; Herz, 2004).

2.3. Rôle d'autres facteurs liés aux différences interindividuelles

Après avoir examiné les effets d'âge et de genre, nous avons souhaité explorer les relations de certains traits de personnalité et facteurs liés à l'environnement avec les variables olfactives. Le modèle d'interaction entre l'individu et son environnement, proposé en introduction, a ainsi pu être étoffé (voir la Figure 72).

Concernant les traits de personnalité, nous avons émis une hypothèse (**Hypothèse 5**) inspirée des études reliant personnalité et olfaction chez l'adulte. Comme chez l'adulte (Herbener et al., 1989), la dimension d'Extraversion (traits de sociabilité et d'activité) est associée, chez l'enfant, à une moindre sensibilité aux odeurs. Par ailleurs, les enfants les plus néophobes envers les aliments évaluent plus négativement les odeurs déplaisantes, un résultat en accord avec la littérature (Frank & van der Klaauw, 1994 ; Raudenbush et al., 1998). Un résultat inattendu par rapport aux conclusions obtenues chez l'adulte (Moncrieff, 1966 ; Larsson et al., 2000) concerne l'évaluation hédonique des odeurs : la dimension d'Extraversion semble associée, chez l'enfant, à une évaluation plus positive des odeurs plaisantes, et celle de Névrotisme à une évaluation plus négative des odeurs déplaisantes. Ces résultats, discutés plus haut, sont toutefois en accord avec le modèle de Gray (1990). Celui-ci caractérise les individus à tendance extravertie par leurs réponses actives à des signaux positifs de l'environnement, et les individus à tendance névrotiques par leur inhibition face à des signaux négatifs. La perception des odeurs pourrait donc s'inscrire dans un mode plus général d'interaction avec l'environnement, propre à l'individu.

Par ailleurs, conformément à l'**Hypothèse 6** énoncée en introduction, plusieurs facteurs de l'environnement sont en lien avec les comportements et compétences olfactives de l'enfant. L'exposition aux odeurs dans l'environnement domestique, en partie due à des pratiques parentales (parfumer/désodoriser), paraît avoir un

impact positif sur la connaissance d'odorants communs et semble moduler l'évaluation hédonique des odeurs. Parmi les résultats marquants, on retiendra l'influence de l'allaitement et de la composition familiale.

Le fait d'avoir été allaité semble favoriser, du moins chez les filles, l'attention et la réactivité olfactive à 6-12 ans (score ECOLE) et l'appréciation de l'odeur de rose. Ce résultat apporte de nouveaux arguments en faveur d'influences *précoces* de l'environnement sensoriel sur les perceptions olfactives (Haller et al., 1999 ; Delaunay, 2007). Quant à la composition familiale, on constate que le degré de "*féminisation*" de la famille est lié à la reconnaissance et à l'évaluation hédonique des odeurs. Il est probable que les individus masculins et féminins créent des univers olfactifs différenciés (liés, par exemple, à la mise en œuvre de pratiques hygiéniques, cosmétiques et culinaires dépendantes du genre), ce qui pourrait avoir un impact sur les perceptions olfactives de l'ensemble de la famille.

Enfin, l'impact des paramètres socioculturels sur la perception des odeurs repose évidemment sur des processus cognitifs (notamment chez les garçons). Le niveau d'éducation et la catégorie socioprofessionnelle des parents sont reliés à plusieurs dimensions de la cognition olfactive (transparaissant dans les épreuves d'identification, de discrimination et dans le questionnaire ECOLE). Cette relation pourrait être due indirectement au fait que ces caractéristiques parentales influencent, dans notre étude, les capacités cognitives des enfants (fluidité verbale et efficacité du traitement de l'information).

Cette partie de l'étude concernant l'influence de l'environnement ouvre des perspectives de recherche encourageantes. Ces résultats exploratoires mériteraient d'être approfondis grâce à des protocoles ad-hoc, consistant, par exemple, à sélectionner les participants sur la base des facteurs environnementaux que l'on souhaite étudier. L'étude de l'environnement sensoriel et social précoce pourrait permettre de mieux comprendre le développement des compétences et préférences olfactives chez l'Homme, à plus ou moins long terme.

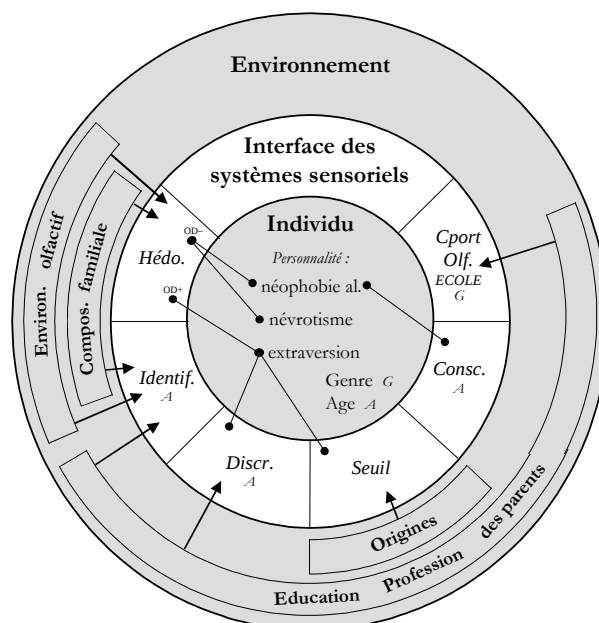


Figure 72 Récapitulatif des liens significatifs entre, d'une part, les facteurs individuels (âge A, genre G, personnalité) et environnementaux (diversité olfactive, composition familiale, origines ethniques, et niveau d'éducation et profession des parents) et, d'autre part, les variables olfactives évaluées dans cette étude (de gauche à droite : évaluation hédonique des odeurs, identification, discrimination, seuil de détection, conscience des odeurs et score ECOLE de comportement olfactif).

Parmi les théories proposées pour expliquer le développement de l'enfant, Vygotsky (1962) a particulièrement insisté sur le rôle du contexte social et culturel dans le développement cognitif de l'enfant. Selon lui, l'acquisition de compétences et de connaissances nouvelles est situationnelle et collaborative : elle dépend du contexte et de la contribution apportée par les personnes plus compétentes. De la même manière, le développement perceptif de l'enfant, indissociable de son développement cognitif, ne peut être entièrement compris sans considérer l'environnement social (personnes, institutions) et physique de l'individu. L'olfaction est souvent considérée comme un sens non partagé (absence de vocabulaire précis et consensuel) et intime (autobiographique). Cependant, cette opinion commune doit être nuancée. D'une part, Wathelet (2006b) met en évidence l'existence d'une transmission des savoirs et des savoir-faire olfactifs au sein de la famille : dans la vie quotidienne, cette transmission ne s'effectue pas forcément par le biais de la verbalisation, mais elle émerge lorsque les personnes sont adéquatement interrogées. D'autre part, l'olfaction est indéniablement un sens social. Les odeurs semblent impliquées dans la régulation des interactions sociales humaines (pour une revue, voir Schaal, 2001). Comme le suggèrent nos

résultats, l'expérience olfactive se forme, pour une grande part, au contact des parents (en particulier de la mère), de la fratrie et des pairs. Dans notre culture, la modalité olfactive ne fait pas l'objet d'un enseignement explicite de la part des adultes. Les connaissances et les préférences olfactives se construisent au contraire de façon implicite, en partie au travers des pratiques familiales. La valorisation ou l'inhibition des comportements olfactifs pourraient également être modelés et régulés par les pairs (rejet des enfants malodorants, par exemple) mais aussi par les adultes, qui imposent des pratiques hygiéniques et cosmétiques et créent ainsi une écologie odorante spécifique.

Les interactions entre l'individu et l'environnement font partie d'un système dynamique. Vygotsky (1962) (tout comme Bronfenbrenner, 1986) insiste sur la structure temporelle du système. Il propose de le considérer selon quatre référentiels temporels, que nous pouvons relier aux données de notre étude. Vygotsky (1962) présente tout d'abord le développement de type *microgénétique*, désignant les modifications des capacités cognitives apparaissant durant un intervalle de temps réduit (minute, semaine). Il est possible, par exemple, que la cognition olfactive se soit améliorée au fil de notre étude, du fait de l'accumulation des expériences olfactives. De ce fait, l'impact de l'expérimentation en elle-même ne doit pas être négligée dans les études du développement perceptif de l'enfant. Le développement peut également être considéré au niveau *ontogénétique*, à l'échelle de la vie : nous avons étudié ici le développement olfactif dans une fraction de ce référentiel (6-12 ans), qui mériterait par la suite d'être élargie. Nos résultats encouragent à chercher l'existence de périodes au cours desquelles les compétences olfactives sont modelées plus efficacement. En particulier, le fait que l'allaitement peut avoir un impact sur les préférences olfactives après plusieurs années met en évidence, comme d'autres travaux (Delaunay, 2007), l'importance des interactions précoces avec la mère pourvoyeuse d'odeurs.

Plus largement, Vygotsky (1962) considère aussi le développement humain dans un référentiel *sociobistorique*. Celui-ci implique une influence de la culture, et des valeurs et des normes qu'elle impose, ainsi que des événements de l'histoire. Les odeurs sont porteuses de valeurs symboliques et de fonctions qui peuvent varier d'une culture à l'autre (Aubaile-Sallenave, 1997), et leurs attributs (qualité, intensité) peuvent être valorisés différemment. La relation que nous avons décrite entre les origines ethniques des enfants et leur sensibilité olfactive s'inscrit dans ce référentiel, de même que les différences de genre. Nous avons émis l'hypothèse,

en effet, que ces dernières étaient en grande partie modelées par les activités sexuées, ancrées depuis des générations. Dans notre culture, certains changements semblent apparaître en matière de répartition des activités domestiques entre les deux sexes, ou d'utilisation de cosmétiques. Bien qu'aujourd'hui les activités typiquement "féminines" et "masculines" soient encore bien délimitées (Fuwa & Cohen, sous presse), ces changements – s'ils se confirmaient – pourraient diminuer le clivage entre les univers olfactifs des filles et des garçons. Enfin, le dernier niveau de développement s'inscrit dans un référentiel *phylogénétique*, fondé, entre autres, sur la sélection naturelle et sexuelle. Plusieurs travaux attribuent, par exemple, un rôle aux indices olfactifs corporels dans les comportements d'approche ou d'évitement sexuels (Wedekind et al., 1995 ; Weisfeld et al., 2003 ; Havlicek et al., 2005). Ces aspects n'ont toutefois pas été abordés dans notre étude.

En conclusion, notre approche a permis de mettre en évidence le rôle de plusieurs facteurs, individuels et environnementaux, dans la variabilité des compétences et comportements olfactifs chez l'enfant. Alors que les réactions affectives aux odeurs semblent relativement stable entre 6 et 12 ans, les connaissances olfactives s'améliorent par l'action conjuguée de l'expérience et de la maturation cognitive. La période de 7-8 ans paraît être particulière, tant pour les variables olfactives que pour les variables cognitives mesurées. Des réorganisations nerveuses et physiologiques spécifiques à cet âge pourraient être à l'origine de ces particularités. Les filles semblent acquérir une certaine expertise olfactive au contact de leur environnement. Celle-ci pourrait être en grande partie modelée par des facteurs socioculturels participant à la construction de l'identité sexuée. Par ailleurs, les perceptions olfactives semblent modulées par le fonctionnement émotionnel des enfants, évalué ici par divers traits de personnalité. Enfin, l'environnement social précoce, par son influence sur les capacités cognitives et sur les odeurs rencontrées, semble jouer un rôle important dans l'expression des compétences olfactives.

3. Perspectives de recherche

L'étude que nous décrivons dans cet ouvrage met en œuvre de nouvelles méthodes, notamment le questionnaire ECOLE de comportement olfactif, et elle apporte des données originales sur l'utilisation des odeurs au quotidien chez l'enfant. Son caractère exploratoire a permis d'aborder plusieurs questions et ouvre de nouvelles perspectives d'étude.

3.1. Approfondir certaines questions soulevées par la démarche exploratoire

Dans un premier temps, nous avons montré que le questionnaire ECOLE était, par sa forme et son contenu, un outil adapté aux enfants de 6 à 10 ans permettant le recueil de données relativement fiables. Toutefois, pour pallier l'absence de lien entre le score ECOLE et certaines autres mesures olfactives que nous pensons liées à des différences de contexte, il serait judicieux d'effectuer une **mesure supplémentaire de validation externe** : l'évaluation hédonique et l'identification de stimuli idiosyncrasiques et familiers, comme l'odeur corporelle des parents et des frères et sœurs, pourraient être recueillis et comparés aux réponses données dans le questionnaire ECOLE.

Dans un second temps, l'impact des odeurs dans notre étude n'est pas uniquement explicite : dans certaines circonstances (forte mobilisation attentionnelle dans le cadre d'un test de barrage), les odeurs ont influencé les performances alors même que les participants rapportaient n'en avoir perçu aucune. Ce mode de **traitement implicite de l'information olfactive**, mis en évidence chez l'adulte dans quelques études (Kirk-Smith et al., 1983 ; Degel & Köster, 1998, 1999) reste encore mal élucidé, et très peu étudié chez l'enfant. L'implication des mécanismes cognitifs (attentionnels, sémantiques), émotionnels et physiologiques dans ce traitement mériteraient une attention particulière. On peut également se demander si le traitement implicite des odeurs est plus souvent à l'œuvre et plus efficace que le traitement explicite dans les conditions de vie quotidienne, comme certains chercheurs en olfaction tendent à le penser (Köster, 2002). L'étude de ces questions permettrait de mieux connaître les conséquences des odeurs sur les comportements des enfants à l'école, dans leurs interactions sociales, ou encore dans des situations de consommation. En particulier, l'impact bénéfique de certaines odeurs – a priori à notre insu – sur l'efficacité au travail ou à l'école (Baron, 1990 ; Rodionova & Minor, 2005) et sur la qualité de vie (Schiffman et al.,

1995b) pourrait donner lieu à des applications concrètes permettant d'aider les enfants en situation de stress ou de mal-être.

Dans un troisième temps, certains résultats obtenus à partir **d'évaluations a posteriori de facteurs psychologiques et environnementaux** mériteraient d'être confirmés à l'aide d'un autre design expérimental. Pour les facteurs ayant donné des résultats particulièrement intéressants comme les dimensions d'Extraversion et de Névrotisme, l'allaitement ou encore le sex-ratio familial, il s'agirait de sélectionner les participants selon ces critères (par exemple : peu extravertis/extravertis, allaité/non allaité ou durée d'allaitement), avant de tester leurs compétences olfactives. Une telle approche permettrait une mise en relation plus facile avec les conclusions disponibles chez l'adulte.

3.2. Elargir le champ d'application du questionnaire ECOLE

L'avantage écologique du questionnaire ECOLE par rapport à d'autres mesures olfactives standardisées devrait être exploité pour l'étude du fonctionnement sensoriel de participants autres que les enfants « tout-venant ». Le questionnaire ECOLE pourrait se révéler particulièrement instructif dans **l'étude des déficiences sensorielles**, par exemple. La question de la (ré)organisation perceptive permettant d'optimiser l'utilisation des autres sens chez les personnes privées d'une entrée sensorielle (par exemple la vue) n'est pas récente (Diderot, 1749 ; Roy, 1877). Toutefois, le sens de l'olfaction n'a été abordé que sporadiquement dans ce contexte (pour une revue, voir Ferdenzi et al., 2004). Les rares résultats montrent que, si les personnes atteintes de déficience visuelle ne sont pas plus sensibles aux odeurs, elles ont en revanche plus de facilité à les nommer dans une tâche d'identification libre (Murphy & Cain, 1986), et ceci dès l'enfance (Rosenbluth et al., 2000 ; Wakefield et al., 2004). Autrement dit, leur acuité olfactive ne serait pas meilleure mais ils utiliseraient de façon plus efficace les informations olfactives disponibles.

La passation du questionnaire ECOLE auprès d'enfants déficients visuels (ou auditifs) pourrait constituer un moyen supplémentaire d'analyser les fonctions quotidiennes de l'olfaction. Une étude a été réalisée avec une version préliminaire du questionnaire (Ferdenzi et al., en préparation, a), auprès de 8 enfants atteints de déficience visuelle (congénitale pour la plupart) et 8 enfants de même âge et sexe. Le groupe des enfants déficients a affiché un score moyen de comportement olfactif supérieur à celui du groupe non déficient (score total ECOLE : 11.1 ± 2.6

vs. 8.9 ± 1.6 , $t_{14} = 2.06$, $p = .058$). En particulier, 70% des items ont des scores plus élevés dans le groupe des enfants déficients, bien que la significativité statistique soit moins souvent atteinte (item 14-*Objets odorants conservés précieusement* : $U = 16.0$, $p < .05$; item 26-*Odeur naturelle des personnes* : $U = 17.0$, $p = .084$, et item 30-*Personne malodorante* : $U = 18.0$, $p = .085$, cf. Annexe A). Ces premiers résultats sur un nombre réduit de sujets vont dans le sens de l'hypothèse d'une mobilisation supérieure de l'olfaction en l'absence de vision. Ils suggèrent une saillance particulière des odeurs des personnes et de la sphère intime des individus. La passation de la version finale du questionnaire est envisagée auprès d'un plus grand nombre de sujets. La confirmation de ces résultats préliminaires pourrait encourager la valorisation de l'odorat dans les programmes éducatifs, qui sont à l'heure actuelle très largement focalisés sur le toucher et l'audition.

Le questionnaire ECOLE peut aussi promouvoir une nouvelle façon d'aborder **l'étude interculturelle de l'olfaction**, à l'interface entre les approches qualitatives de l'anthropologie et les approches standardisées de la psychométrie. Certains travaux (Schleidt et al., 1981 ; Wysocki et al., 1991) ont tenté de comparer les compétences olfactives dans des cultures dites de "contact" (Europe du Sud, Amérique Latine et Monde Arabe) et de "non contact" (Europe du Nord, Amérique du Nord et Asie), en fonction des règles culturelles de "proxémie" (Hall, 1971). Les premières utiliseraient davantage (ou différemment) les odeurs dans les interactions entre personnes. En accord avec cette proposition, Schleidt et al. (1981) montrent que les japonais (non-contact) évaluent les odeurs corporelles plus négativement que les allemands et les italiens (contact). En utilisant des stimuli artificiels, Wysocki et al. (1991) relèvent des évaluations hédoniques plus négatives d'odeurs déplaisantes et des évaluations d'intensité plus élevées en Europe du Nord (non-contact) qu'en Europe du Sud (contact). Toutefois, leur comparaison de l'Extrême Orient (non-contact) et du Moyen-Orient (contact) ne corrobore pas ces conclusions, puisque les cultures de non-contact donnent des évaluations hédoniques moins contrastées que les cultures de contact et perçoivent les odeurs comme moins intenses. Face à ces résultats contradictoires, d'autres études semblent nécessaires. Pour commencer à poursuivre ces réflexions, la version finale du questionnaire ECOLE a été traduite en Finlandais puis utilisée pour comparer une soixantaine d'enfants d'Helsinki et un nombre équivalent d'enfants dijonnais de même âge et sexe (Ferdenzi et al., en préparation, b). Les scores d'attention et de réactivité aux odeurs des enfants finlandais tendent à être plus élevés que ceux des enfants français (score ECOLE : 8.0 ± 2.5 vs. 7.1 ± 2.5 , $F_{1,118} = 3.48$, $p = .064$). Ces résultats sont en accord avec les

conclusions de Wysocki et al. (1991), qui plaçaient la Finlande dans les cultures de non-contact (Europe du Nord) et la France parmi les cultures de contact (Europe du Sud). Ces différences appellent une comparaison avec d'autres cultures plus contrastées, comme celles d'Afrique du Nord, par exemple, où les odeurs tiennent une place importante dans les croyances et les pratiques quotidiennes (cf. Aubaile-Sallenave, 1997).

Enfin, nous envisageons la création d'un questionnaire similaire dont les questions seraient adaptées à d'autres tranches d'âge. Ceci permettrait, par exemple, d'étudier **l'écologie olfactive des adolescents**, notamment sur le plan social. La puberté est marquée par des changements dans la perception et l'émission des odeurs corporelles, du fait de la maturation physiologique et de la dynamique nouvelle des interactions sociales. L'attachement à l'égard de l'odeur des parents et de l'odeur de soi (mis en évidence dans notre étude) pourraient s'atténuer ou même se transformer en aversion (cf. Weisfeld et al., 2003) au profit d'une réorientation vers celle des pairs de sexe opposé. La poursuite de l'approche par questionnaire ECOLE pourrait ainsi permettre de débusquer des informations autrement inaccessibles sur l'utilisation effective des odeurs dans la vie quotidienne des humains de tous âges.

Conclusions

Dans un contexte où l'olfaction est un sens encore trop souvent déconsidéré chez l'Homme, aussi bien dans l'opinion commune que chez de nombreux scientifiques, l'étude décrite ici contribue à situer l'importance de ce sens dans les activités humaines quotidiennes. Elle a permis d'apporter des données nouvelles illustrant le fonctionnement du sens de l'odorat dans un échantillon d'enfants français âgés de 6 à 10 ans.

Ce travail s'est appuyé sur une approche peu utilisée en olfaction. Une grille de questions adaptée aux exigences cognitives et motivationnelles de la population enfantine a été mise au point. Ce questionnaire d'Evaluation des Comportements Olfactifs de l'Enfant (ECOLE) s'est montré d'une qualité satisfaisante et a fourni de nombreuses informations sur les comportements olfactifs quotidiens des enfants. L'intérêt de développer un tel outil était d'aborder l'olfaction enfantine dans des contextes où les sujets déclarent qu'elle est véritablement mise en œuvre. Cette approche est résolument différente des évaluations olfactives de laboratoire, souvent réalisées dans un contexte dénué de signification affective. Mais elle est complémentaire de celles-ci. En effet, les compétences ne se traduisent pas toujours en performances effectives dans les conditions de vie quotidienne, et nous avons pu constater ce décalage entre le "terrain" et le laboratoire lorsque les données déclaratives et les mesures olfactives décontextualisées ont été confrontées.

Notre approche de la perception olfactive s'est voulue multidisciplinaire, situant l'individu "perceveur" dans son environnement physique et social. Son intérêt était de révéler la variété des paramètres susceptibles d'influencer le fonctionnement olfactif et sa variabilité interindividuelle. Il apparaît notamment que la perception, la connaissance et l'utilisation des odeurs sont fortement dépendantes du genre (de l'individu et de l'entourage proche), suggérant que l'environnement et les pratiques des individus féminins et masculins diffèrent dès l'enfance en terme d'investissement olfactif. Les fonctions cognitives générales jouent évidemment un rôle primordial dans la formation des connaissances

olfactives. Leur maturation, ainsi que l'expérience, déterminent le développement des capacités d'extraction, de mémorisation et d'incorporation des informations olfactives aux connaissances générales. Enfin, le fonctionnement émotionnel des individus, pour partie traduit dans leurs traits de personnalité, paraît moduler le traitement des données olfactives de l'environnement.

Dans l'ensemble, cette approche met en évidence que les odeurs impriment la vie émotionnelle et l'expérience cognitive des individus, et que cette impression olfactive se construit précocement, guidée par la constitution individuelle et le cadre social. Cette étude a permis de répondre à certaines interrogations, de mettre en évidence des éléments inattendus, de confirmer ou infirmer chez l'enfant des conclusions issues de recherches chez l'adulte. Elle ouvre une multitude de questions nouvelles, qui devraient permettre d'améliorer encore notre compréhension de l'univers olfactif des enfants et, de façon plus générale, de décrire des êtres humains moins microsmates qu'il n'y paraît.

Références bibliographiques

- Achenbach, T. M. (1978). The Child Behavior Profile: I. Boys aged 6-11. *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, **46**, 478-488.
- Aggleton, J. P. & Waskett, L. (1999). The ability of odours to serve as state-dependent cues for real-world memories: Can Viking smells aid the recall of Viking experiences? *British Journal of Psychology*, **90**, 1-7.
- Alaoui-Ismaili, O., Vernet-Maury, E., Dittmar, A., Delhomme, G. & Chanel, J. (1997). Odor hedonics: connection with emotional response estimated by autonomic parameters. *Chemical Senses*, **22**, 237-248.
- Amoore, J. E. (1991). Specific anosmias. In Getchell, T. V., Doty, R. L., Bartoshuk, L. M. & Snow, J. B. J. (Eds.), *Smell and taste in health and disease* (pp. 655-664). Raven Press, New York.
- Amoore, J. E. & Ollman, B. G. (1983). Practical test kits for quantitatively evaluating the sense of smell. *Rhinology*, **21**, 49-54.
- Anderson, J., Johnstone, B. & Remley, D. (1999). Breast-feeding and cognitive development: a meta-analysis. *American Journal of Clinical Nutrition*, **70**, 525-535.
- Andersson, H. W., Sommerfelt, K., Sonnander, K. & Ahlsten, G. (1996). Maternal child-rearing attitudes, IQ, and socioeconomic status as related to cognitive abilities of five-year-old children. *Psychological Reports*, **79**, 3-14.
- Appleton, K. M., Gentry, R. C. & Shepherd, R. (2006). Evidence of a role for conditioning in the development of liking for flavours in humans in everyday life. *Physiology and Behavior*, **87**, 478-486.
- Ardila, A., Rosselli, M., Matute, E. & Guajardo, S. (2005). The influence of the parents' educational level on the development of executive functions. *Developmental Neuropsychology*, **28**, 539-560.
- Aubaile-Sallenave, F. (1997). Le monde traditionnel des odeurs et des saveurs chez le petit enfant maghrébin. *Enfance*, **1**, 186-208.
- Ayabe-Kanamura, S., Saito, S., Distel, H., Martinez-Gomez, M. & Hudson, R. (1998a). Differences and similarities in the perception of everyday odors. *Annals of the New York Academy of Sciences*, **855**, 694-700.
- Ayabe-Kanamura, S., Schicker, I., Laska, M., Hudson, R., Distel, H., Kobayakawa, T. & Saito, S. (1998b). Differences in the perception of everyday odors: a Japanese-German cross-cultural study. *Chemical Senses*, **23**, 31-38.
- Azurmendi, A., Braza, F., Sorozabal, A., Garcia, A., Braza, P., Carreras, M. R., Munoz, J. M., Cardas, J. & Sanchez-Martin, J. R. (2005). Cognitive abilities, androgen levels, and body mass index in 5-year-old children. *Hormones and Behavior*, **48**, 187-195.
- Baerlocher, E. (2006). Barbie® contre Action Man® ! Le jouet comme objet de socialisation dans la transmission des rôles stéréotypiques de genre. In Dafflon Novelle, A. (Ed.), *Filles-Garçons. Socialisation différenciée ?* (pp. 267-286). Presses Universitaires de Grenoble.
- Baeyens, F., Wrzesniewski, A., De Houwer, J. & Eelen, P. (1996). Toilet rooms, body massages, and smells: two field studies on human evaluative odor conditioning. *Current Psychology*, **15**, 77-96.
- Baharloo, S., Johnston, P. A., Service, S. K., Gitschier, J. & Freimer, N. B. (1998). Absolute pitch: an approach for identification of genetic and nongenetic components. *American Journal of Human Genetics*, **62**, 224-231.
- Balogh, R. D. & Porter, R. H. (1986). Olfactory preferences resulting from mere exposure in human neonates. *Infant Behavior and Development*, **9**, 395-401.
- Barbaranelli, C., Caprara, G. V., Rabasca, A. & Pastorelli, C. (2003). A questionnaire for measuring the Big Five in late childhood. *Personality and Individual Differences*, **34**, 645-664.
- Barnham, A. L. & Broughan, C. (2002). Sugar and spice and all things nice: the effects of odours on task performance and emotions in children. *International Journal of Aromatherapy*, **12**, 127-130.
- Baron, R. A. (1990). Environmentally-induced positive affect: its impact on self-efficacy, task performance, negotiation, and conflict. *Journal of Applied Social Psychology*, **20**, 368-384.
- Barrett, M. L., Berney, T. P., Bhate, S., Famuyiwa, O. O., Fundudis, T., Kolvin, I. & Tyrer, S. (1991). Diagnosing childhood depression: Who should be interviewed - parent or child? The Newcastle Child Depression Project. *British Journal of Psychiatry (Supplement)*, **159**, 22-27.
- Baudelot, C. & Estabiet, R. (2006). *Allez les filles ! Une révolution silencieuse*. Seuil, Paris. (Edition originale : 1992).
- Bell, I. R., Schwartz, G. E., Peterson, J. M. & Amend, D. (1993). Self-reported illness from chemical odors in young adults without clinical syndromes or occupational exposures. *Archives of Environmental Health*, **48**, 6-13.

- Bellù, R., Ortisi, M. T., Riva, E., Banderali, G., Cucco, I., Giovannini, M. & the School Health Authority Working Group (1995). Validity assessment of a food frequency questionnaire for school-age children in Northern Italy. *Nutrition Research*, **15**, 1121-1128.
- Bensafi, M., Rouby, C., Farget, V., Bertrand, B., Vigouroux, M. & Holley, A. (2002). Psychophysiological correlates of affects in human olfaction. *Neurophysiologie Clinique*, **32**, 326-332.
- Benton, A. L. & Hamsher, K. (1976). *Multilingual aphasia examination*. University of Iowa Press, Iowa City.
- Berglund, B. & Nordin, S. (1992). Detectability and perceived intensity for formaldehyde in smokers and non-smokers. *Chemical Senses*, **17**, 291-306.
- Beuhring, T. & Kee, D. W. (1987). The relationships between memory knowledge, elaborative strategy use and associative memory performance. *Journal of Experimental Child Psychology*, **44**, 377-400.
- Birch, L. L. (1980). Effects of peer model's food choices and eating behaviors on preschoolers' food preferences. *Child Development*, **51**, 489-496.
- Birch, L. L. & Deysher, M. (1986). Caloric compensation and sensory specific satiety: evidence for self regulation of food intake by young children. *Appetite*, **7**, 323-331.
- Birch, L. L. & Marlin, D. W. (1982). I don't like it; I never tried it: effects of exposure on two-year-old children's food preferences. *Appetite*, **3**, 353-360.
- Bjorklund, D. F. (2000). *Children's thinking. Developmental function and individual differences*. Wadsworth, Belmont.
- Boisacq-Schepens, N. & Crommelinck, M. (2000). *Neurosciences*. Dunod, Paris.
- Bonfils, P., Faulcon, P. & Avan, P. (2004). Screening of olfactory function using the Biolfa olfactory test: investigations in patients with dysosmia. *Acta Otolaryngologica*, **124**, 1063-1071.
- Brauchli, P., Ruegg, P. B., Etzweiler, F. & Zeier, H. (1995). Electrocutaneous and autonomic alteration by administration of a pleasant and an unpleasant odor. *Chemical Senses*, **20**, 505-515.
- Broca, P. (1888). *Mémoires d'anthropologie*. Reinwald, Paris.
- Broman, D. A. & Nordin, S. (2000). Olfactory gender differences in sensation and perception. *International Journal of Psychology*, **35**, 329.
- Bronfenbrenner, U. (1977). Toward an experimental ecology of human development. *American Psychologist*, **32**, 513-531.
- Bronfenbrenner, U. (1986). Ecology of the family as a context for human development: research perspectives. *Developmental Psychology*, **22**, 723-742.
- Burgess, P. W., Alderman, N., Forbes, C., Costello, A., Coates, L. M., Dawson, D. R., Anderson, N. D., Gilbert, S. J., Dumontheil, I. & Channon, S. (2006). The case for the development and use of "ecologically valid" measures of executive function in experimental and clinical neuropsychology. *Journal of the International Neuropsychological Society*, **12**, 194-209.
- Burton, L. A., Henninger, D. & Hafetz, J. (2005). Gender differences in relations of mental rotation, verbal fluency, and SAT scores to finger length ratios as hormonal indexes. *Developmental Neuropsychology*, **28**, 493-505.
- Buss, A. H. & Plomin, R. (1984). *Temperament: early developing temperament traits*. Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, NJ.

- Caccappolo-van Vliet, E., Kelly-McNeil, K., Natelson, B., Kipen, H. & Fiedler, N. (2002). Anxiety sensitivity and depression in multiple chemical sensitivities and asthma. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, **44**, 890-901.
- Cadman, D., Boyle, M. H., Offord, D. R., Szatmari, P., Rae-Grant, N. I., Crawford, J. & Byles, J. (1986). Chronic illness and functional limitation in Ontario children: findings of the Ontario Child Health Study. *Journal de l'Association Médicale Canadienne*, **135**, 761-767.
- Cain, W. S. (1977). Physical and cognitive limitations on olfactory processing in human beings. In Müller-Schwarze, D. & Mozell, M. M. (Eds.), *Chemical signals in vertebrates* (pp. 287-302). Plenum, New York.
- Cain, W. S. (1979). To know with the nose: keys to odor identification. *Science*, **203**, 467-470.
- Cain, W. S. (1982). Odor identification by males and females: predictions vs. performance. *Chemical Senses*, **7**, 129-142.
- Cain, W. S. & Johnson, F., Jr. (1978). Lability of odor pleasantness: influence of mere exposure. *Perception*, **7**, 459-465.
- Cain, W. S., Stevens, J. C., Nickou, C. M., Giles, A., Johnston, I. & Garcia-Medina, M. R. (1995). Life-span development of odor identification, learning, and olfactory sensitivity. *Perception*, **24**, 1457-1472.
- Cameron, E. L. (2006). Does pregnancy affect olfaction? *Chemical Senses*, **31**, E28.
- Campenni, C. E., Crawley, E. J. & Meier, M. E. (2004). Role of suggestion in odor-induced mood change. *Psychological Reports*, **94**, 1127-1136.
- Candau, J. (2004). Quel partage des savoirs et savoir-faire olfactifs ? In Cobbi, J. & Dulau, R. (Eds.), *Sentir. Pour une anthropologie des odeurs* (pp. 59-76). L'Harmattan, Paris.
- Canli, T., Sivers, H., Whitfield, S. L., Gotlib, I. H. & Gabrieli, J. D. E. (2002). Amygdala response to happy faces as a function of Extraversion. *Science*, **296**, 2191.

- Cardesin, A., Alobid, I., Benitez, P., Sierra, E., de Haro, J., Bernal-Sprekelsen, M., Picado, C. & Mullol, J. (2006). Barcelona Smell Test - 24 (BAST-24): validation and smell characteristics in the healthy Spanish population. *Rhinology*, **44**, 83-89.
- Caress, S. M. & Steinemann, A. C. (2004). A national population study of the prevalence of multiple chemical sensitivity. *Archives of Environmental Health*, **59**, 300-305.
- Case, R. (1985). *Intellectual development: birth to adulthood*. Academic Press, New York.
- Caspi, A. & Shiner, R. L. (2006). Personality development. In Eisenberg, N., Damon, W. & Lerner, R. M. (Eds.), *Handbook of child psychology, Vol. 3 : Social, emotional, and personality development* (6^{ème} edition, pp. 300-365). Wiley & Sons, Hoboken, NJ.
- Cattell, R. B. (1966). The Scree Test for the number of factors. *Multivariate Behavioral Research*, **1**, 141-161.
- Ceci, S. J. & Bruck, M. (1993). Suggestibility of the child witness: a historical review and synthesis. *Psychological Bulletin*, **113**, 403-439.
- Cernoch, J. M. & Porter, R. H. (1985). Recognition of maternal axillary odors by infants. *Child Development*, **56**, 1593-1598.
- Chalouhi, C., Faulcon, P., Le Bihan, C., Hertz-Pannier, L., Bonfils, P. & Abadie, V. (2005). Olfactory evaluation in children: application to the CHARGE syndrome. *Pediatrics*, **116**, E81-E88.
- Chambers, C. T., Giesbrecht, K., Craig, K. D., Bennett, S. M. & Huntsman, E. (1999). A comparison of faces scales for the measurement of pediatric pain: children's and parents' ratings. *Pain*, **83**, 25-35.
- Chaumier, S. (2003). L'odeur du baiser. In Lardellier, P. (Ed.), *A fleur de peau. Corps, odeurs et parfums* (pp. 77-95). Belin, Paris.
- Chen, D. & Dalton, P. (2005). The effect of emotion and personality on olfactory perception. *Chemical Senses*, **30**, 345-351.
- Chen, D. & Haviland-Jones, J. (1999). Rapid mood change and human odors. *Physiology and Behavior*, **68**, 241-250.
- Choudhury, E. S., Moberg, P. & Doty, R. L. (2003). Influences of age and sex on a microencapsulated odor memory test. *Chemical Senses*, **28**, 799-805.
- Chr  a, C., Valentin, D., Sulmont-Ross  , C., Hoang Nguyen, D. & Abdi, H. (2005). Semantic, typicality and odor representation: a cross-cultural study. *Chemical Senses*, **30**, 37-49.
- Chu, S. & Downes, J. J. (2000). Long live Proust: the odour-cued autobiographical memory bump. *Cognition*, **15**, B41-50.
- Chu, S. & Downes, J. J. (2002). Proust nose best: odors are better cues of autobiographical memory. *Memory and Cognition*, **30**, 511-518.
- Classen, C. & Howes, D. (1994). L'ar  me de la marchandise. La commercialisation de l'olfactif. *Anthropologie et Sociétés*, **18**, 57-74.
- Cloninger, C. R. (1994). Temperament and personality. *Current Opinion in Neurobiology*, **4**, 266-273.
- Coiffier, C. (2004). Odeurs de vie et odeurs de mort dans la vallée du S  pik (Papouasie Nouvelle-Guinée). In Cobbi, J. & Dulau, R. (Eds.), *Sentir. Pour une anthropologie des odeurs* (pp. 151-170). L'Harmattan, Paris.
- Corbin, A. (1982). *Le miasme et la jonquille. L'odorat et l'imaginaire social. XVIIIème-XIXème siècles*. Flammarion, Paris.
- Costa, P. T. & McCrae, R. R. (1990). *The NEO Personality Inventory Manual Revised*. Psychological Assessment Resources, Odessa.
- Courbet, D. & Fourquet, M.-P. (2003). Les stratégies subliminales du marketing olfactif. Au corps défendant du consommateur... In Lardellier, P. (Ed.), *A fleur de peau. Corps, odeurs et parfums* (pp. 157-165). Belin, Paris.
- Coureaud, G., Schaal, B., Hudson, R., Orgeur, P. & Coudert, P. (2002). Transnatal olfactory continuity in the rabbit: behavioral evidence and short-term consequence of its disruption. *Developmental Psychobiology*, **40**, 372-390.
- Cox, D. & Waters, H. S. (1986). Sex differences in the use of organization strategies: a developmental analysis. *Journal of Experimental Child Psychology*, **41**, 18-37.
- Cullen, M. (1987). The worker with multiple chemical sensitivities: an overview. *Occupational Medicine*, **2**, 655-661.
- Cupchik, G. C., Phillips, K. & Truong, H. (2005). Sensitivity to the cognitive and affective qualities of odors. *Cognition and Emotion*, **19**, 121-131.

- Dacremont, C. & Valentin, D. (2004). Mobilization of short-term memory capacity for odors in discriminative tests: implication for assessors' selection. *Food Quality and Preference*, **15**, 735-742.
- Dalton, P. (1996). Odor perception and beliefs about risk. *Chemical Senses*, **21**, 447-458.
- Dalton, P. (1999). Cognitive influences on health symptoms from acute chemical exposure. *Health Psychology*, **18**, 579-590.
- Dalton, P., Doolittle, N. & Breslin, P. A. (2002). Gender-specific induction of enhanced sensitivity to odors. *Nature Neuroscience*, **5**, 199-200.
- Davidson, T. M., Freed, C., Healy, M. P. & Murphy, C. (1998). Rapid clinical evaluation of anosmia in children: the Alcohol Sniff Test. *Annals of the New York Academy of Sciences*, **855**, 787-792.

- De Peretti, E. & Forest, M. G. (1976). Unconjugated dehydroepiandrosterone plasma levels in normal subjects from birth to adolescence in humans: the use of a sensitive radioimmunoassay. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, **43**, 982-999.
- De Wijk, R. A. & Cain, W. S. (1994). Odor identification by name and by edibility: life-span development and safety. *Human Factors*, **36**, 182-187.
- Deems, D. A., Doty, R. L., Settle, R. G., Moore-Gillon, V., Shaman, P., Mester, A. F., Kimmelman, C. P., Brightman, V. J. & Snow, J. B., Jr. (1991). Smell and taste disorders, a study of 750 patients from the University of Pennsylvania Smell and Taste Center. *Archives of Otolaryngology, Head and Neck Surgery*, **117**, 519-528.
- Degel, J. & Köster, E. P. (1999). Odors: implicit memory and performance effects. *Chemical Senses*, **24**, 317-325.
- Delaunay, M. (2007). *L'expérience sensorielle du nouveau-né et sa rétention à long terme : une analyse expérimentale de l'apprentissage des odeurs chez l'enfant humain*. Thèse de l'Université de Bourgogne, Dijon.
- Dempster, F. N. (1981). Memory span: sources of individual and developmental differences. *Psychological Bulletin*, **89**, 63-100.
- Diderot, D. (1749). *Lettre sur les aveugles à l'usage de ceux qui voient*.
- Diekmann, H., Walger, M. & von Wedel, H. (1994). Olfaction in visually-impaired or hearing-impaired subjects examined by a psychological sniffing test. *HNO*, **42**, 264-269.
- Dijksterhuis, G. B., Moller, P., Bredie, W. L., Rasmussen, G. & Martens, M. (2002). Gender and handedness effects on hedonicity of laterally presented odours. *Brain and Cognition*, **50**, 272-281.
- Distel, H., Ayabe-Kanamura, S., Martinez-Gomez, M., Schicker, I., Kobayakawa, T., Saito, S. & Hudson, R. (1999). Perception of everyday odors – correlation between intensity, familiarity and strength of hedonic judgement. *Chemical Senses*, **24**, 191-199.
- Dorries, K. M., Schmidt, H. J., Beauchamp, G. K. & Wysocki, C. J. (1989). Changes in sensitivity to the odor of androstenone during adolescence. *Developmental Psychobiology*, **22**, 423-435.
- Doty, R. L. (1986). Reproductive endocrine influences upon olfactory perception: a current perspective. *Journal of Chemical Ecology*, **12**, 497-511.
- Doty, R. L. (1995). Intranasal trigeminal chemoreception. Anatomy, physiology and psychophysics. In Doty, R. L. (Ed.), *Handbook of olfaction and gustation* (pp. 821-833). Marcel Dekker, New York.
- Doty, R. L., Applebaum, S., Zusho, H. & Settle, R. G. (1985). Sex differences in odor identification ability: a cross-cultural analysis. *Neuropsychologia*, **23**, 667-672.
- Doty, R. L., Brugger, W. E., Jurs, P. C., Orndorff, M. A., Snyder, P. J. & Lowry, L. D. (1978). Intranasal trigeminal stimulation from odorous volatiles: psychometric responses from anosmic and normal humans. *Physiology and Behavior*, **20**, 175-185.
- Doty, R. L., Deems, D. A., Frye, R. E., Pelberg, R. & Shapiro, A. (1988). Olfactory sensitivity, nasal resistance, and autonomic function in patients with multiple chemical sensitivities. *Archives of Otolaryngology, Head and Neck Surgery*, **114**, 1422-1427.
- Doty, R. L., Shaman, P., Applebaum, S. L., Giberson, R., Siksorski, L. & Rosenberg, L. (1984). Smell identification ability: changes with age. *Science*, **226**, 1441-1443.
- Doving, K. B. & Pinching, A. J. (1973). Selective degeneration of neurons in the olfactory bulb following prolonged odour exposure. *Brain Research*, **52**, 115-129.
- Dubois, D. (2006). Dessine-moi une odeur. *Pour la Science*, **349**, 54-58.
- Dudai, Y. (2002). *Memory from A to Z. Keywords, concepts, and beyond*. Oxford University Press, Oxford.

- Eagly, A. H. (1987). *Sex differences in social behavior: a social-role interpretation*. Earlbaum, Hillsdale.
- Ehrlichman, H. & Bastone, L. (1992). Olfaction and emotion. In Serby, M. J. & Chobor, K. L. (Eds.), *Science of olfaction* (pp. 410-438). Springer-Verlag, New York.
- Endicott, J., Nee, J., Yang, R. & Wohlberg, C. (2006). Pediatric Quality of Life Enjoyment and Satisfaction Questionnaire (PQ-LES-Q): reliability and validity. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, **45**, 401-407.
- Engen, T. (1974). Method and theory in the study of odor preferences. In Turk, A., Johnston, J. W., Jr. & Moulton, D. G. (Eds.), *Human responses to environmental odors* (pp. 121-141). Academic Press, New York.
- Engen, T. (1982). *The perception of odors*. Academic Press, New York.
- Engen, T. (1986). Children's sense of smell. In Meiselman, R. S. & Rivlin, R. S. (Eds.), *Clinical measurement of taste and smell* (pp. 316-325). Macmillan, New York.
- Engen, T. (1987). Remembering odors and their names. *American Scientist*, **75**, 497-503.
- Engen, T. & Engen, E. A. (1997). Relationship between development of odor perception and language. *Enfance*, **1**, 125-140.
- Engen, T., Lipsitt, L. P. & Kaie, H. (1963). Olfactory response and adaptation in the human neonate. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, **56**, 73-77.

- Engen, T. & Ross, B. M. (1973). Long-term memory of odors with and without verbal descriptions. *Journal of Experimental Psychology*, **100**, 221-227.
- Epplé, G. & Herz, R. S. (1999). Ambient odors associated to failure influence cognitive performance in children. *Developmental Psychobiology*, **35**, 103-107.
- Eurostat (2004). *How Europeans spend their time. Everyday life of women and men*. Pocketbooks, Bruxelles.
- Evans, W. J., Cui, L. & Starr, A. (1995). Olfactory event-related potentials in normal human subjects: effects of age and gender. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, **95**, 293-301.
- Eysenck, H. J. (1990). Biological dimensions of personality. In Pervin, L. A. (Ed.), *Handbook of Personality* (pp. 244-276). Guilford Press, New York.
- Eysenck, H. J. & Eysenck, M. W. (1985). *Personality and individual differences*. Plenum Press, New York.
- Fabricsius, W. V. & Wellman, H. M. (1983). Children's understanding of retrieval cue utilization. *Developmental Psychology*, **19**, 15-21.
- Ferdenzi, C., Coureaud, G., Camos, V. & Schaal, B. Human awareness and uses of odor cues in everyday life: results from a questionnaire study in children. *International Journal of Behavioral Development*. (accepté, en révision).
- Ferdenzi, C., Coureaud, G., Camos, V. & Schaal, B. The sense of smell in visually impaired and sighted children: comparison of self-reported attitudes towards everyday odors. (en préparation, a).
- Ferdenzi, C., Holley, A. & Schaal, B. (2004). Impacts de la déficience visuelle sur le traitement des odeurs. *Voir, Journal de la Ligue Braille*, **28-29**, 126-143.
- Ferdenzi, C., Mustonen, S., Tuorila, H. & Schaal, B. Children's awareness and uses of odor cues in everyday life: a Finland-France cross-cultural study. (en préparation, b).
- Ferdenzi, C., Wathélet, O. & Schaal, B. (2007). *Les cultures olfactives enfantines : expériences individuelles, pratiques partagées, clivage des genres*. Colloque Cultures Enfantines : Universalité et Diversité, Nantes.
- Fergusson, D. M. & Woodward, L. J. (1999). Breast feeding and later psychosocial adjustment. *Paediatric and Perinatal Epidemiology*, **13**, 144-157.
- Ferris, A. M. & Duffy, V. B. (1989). Effect of olfactory deficits on nutritional status. *Annals of the New York Academy of Sciences*, **561**, 113-123.
- Filsinger, E. E., Fabes, R. A. & Hughston, G. (1987). Introversion-extraversion and dimensions of olfactory perception. *Perceptual and Motor Skills*, **64**, 695-699.
- Fischer, K. W. (2006). Dynamic cycles of cognitive and brain development: measuring growth in mind, brain, and education. In Battro, A. M. & Fischer, K. W. (Eds.), *The educated brain* (sous presse). Cambridge University Press, Cambridge.
- Fischer, R., Marks, P. A., Hill, R. M., Rockey, M. A. (1968). Personality structure as the main determinant of drug induced (model) psychoses. *Nature*, **218**, 296-298.
- Flavell, J. H., Beach, D. R. & Chinsky, J. H. (1966). Spontaneous verbal rehearsal in a memory task as a function of age. *Child Development*, **37**, 283-299.
- Florack, E., Obermann-de Boer, G., van Kampen-Donker, M., van Wingen, J. & Kromhout, D. (1984). Breast-feeding, bottle-feeding and related factors. The Leiden Pre-School Children Study. *Acta Paediatrica Scandinavica*, **73**, 789-795.
- Foley, M. A. & Johnson, M. K. (1985). Confusions between memories for performed and imagined actions: a developmental comparison. *Child Development*, **56**, 1145-1155.
- Font i Furnols, M., Gispert, M., Diestre, A. & Oliver, M. A. (2003). Acceptability of boar meat by consumers depending on their age, gender, culinary habits, and sensitivity and appreciation of androstenone odour. *Meat Science*, **64**, 433-440.
- Forest, M. G. (1997). La puberté surrénalienne. *Andrologie*, **7**, 165-186.
- Forestell, C. A. & Mennella, J. A. (2005). Children's hedonic judgments of cigarette smoke odor: effects of parental smoking and maternal mood. *Psychology of Addictive Behaviors*, **19**, 423-432.
- Frank, R. A. & van der Klaauw, N. J. (1994). The contribution of chemosensory factors to individual differences in reported food preferences. *Appetite*, **22**, 101-123.
- Frasnelli, J. & Hummel, T. (2005). Olfactory dysfunction and daily life. *European Archives of Otorhinolaryngology*, **262**, 231-235.
- Frye, R. E., Schwartz, B. S. & Doty, R. L. (1990). Dose-related effects of cigarette smoking on olfactory function. *Journal of the American Medical Association*, **263**, 1233-1236.
- Fuwa, M. & Cohen, P. N. Housework and social policy. *Social Science Research*. (sous presse).

- Ganchrow, J. R. & Mennella, J. A. (2003). The ontogeny of human flavor perception. In Doty, R. L. (Ed.), *Handbook of olfaction and gustation* (pp. 823-846). Marcel Dekker, New York.
- Gange, J. J., Geen, R. G. & Harkins, S. G. (1979). Autonomic differences between extraverts and introverts during vigilance. *Psychophysiology*, **16**, 392-397.
- Garner, P. W., Robertson, S. & Smith, G. (1997). Preschool children's emotional expressions with peers: the roles of gender and emotion socialization. *Sex roles*, **36**, 675-691.
- Gasman, L., Purper-Ouakil, D., Michel, G., Mouren-Simeoni, M. C., Bouvard, M., Perez-Diaz, F. & Jouvent, R. (2002). Cross-cultural assessment of childhood temperament. A confirmatory factor analysis of the French Emotionality Activity and Sociability (EAS) questionnaire. *European Child and Adolescent Psychiatry*, **11**, 101-107.
- Geary, D. C. (2003). *Hommes, femmes. L'évolution des différences sexuelles humaines*. De Boeck Université, Paris.
- Geen, R. G. (1986). Physiological, affective, and behavioral implications of extraversion - introversion. In Jones, W. H., Cheek, J. M. & Briggs, S. R. (Eds.), *Shyness: perspectives on research and treatment* (pp. 265-278). Plenum Press, New York.
- Ghiglione, R. (2000). Questionner. In Blanchet, A., Ghiglione, R., Massonnat, J. & Trognon, A. (Eds.), *Les techniques d'enquête en sciences sociales* (pp. 127-182). Dunod, Paris.
- Gilad, Y., Wiebe, V., Przeworski, M., Lancet, D. & Paabo, S. (2004). Loss of olfactory receptor genes coincides with the acquisition of full trichromatic vision in primates. *PLoS Biology*, **2**, 120-125.
- Gilbert, A. N. & Wysocki, C. J. (1991). Quantitative assessment of olfactory experience during pregnancy. *Psychosomatic Medicine*, **53**, 693-700.
- Gilles, P.-Y. (1999). *Psychologie différentielle*. Bréal Editions, Rosny, France.
- Goel, N., Kim, H. & Lao, R. P. (2005). An olfactory stimulus modifies nighttime sleep in young men and women. *Chronobiology International*, **22**, 889-904.
- Golding, J., Rogers, I. S. & Emmett, P. M. (1997). Association between breast feeding, child development and behaviour. *Early Human Development (Supplement)*, **49**, S175-S184.
- Goodman, L. A. & Kruskal, W. H. (1954). Measures of association for cross classifications. *Journal of the American Statistical Association*, **49**, 732-764.
- Goodyer, I. M., Park, R. J., Netherton, C. M. & Herbert, J. (2001). Possible role of cortisol and dehydro-epiandrosterone in human development and psychopathology. *British Journal of Psychiatry*, **179**, 243-249.
- Gould, A. & Martin, G. N. (2001). A good odour to breathe? The effect of pleasant ambient odour on human visual vigilance. *Applied Cognitive Psychology*, **15**, 225-232.
- Gray, J. A. (1990). Brain systems that mediate both emotion and cognition. *Cognition and Emotion*, **4**, 269-288.
- Gross-Isseroff, R. & Lancet, D. (1988). Concentration-dependent changes of perceived odor quality. *Chemical Senses*, **13**, 191-204.
- Guéguen, N. & Petr, C. (2006). Odors and consumer behavior in a restaurant. *International Journal of Hospitality Management*, **25**, 335-339.
- Guerrand, R.-H. (2004). Vers une gestion des odeurs dans les espaces publics : l'exemple de la régie autonome des transports parisiens. In Cobbi, J. & Dulau, R. (Eds.) *Sentir, pour une anthropologie des odeurs* (pp. 107-112). L'Harmattan, Paris.
- Guionnet, C. & Neveu, E. (2004). *Féminins/Masculins. Sociologie du Genre*. Armand Colin, Paris.

- Hall, E. T. (1971). *La dimension cachée*. Seuil, Paris. (Edition originale : 1966).
- Haller, R., Rummel, C., Henneberg, S., Pollmer, U. & Köster, E. P. (1999). The influence of early experience with vanillin on food preference later in life. *Chemical Senses*, **24**, 465-467.
- Hamond, N. R. & Fivush, R. (1991). Memories of Mickey Mouse: Children recount their trip to Disneyworld. *Cognitive Development*, **6**, 433-448.
- Hanse, L. (1994). *La néophobie alimentaire*. Thèse de l'Université Paris X.
- Harkness, S. & Super, C. M. (1994). The developmental niche: a theoretical framework for analyzing the household production of health. *Social Science and Medicine*, **38**, 217-226.
- Haslam, D. R. (1967). Individual differences in pain threshold and level of arousal. *British Journal of Psychology*, **58**, 139-142.
- Hastings, L. & Miller, M. L. (2003). Influence of environmental toxicants on olfactory function. In Doty R. L. (Ed.), *Handbook of olfaction and gustation* (pp. 575-591). Marcel Dekker, New York.
- Hatwell, Y., Streri, A. & Gentaz, E. (2000). *Toucher pour connaître. Psychologie cognitive de la perception tactile manuelle*. Presses Universitaires de France, Paris.
- Haviland, J. J. & Malatesta, C. Z. (1981). The development of sex differences in nonverbal signals: fallacies, facts, and fantasies. In Mayo, C. & Henley, N. M. (Eds.), *Gender and nonverbal behavior* (pp. 183-208). Springer-Verlag, New-York.

- Havlicek, J., Roberts, S. C. & Flegr, J. (2005). Women's preference for dominant male odour: effects of menstrual cycle and relationship status. *Biology Letters*, **1**, 256-259.
- Herberner, E. S., Kagan, J. & Cohen, M. (1989). Shyness and olfactory threshold. *Personality and Individual Difference*, **10**, 1159-1163.
- Hermann, C., Ziegler, S., Birbaumer, N. & Flor, H. (2000). Pavlovian aversive and appetitive odor conditioning in humans: subjective, peripheral, and electrocortical changes. *Experimental Brain Research*, **132**, 203-215.
- Herrick, C. J. (1924). *Neurological foundations of behavior*. Holt, New York.
- Herz, R. S. (2002). Influences of odors on mood and affective cognition. In Rouby, C., Schaal, B., Dubois, D., Gervais, R. & Holley, A. (Eds.), *Olfaction, taste, and cognition* (pp. 160-177). Cambridge University Press, Cambridge.
- Herz, R. S. (2004). A naturalistic analysis of autobiographical memories triggered by olfactory visual and auditory stimuli. *Chemical Senses*, **29**, 217-224.
- Herz, R. S. & Cupchik, G. C. (1995). The emotional distinctiveness of odor-evoked memories. *Chemical Senses*, **20**, 517-528.
- Herz, R. S. & Engen, T. (1996). Odor memory: review and analysis. *Psychonomic Bulletin and Review*, **3**, 300-313.
- Herz, R. S. & Inzlicht, M. (2002). Sex differences in response to physical and social factors involved in human mate selection. The importance of smell for women. *Evolution and Human Behavior*, **23**, 359-364.
- Herz, R. S. & Schooler, J. W. (2002). A naturalistic study of autobiographical memories evoked by olfactory and visual cues: testing the Proustian hypothesis. *American Journal of Psychology*, **115**, 21-32.
- Herz, R. S. & von-Clef, J. (2001). The influence of verbal labeling on the perception of odors: evidence for olfactory illusions? *Perception*, **30**, 381-391.
- Heuberger, E., Redhammer, S. & Buchbauer, G. (2004). Transdermal absorption of (-)-linalool induces autonomic deactivation but has no impact on ratings of well-being in humans. *Neuropsychopharmacology*, **29**, 1925-1932.
- Hinds, R. (1984). *A phenomenological study of the sense of smell in visually handicapped children*. Mémoire de Master en Sciences, Université de Warwick, UK.
- Hinton, P. B. & Henley, T. B. (1993). Cognitive and affective components of stimuli presented in three modes. *Bulletin of the Psychonomic Society*, **31**, 595-598.
- Hirsch, A. R. (1995). Effects of ambient odors on slot machine usage in a Las Vegas casino. *Psychology and Marketing*, **12**, 585-594.
- Holley, A. (1999). *Eloge de l'odorat*. Odile Jacob, Paris.
- Holley, A. (2006). *Le cerveau gourmand*. Odile Jacob, Paris.
- Holley, A. & MacLeod, P. (1977). Transduction et codage des informations olfactives chez les vertébrés. *Journal de Physiologie*, **73**, 725-828.
- Hong, K. M. & Townes, B. D. (1976). Infants' attachment to inanimate objects. A cross-cultural study. *Journal of the American Academy of Child Psychiatry*, **15**, 49-61.
- Horwood, L. J. & Fergusson, D. M. (1998). Breastfeeding and later cognitive and academic outcomes. *Pediatrics*, **101**, E9.
- Houdé, O. (2004). *La psychologie de l'enfant*. Presses Universitaires de France, Paris.
- Howes, D. (1986). Le sens sans parole : vers une anthropologie de l'odorat. *Anthropologie et Sociétés*, **10**, 29-45.
- Hübener, F., Laska, M., Kobayakawa, T. & Saito, S. (2001). Cross-cultural comparison of olfactory perception in Japanese and Germans. 4^{ème} symposium Pangborn Sensory Science, Dijon, France.
- Hudson, R. & Distel, H. (1998). Induced peripheral sensitivity in the developing vertebrate olfactory system. *Annals of the New York Academy of Sciences*, **855**, 109-115.
- Hudspeth, W. J. & Pibram, K. H. (1990). Stages of brain and cognitive maturation. *Journal of Educational Psychology*, **82**, 881-884.
- Hummel, T., Bensafi, M., Nikolaus, J., Knecht, M., Laing, D. G. & Schaal, B. (2007). Olfactory function in children assessed with psychophysical and electrophysiological techniques. *Behavioral Brain Research*. (sous presse).
- Hummel, T., Guel, H. & Delank, W. (2004). Olfactory sensitivity of subjects working in odorous environments. *Chemical Senses*, **29**, 533-536.
- Hummel, T., Krone, F., Lundstrom, J. N. & Bartsch, O. (2005). Androstadienone odor thresholds in adolescents. *Hormones and Behavior*, **47**, 306-310.
- Hummel, T. & Nordin, S. (2005). Olfactory disorders and their consequences for quality of life. *Acta Otolaryngologica*, **125**, 116-121.
- Hummel, T., Sekinger, B., Wolf, S. R., Pauli, E. & Kobal, G. (1997). 'Sniffin' sticks': olfactory performance assessed by the combined testing of odor identification, odor discrimination and olfactory threshold. *Chemical Senses*, **22**, 39-52.
- Humphrey, T. (1940). The development of the olfactory and the accessory olfactory formations in human embryos and fetuses. *Journal of Comparative Neurology*, **73**, 431-468.

- Huppert, F. A. & Van Niekerk, J. K. (2001). Dehydroepiandrosterone (DHEA) supplementation for cognitive function. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, **2**, CD000304.
- Hvastja, L. & Zanuttini, L. (1989). Odour memory and odour hedonics in children. *Perception*, **18**, 391-396.
- Hvastja, L. & Zanuttini, L. (1991). Recognition of nonexplicitly presented odors. *Perceptual and Motor Skills*, **72**, 883-892.
- Hyde, J. S. & Linn, M. C. (1988). Gender differences in verbal ability: a meta-analysis. *Psychological Bulletin*, **194**, 53-69.

- Ilmberger, J., Heuberger, E., Mahrhofer, C., Dessovic, H., Kowarik, D. & Buchbauer, G. (2001). The influence of essential oils on human attention. I: alertness. *Chemical Senses*, **26**, 239-245.
- Irwin-Chase, H. & Burns, B. (2000). Developmental changes in children's abilities to share and allocate attention in a dual task. *Journal of Experimental Child Psychology*, **77**, 61-85.
- Issanchou, S., Valentin, D., Sulmont, C., Degel, J. & Köster, E. P. (2002). Testing odor memory: incidental versus intentional learning, implicit versus explicit memory. In Rouby, C., Schaal, B., Dubois, D., Gervais, R. & Holley, A. (Eds.), *Olfaction, taste, and cognition* (pp. 211-230). Cambridge University Press, Cambridge.

- Jardin, P. (1978). *Le nain jaune*. Julliard, Paris.
- Jehl, C. & Murphy, C. (1998). Developmental effects on odor learning and memory in children. *Annals of the New York Academy of Sciences*, **855**, 632-634.
- Jetté, M. (2000). L'ÉLDEQ 1998-2002, une première étude longitudinale annuelle des nouveau-nés québécois. *ISUMA*, **1**, 115-120 (http://www.isuma.net/v01n02/jette/jette_f.pdf).

- Kagan, J. (1994). *Galen's prophecy. Temperament in human nature*. Free Association Books, London.
- Kagan, J. & Fox, N. A. (2006). Biology, culture and temperamental biases. In Eisenberg, N., Damon, W. & Lerner, R. M. (Eds.), *Handbook of child psychology, Vol. 3 : Social, emotional, and personality development* (6^{ème} édition, pp. 167-225). Wiley & Sons, Hoboken, NJ.
- Kagan, J. & Snidman, N. (2004). *The long shadow of temperament*. Harvard University Press, Cambridge.
- Kaiser, H. F. (1960). The application of electronic computers to factor analysis. *Educational and Psychological Measurement*, **20**, 141-151.
- Kandel, E. R., Schwartz, J. H. & Jessell, T. M. (2000). *Principles of neural science*. McGraw-Hill, New York.
- Kee, D. W. (1994). Development differences in associative memory: strategy use, mental effort, and knowledge access interactions. *Advances in Child Development and Behavior*, **25**, 7-32.
- Kee, D. W. & Davies, L. (1990). Mental effort and elaboration: effects of accessibility and instruction. *Journal of Experimental Child Psychology*, **49**, 264-274.
- Keller, H. (2001). *Sourde, muette, aveugle. Histoire de ma vie*. Payot & Rivages, Paris. (Édition originale : 1904).
- Keverne, E. B. (1983). Chemical communication in primate reproduction. In Vandenberg, J. G. (Ed.), *Pheromones and reproduction in mammals* (pp. 79-92). Academic Press, New York.
- Keverne, E. B. (1999). The vomeronasal organ. *Science*, **286**, 716-720.
- Kikuchi, A., Tanida, M., Uenoyama, S., Abe, T. & Yamaguchi, H. (1991). Effect of odors on cardiac response patterns in a reaction time task. *Chemical Senses*, **16**, 183.
- King, N., Inglis, S., Jenkins, M., Myerson, N. & Ollendick, T. (1995). Test-retest reliability of the survey form of the Leyton Obsessional Inventory-Child Version. *Perceptual and Motor Skills*, **80**, 1200-1202.
- Kirk-Smith, M. D. & Booth, D. A. (1987). Chemoreception in human behaviour: experimental analysis of the social effects of fragrances. *Chemical Senses*, **12**, 159-166.
- Kirk-Smith, M. D., Van Toller, C. & Dodd, G. H. (1983). Unconscious odour conditioning in human subjects. *Biological psychology*, **17**, 221-231.
- Kline, P. (1993). *Handbook of psychological testing*. Routledge, London.
- Knasko, S. C. (1992). Ambient odor's effect on creativity, mood, and perceived health. *Chemical Senses*, **17**, 27-35.
- Knasko, S. C. (1995). Pleasant odors and congruency: effects on approach behavior. *Chemical Senses*, **20**, 479-487.
- Knasko, S. C., Gilbert, A. N. & Sabini, J. (1990). Emotional state, physical well-being and performance in the presence of feigned ambient odor. *Journal of Applied Social Psychology*, **20**, 1345-1357.
- Knecht, M. (2003). Olfaction in children. Results of psychophysical and electrophysiological examinations. 3^{ème} Congrès Olfactory Bioresponse, Dresde, Allemagne.

- Kobal, G., Hummel, T., Sekinger, B., Barz, S., Roscher, S. & Wolf, S. (1996). "Sniffin' sticks": screening of olfactory performance. *Rhinology*, **34**, 222-226.
- Kobal, G., Palisch, K., Wolf, S. R., Meyer, E. D., Huttenbrink, K. B., Roscher, S., Wagner, R. & Hummel, T. (2001). A threshold-like measure for the assessment of olfactory sensitivity: the "random" procedure. *European Archives of Otorhinolaryngology*, **258**, 168-172.
- Kobasigawa, A. (1974). Utilization of retrieval cues by children in recall. *Child Development*, **45**, 127-134.
- Koelega, H. S. (1970). Extraversion, sex, arousal and olfactory sensitivity. *Acta Psychologica*, **34**, 51-66.
- Koelega, H. S. (1994a). Diurnal variations in olfactory sensitivity and the relationship to food intake. *Perceptual and Motor Skills*, **78**, 215-226.
- Koelega, H. S. (1994b). Prepubescent children may have specific deficits in olfactory sensitivity. *Perceptual and Motor Skills*, **78**, 191-199.
- Koelega, H. S. (1994c). Sex differences in olfactory sensitivity and the problem of the generality of smell acuity. *Perceptual and Motor Skills*, **78**, 203-213.
- Koelega, H. S. & Köster, E. P. (1974). Some experiments on sex differences in odor perception. *Annals of the New York Academy of Sciences*, **237**, 234-246.
- Kolble, N., Hummel, T., von Mering, R., Huch, A. & Huch, R. (2001). Gustatory and olfactory function in the first trimester of pregnancy. *European Journal of Obstetrics, Gynecology and Reproductive Biology*, **99**, 179-183.
- Konstantinidis, I., Triaridis, S., Triaridis, A., Petropoulos, I., Karagiannidis, K. & Kontzoglou, G. (2005). How do children with adenoid hypertrophy smell and taste? Clinical assessment of olfactory function pre- and post-adenoidectomy. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, **69**, 1343-1349.
- Köster, E. P. (2002). The specific characteristics of the sense of smell. In Rouby, C., Schaal, B., Dubois, D., Gervais, R. & Holley, A. (Eds.), *Olfaction, taste, and cognition* (pp. 27-43). Cambridge University Press, Cambridge.
- Köster, E. P. (2003). The psychology of food choice: some often encountered fallacies. *Food Quality and Preferences*, **14**, 359-373.
- L**aing, D. G. (2003). Sensory analysis. What children can do. *Food Australia*, **55**, 47-51.
- Laing, D. G. & Clark, P. J. (1983). Puberty and olfactory preferences of males. *Physiology and Behavior*, **30**, 591-597.
- Laird, D. A. (1935). What can you do with your nose? *Scientific Monthly*, **41**, 126-130.
- Landis, B. N., Hummel, T., Hugentobler, M., Giger, R. & Lacroix, J. S. (2003). Ratings of overall olfactory function. *Chemical Senses*, **28**, 691-694.
- Larsson, M., Finkel, D. & Pedersen, N. L. (2000). Odor identification: influences of age, gender, cognition, and personality. *Journals of Gerontology. Series B, Psychological Sciences and Social Sciences*, **55**, 304-310.
- Larsson, M., Lovden, M. & Nilsson, L.-G. (2003). Sex differences in recollective experience for olfactory and verbal information. *Acta Psychologica*, **112**, 89-103.
- Laska, M., Koch, B., Heid, B. & Hudson, R. (1996). Failure to demonstrate systematic changes in olfactory perception in the course of pregnancy: a longitudinal study. *Chemical Senses*, **21**, 567-571.
- Lawless, H. & Engen, T. (1977). Associations to odors: interference, mnemonics, and verbal labeling. *Journal of Experimental Psychology. Human Learning and Memory*, **3**, 52-59.
- Lax, M. B. & Henneberger, P. K. (1995). Patients with multiple chemical sensitivities in an occupational health clinic: presentation and follow-up. *Archives of Environmental Health*, **50**, 425-431.
- Le Breton, D. (2003). Les mises en scènes olfactives de l'autre ou les imaginaires du mépris. In Lardellier, P. (Ed.), *A fleur de peau. Corps, odeurs et parfums* (pp. 115-128). Belin, Paris.
- Le Guérér, A. (1998). *Les pouvoirs de l'odeur*. Odile Jacob, Paris. (Edition originale : 1988).
- Le Guérér, A. (2002). Olfaction and cognition: a philosophical and psychoanalytic view. In Rouby, C., Schaal, B., Dubois, D., Gervais, R. & Holley, A. (Eds.), *Olfaction, taste, and cognition* (pp. 3-15). Cambridge University Press, Cambridge.
- Le Magnen, J. (1952). Les phénomènes olfacto-sexuels chez l'Homme. *Archives des Sciences Physiologiques*, **6**, 125-160.
- Leaper, C., Anderson, K. J. & Sanders, P. (1998). Moderators of gender effects on parents' talk to their children: a meta-analysis. *Developmental Psychology*, **34**, 3-27.
- Lehrner, J. P. (1993). Olfactory functioning from childhood to old age. *Chemical Senses*, **18**, 587.
- Lehrner, J. P., Gluck, J. & Laska, M. (1999a). Odor identification, consistency of label use, olfactory threshold and their relationships to odor memory over the human lifespan. *Chemical Senses*, **24**, 337-346.
- Lehrner, J., Marwinski, G., Lehr, S., Jöhren, P. & Deecke, L. (2005). Ambient odors of orange and lavender reduce anxiety and improve mood in a dental office. *Physiology and Behavior*, **86**, 92-95.
- Lehrner, J. P., Walla, P., Laska, M. & Deecke, L. (1999b). Different forms of human odor memory: a developmental study. *Neuroscience Letters*, **272**, 17-20.
- Lenti Boero, D. (1995). Sixteen odors for many remembrances: a preliminary investigation on olfaction and everyday life. *Advances in the Biosciences*, **93**, 571-578.

- Léon, F. (1998). *Elaboration et comparaison de méthodes d'évaluation des préférences alimentaires adaptées aux enfants de quatre à dix ans*. Thèse de l'Université Paris VI.
- Leopold, D. (1995). Distorted olfactory perception. In Doty, R. L. (Ed.), *Handbook of olfaction and gustation* (pp. 441-454). Marcel Dekker, New York.
- Lerner, R. M., Palermo, M., Spiro, A. & Nesselroade, J. R. (1982). Assessing the dimensions of the temperamental individuality across the life-span: the Dimensions Of Temperament Survey (DOTS). *Child Development*, **53**, 149-159.
- Liu, X., Kurita, H., Guo, C., Tachimori, H., Ze, J. & Okawa, M. (2000). Behavioral and emotional problems in Chinese children: teacher reports for ages 6 to 11. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, **41**, 253-260.
- Loewen, R. & Pliner, P. (2000). The Food Situations Questionnaire: a measure of children's willingness to try novel foods in stimulating and non-stimulating situations. *Appetite*, **35**, 239-250.
- Looper, K. & Grizenko, N. (1999). Risk and Protective Factors Scale: reliability and validity in preadolescents. *Canadian Journal of Psychiatry*, **44**, 138-143.
- Lorig, T. S., Elmes, D. G., Zald, D. H. & Pardo, J. V. (1999). A computer-controlled olfactometer for fMRI and electrophysiological studies of olfaction. *Behavior Research Methods, Instruments, and Computers*, **31**, 370-375.
- Lorig, T. S. & Roberts, M. (1990). Odor and cognitive alteration of the contingent negative variation. *Chemical Senses*, **15**, 537-545.
- Ludvigson, H. W. & Rottman, T. R. (1989). Effects of ambient odors of lavender and cloves on cognition, memory, affect and mood. *Chemical Senses*, **14**, 525-536.
- Lundström, J. N., Hummel, T. & Olsson, M. J. (2003). Individual differences in sensitivity to the odor of 4,16-androstadien-3-one. *Chemical Senses*, **28**, 643-650.
- Lundström, J. N., McClintock, M. K. & Olsson, M. J. (2006). Effects of reproductive state on olfactory sensitivity suggest odor specificity. *Biological Psychology*, **71**, 244-247.
- Lyman, B. J. & McDaniel, M. A. (1990). Memory of odors and odor names: modalities of elaboration and imagery. *Journal of Experimental Psychology. Learning, Memory, and Cognition*, **16**, 656-664.
- Lytton, H. & Romney, D. M. (1991). Parents' differential socialization of boys and girls: a meta-analysis. *Psychological Bulletin*, **109**, 267-296.

- Maccoby, E. E. & Jacklin, C. N. (1974). *The psychology of sex differences*. Stanford University Press, Stanford.
- Macfarlane, A. (1975). Olfaction in the development of social preferences in the human neonate. *Ciba Foundation Symposium*, **33**, 103-117.
- Magill, M. K. & Suruda, A. (1998). Multiple chemical sensitivity syndrome. *American Family Physician*, **58**, 721-728.
- Mahalski, P. A. (1983). The incidence of attachment objects and oral habits at bedtime in two longitudinal samples of children aged 1.5-7 years. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, **24**, 283-295.
- Maier, A.S., Leathwood, P., Chabanet, C., Issanchou, S. & Schaal, B. (2006). Repeated exposure to an initially disliked vegetable enhances its acceptance by infants at weaning. *Chemical Senses*, **31**, E5.
- Makin, J. W. & Porter, R. H. (1989). Attractiveness of lactating females' breast odors to neonates. *Child Development*, **60**, 803-810.
- Mallet, P. & Schaal, B. (1998). Rating and recognition of peers' personal odors by 9-year-old children: an exploratory study. *Journal of General Psychology*, **125**, 47-64.
- Marchand, S. & Arsenault, P. (2002). Odors modulate pain perception: a gender-specific effect. *Physiology and Behavior*, **76**, 251-256.
- Marlier, L., Schaal, B. & Soussignan, R. (1997). Orientation responses to biological odours in the human newborn. Initial pattern and postnatal plasticity. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, Série III*, **320**, 999-1005.
- Marsh, H., Debus, R. & Bornjolt, L. (2005). Validating young children's self-concept responses: methodological ways and means to understand their responses. In Teti, D. M. (Ed.), *Handbook of research methods in developmental science* (pp. 138-160). Blackwell Publishing, Malden, MA.
- Martin, G. & Laffort, P. (1991). *Odeurs et désodorisation dans l'environnement*. Lavoisier, Paris.
- Martin, G. N., Apena, F., Chaudry, Z., Mulligan, Z. & Nixon, C. (2001). The development of an attitude towards the sense of smell questionnaire (SoSQ) and a comparison of different profession's responses. *North American Journal of Psychology*, **3**, 491-502.
- Matlin, M. W. (2001). *La Cognition*. De Boeck Université, Paris.
- Mattes, R. D. (1991). Learned food aversions: a family study. *Physiology and Behavior*, **50**, 499-504.
- Mattes, R. D. (2003). Nutritional implications of taste and smell. In Doty, R. L. (Ed.), *Handbook of olfaction and gustation* (pp. 881-903). Marcel Dekker, New York.
- McKeown, L. (2003). Social relations and breath odour. *International Journal of Dental Hygiene*, **1**, 213-217.
- McManis, M. H., Bradley, M. M., Berg, W. K., Cuthbert, B. N. & Lang, P. J. (2001). Emotional reactions in children: verbal, physiological, and behavioral responses to affective pictures. *Psychophysiology*, **38**, 222-231.

- Mellier, D., Bezard, S. & Caston, J. (1997). Etudes exploratoires des relations intersensorielles olfaction-douleur. *Enfance*, **1**, 98-111.
- Mennella, J. A. & Beauchamp, G. K. (1991). Maternal diet alters the sensory qualities of human milk and the nursing's behavior. *Pediatrics*, **88**, 737-744.
- Mennella, J. A. & Beauchamp, G. K. (1996). The human infant's response to vanilla flavors in mother's milk and formula. *Infant Behavior and Development*, **9**, 13-19.
- Mennella, J. A. & Beauchamp, G. K. (2002). Flavor experiences during formula feeding are related to preferences during childhood. *Early Human Development*, **68**, 71-82.
- Mennella, J. A. & Garcia, P. L. (2000). Children's hedonic response to the smell of alcohol: effects of parental drinking habits. *Alcoholism, Clinical and Experimental Research*, **24**, 1167-1171.
- Mennella, J. A., Jagnow, C. P. & Beauchamp, G. K. (2001). Prenatal and postnatal flavor learning by human infants. *Pediatrics*, **107**, E88.
- Mennella, J. A., Johnson, A. & Beauchamp, G. K. (1995). Garlic ingestion by pregnant women alters the odor of amniotic fluid. *Chemical Senses*, **20**, 207-209.
- Miller, C. & Mitzel, H. (1995). Chemical sensitivity attributed to pesticide exposure versus remodeling. *Archives of Environmental Health*, **50**, 119-129.
- Miller, E. (1956). The magical number seven, plus or minus two: some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review*, **63**, 81-97.
- Miltner, W., Matjak, M., Braun, C., Diekmann, H. & Brody, S. (1994). Emotional qualities of odors and their influence on the startle reflex in humans. *Psychophysiology*, **31**, 107-110.
- Miwa, T., Furukawa, M., Tsukatani, T., Costanzo, R. M., Di Nardo, L. J. & Reiter, E. R. (2001). Impact of olfactory impairment on quality of life and disability. *Archives of Otolaryngology, Head and Neck Surgery*, **127**, 497-503.
- Miyazaki, Y., Takeuchi, S., Yatagai, M. & Kobayashi, S. (1991). The effect of essential oils on mood in humans. *Chemical Senses*, **16**, 184.
- Mohr, C., Hübener, F. & Laska, M. (2002). Deviant olfactory experiences, magical ideation, and olfactory sensitivity: a study with healthy German and Japanese subjects. *Psychiatry Research*, **111**, 21-33.
- Mohr, C., Rohrenbach, C. M., Landis, T. & Regard, M. (2001). Associations to smell are more pleasant than to sound. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, **23**, 484-489.
- Moncrieff, R. W. (1966). *Odour preferences*. Leonard Hill, London.
- Montagner, H. (1974). Communication non verbale et discrimination olfactive chez le jeune enfant : approche éthologique. In Morin, E. & Piattelli-Palmarini, M. (Eds.), *L'unité de l'Homme* (pp. 246-270). Seuil, Paris.
- Morrin, M. & Ratneshwar, S. (2000). The impact of ambient scent on evaluation, attention, and memory for familiar and unfamiliar brands. *Journal of Business Research*, **49**, 157-165.
- Motte-Florac, E. (1999). Le rôle des odeurs dans l'histoire de la thérapeutique au Mexique. In Musset, D. & Fabre-Vassas, C. (Eds.), *Odeurs et parfums* (pp. 143-147). CTHS, Paris.
- Mouéle, M. (1997). L'apprentissage des odeurs chez les Waanzi : note de recherche. *Enfance*, **1**, 209-222.
- Murphy, C. & Cain, W. S. (1986). Odor identification: the blind are better. *Physiology and Behavior*, **37**, 177-180.

- Nageris, B., Hadar, T. & Hansen, M. C. (2002). The effects of passive smoking on olfaction in children. *Revue de Laryngologie, Otologie, Rhinologie*, **123**, 89-91.
- Nicklaus, S., Boggio, V., Chabanet, C. & Issanchou, S. (2005). A prospective study of food variety seeking in childhood, adolescence and early adult life. *Appetite*, **44**, 289-297.
- Nikolaus, J. & Knecht, M. (2005). Olfactory function in children evaluated with psychophysical and electrophysiological measures. *Chemical Senses*, **30**, E32.
- Nordin, S., Bende, M. & Millqvist, E. (2004a). Normative data for the Chemical Sensitivity Scale. *Journal of Environmental Psychology*, **24**, 399-403.
- Nordin, S., Broman, D. A., Olofsson, J. K. & Wulff, M. (2004b). A longitudinal descriptive study of self-reported abnormal smell and taste perception in pregnant women. *Chemical Senses*, **29**, 391-402.
- Nordin, S., Millqvist, E., Löwhagen, O. & Bende, M. (2003). The Chemical Sensitivity Scale: psychometric properties and comparison with the noise sensitivity scale. *Journal of Environmental Psychology*, **23**, 359-367.

- Oberg, C., Larsson, M. & Backman, L. (2002). Differential sex effects in olfactory functioning: the role of verbal processing. *Journal of the International Neuropsychological Society*, **8**, 691-698.
- Obrebowski, A., Obrebowska-Karsznia, Z. & Gawlinski, M. (2000). Smell and taste in children with simple obesity. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, **55**, 191-196.
- Obringer, F. (2004). Le chat magique et la souris parfumée. Produits aromatiques d'origine animale en médecine chinoise. In Cobbi, J. & Dulau, R. (Eds.), *Sentir. Pour une anthropologie des odeurs* (pp. 259-270). L'Harmattan, Paris.
- Olofsson, J. K. & Nordin, S. (2004). Gender differences in chemosensory perception and event-related potentials. *Chemical Senses*, **29**, 629-637.
- Oram, N., Laing, D. G., Hutchinson, I., Owen, J., Rose, G., Freeman, M. & Newell, G. (1995). The influence of flavor and color on drink identification by children and adults. *Developmental Psychobiology*, **28**, 239-246.
- Pangborn, R. M., Guinard, J.-X. & Davis, R. G. (1988). Regional aroma preferences. *Food Quality and Preferences*, **1**, 11-19.
- Papo, D., Eberlein-Konig, B., Berresheim, H. W., Huss-Marp, J., Grimm, V., Ring, J., Behrendt, H. & Winneke, G. (2006). Chemosensory function and psychological profile in patients with multiple chemical sensitivity: comparison with odor-sensitive and asymptomatic controls. *Journal of Psychosomatic Research*, **60**, 199-209.
- Parr, W. V., Heatherbell, D. & White, K. G. (2002). Demystifying wine expertise: olfactory threshold, perceptual skill and semantic memory in expert and novice wine judges. *Chemical Senses*, **27**, 747-755.
- Pause, B., Ferstl, R. & Fehm-Wolfsdorf, G. (1998). Personality and olfactory sensitivity. *Journal of Research in Personality*, **32**, 510-518.
- Pearson, D. A. & Lane, D. M. (1990). Visual attention movements: a developmental study. *Child Development*, **61**, 1779-1795.
- Pérez-Escamilla, R. (2005). Influence of breastfeeding on psychosocial development. In Tremblay, R. E., Barr, R. G. & Peters, R. V. (Eds.), *Encyclopedia on early childhood development* (pp. 1-6). Center of Excellence for Early Childhood Development, Montréal.
- Petit-Skinner, S. (2004). Odeur et amour dans le Pacifique Sud. In Cobbi, J. & Dulau, R. (Eds.), *Sentir. Pour une anthropologie des odeurs* (pp. 171-180). L'Harmattan, Paris.
- Peto, E. (1936). Contribution to the development of smell feeling. *British Journal of Medical Psychology*, **15**, 314-320.
- Piaget, J. (1937). *La construction du réel chez l'enfant*. Delachaux et Niestlé, Paris.
- Pierce, J. D., Jr., Cohen, A. B. & Ulrich, P. M. (2004). Responsivity to two odorants, androstenone and amyl acetate, and the affective impact of odors on interpersonal relationships. *Journal of Comparative Psychology*, **118**, 14-19.
- Pierce, J. D., Jr., Wysocki, C. J. & Aronov, E. V. (1993). Mutual cross-adaptation of the volatile steroid androstenone and a non-steroid perceptual analog. *Chemical Senses*, **18**, 245-256.
- Pihet, S., Mellier, D., Bullinger, A. & Schaal, B. (1997). Réponses comportementales aux odeurs chez le nouveau-né prématuré : étude préliminaire. *Enfance*, **1**, 33-46.
- Platek, S. M., Burch, R. L. & Gallup, G. G., Jr. (2001). Sex differences in olfactory self-recognition. *Physiology and Behavior*, **73**, 635-640.
- Pliner, P. (1994). Development of measures of food neophobia in children. *Appetite*, **23**, 147-163.
- Pliner, P. & Hobden, K. (1992). Development of a scale to measure the trait of food neophobia in humans. *Appetite*, **19**, 105-120.
- Pliner, P. & Loewen, E. R. (1997). Temperament and food neophobia in children and their mothers. *Appetite*, **28**, 239-254.
- Porter, R. H., Cernoch, J. M. & McLaughlin, F. J. (1983). Maternal recognition of neonates through olfactory cues. *Physiology and Behavior*, **30**, 151-154.
- Porter, R. H. & Moore, J. D. (1981). Human kin recognition by olfactory cues. *Physiology and Behavior*, **27**, 493-495.
- Proust, M. (1989). *Du côté de chez Swann*. Larousse, Paris. (Edition originale : 1887).
- Purper-Ouakil, D., Gasman, I., Bouvard, M., Michel, G., Perez-Diaz, F. & Mouren-Simeoni, M. C. (2002). Evaluation of the temperament of school-age children: the French version of the revised dimensions of temperament questionnaire (DOTS-R). *Annales Médico-Psychologiques*, **160**, 518-526.
- Pyatkina, G. A. (1982). Development of human olfactory receptors. *Tsitologia*, **24**, 11-16.

- Rabin, M. D. & Cain, W. S. (1984). Odor recognition: familiarity, identifiability, and encoding consistency. *Journal of Experimental Psychology. Learning, Memory, and Cognition*, **10**, 316-325.
- Rattaz, C., Goubet, N. & Bullinger, A. (2005). The calming effect of a familiar odor on full-term newborns. *Journal of Developmental and Behavioral Pediatrics*, **26**, 86-92.
- Raudenbush, B., Schroth, F., Reilley, S. & Frank, R. A. (1998). Food neophobia, odor evaluation and exploratory sniffing behavior. *Appetite*, **31**, 171-183.
- Regard, M., Strauss, E. & Knapp, P. (1982). Children's production on verbal and non-verbal fluency tasks. *Perceptual and Motor Skills*, **55**, 839-844.
- Richman, R. A., Post, E. M., Sheeche, P. R. & Wright, H. N. (1992). Olfactory performance during childhood. I. Development of an odorant identification test for children. *Journal of Pediatrics*, **121**, 908-911.
- Richman, R. A., Sheeche, P. R., Wallace, K., Hyde, J. M. & Coplan, J. (1995a). Olfactory performance during childhood. II. Developing a discrimination task for children. *Journal of Pediatrics*, **127**, 421-426.
- Richman, R. A., Wallace, K. & Sheeche, P. R. (1995b). Assessment of an abbreviated odorant identification task for children: a rapid screening device for schools and clinics. *Acta Paediatrica*, **84**, 434-437.
- Ridderinkhof, K. R. & van der Molen, M. W. (1995). A psychophysiological analysis of developmental differences in the ability to resist interference. *Child Development*, **66**, 1040-1056.
- Rocheftort, C., Gheusi, G., Vincent, J. D. & Lledo, P. M. (2002). Enriched odor exposure increases the number of newborn neurons in the adult olfactory bulb and improves odor memory. *Journal of Neuroscience*, **22**, 2679-2689.
- Rodionova, E. & Minor, A. (2005). The effects of low-level exposure to peppermint and lavender scents on school-task performance in elementary-school children. *Chemical Senses*, **30**, E36.
- Rohwer, W. D. J. & Bean, J. P. (1973). Sentence effects and noun-pair learning: a developmental interaction during adolescence. *Journal of Experimental Child Psychology*, **15**, 521-533.
- Rosenberg, A. & Kagan, J. (1987). Iris pigmentation and behavioral inhibition. *Developmental Psychobiology*, **20**, 377-392.
- Rosenblatt, M. R., Olmstead, R. E., Iwamoto-Schaap, P. N. & Jarvik, M. E. (1998). Olfactory thresholds for nicotine and menthol in smokers (abstinent and nonabstinent) and nonsmokers. *Physiology and Behavior*, **65**, 575-579.
- Rosenbluth, R., Grossman, E. S. & Kaitz, M. (2000). Performance of early-blind and sighted children on olfactory tasks. *Perception*, **29**, 101-110.
- Rosenzweig, M. R., Leiman, A. L. & Breedlove, S. M. (1998). *Psychobiologie*. De Boeck Université, Paris.
- Rothbart, M. K. (1981). Measurement of temperament in infancy. *Child Development*, **52**, 569-578.
- Rothbart, M. K. (1994). Emotional development: changes in reactivity and self-regulation. In Ekman, P. & Davidson, R. J. (Eds.), *The nature of emotion. Fundamental questions* (pp. 369-372). Oxford University Press, New York.
- Rothbart, M. K., Ahadi, S. A., Hershey, K. L. & Fisher, P. (2001). Investigations of temperament at three to seven years: the Children's Behavior Questionnaire. *Child Development*, **72**, 1394-1408.
- Rothbart, M. K. & Bates, J. E. (2006). Temperament. In Eisenberg, N., Damon, W. & Lerner, R. M. (Eds.), *Handbook of child psychology, Vol. 3 : Social, emotional, and personality development* (6^{ème} edition, pp. 99-166). Wiley & Sons, Hoboken, NJ.
- Rotton, J. (1983). Affective and cognitive consequences of malodorous pollution. *Basic and Applied Social Psychology*, **4**, 171-191.
- Rouby, C., Chevalier, G., Gautier, B. & Dubois, D. (1997). Connaissance et reconnaissance d'une série olfactive chez l'enfant préscolaire. *Enfance*, **1**, 152-171.
- Rouquier, S., Blancher, A. & Giorgi, D. (2000). The olfactory receptor gene repertoire in primates and mouse: evidence for reduction of the functional fraction in primates. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **97**, 2870-2874.
- Rouquier, S., Taviaux, S., Trask, B. J., Brand-Arpon, V., van den Engh, G., Demaille, J. & Giorgi, D. (1998). Distribution of olfactory receptor genes in the human genome. *Nature Genetics*, **18**, 243-250.
- Rovee, C. K., Harris, S. L. & Yopp, R. (1973). Olfactory thresholds and level of anxiety. *Bulletin of the Psychonomic Society*, **2**, 76-78.
- Roy, J.-J.-E. (1877). *Le moulin de l'aveugle ou les miracles de la cécité*. Mame & fils, Tours.
- Rozin, P. (1976). The selection of foods by rats, humans, and other animals. *Advances in the Study of Behavior*, **6**, 21-76.
- Ruble, D. N., Martin, C. L. & Berenbaum, S. A. (2006). Gender development. In Eisenberg, N., Damon, W. & Lerner, R. M. (Eds.), *Handbook of child psychology* (pp. 858-932). Wiley & Sons, Hoboken, NJ.
- Rudhe, L. & Ekecrantz, L. (1974). Transitional phenomena: the typical phenomenon and its development. *Acta Psychiatrica Scandinavica*, **50**, 381-400.

- Sacks, O. (1985). *L'homme qui prenait sa femme pour un chapeau*. Seuil, Paris.
- Salthouse, T. A. (1994). The aging of working memory. *Neuropsychology*, **8**, 535-543.
- Santos, D. V., Reiter, E. R., DiNardo, L. J. & Costanzo, R. M. (2004). Hazardous events associated with impaired olfactory function. *Archives of Otolaryngology, Head and Neck Surgery*, **130**, 317-319.
- Santrock, J. W. (2003). *Children*. McGraw-Hill, New York.
- Sarnat, H. B. (1978). Olfactory reflexes in the newborn infant. *Journal of Pediatrics*, **92**, 624-626.
- Sauzéon, H., Lestage, P., Raboutet, C., N'Kaoua, B. & Claverie, B. (2004). Verbal fluency output in children aged 7-16 as a function of the production criterion: qualitative analysis of clustering, switching processes, and semantic network exploitation. *Brain and Language*, **89**, 192-202.
- Schaal, B. (1986). Presumed olfactory exchanges between mother and neonate in humans. In Le Camus, J. & Conier, J. (Eds.), *Ethology and psychology* (pp. 101-110). Privat-IEC, Toulouse.
- Schaal, B. (1987). *Dimensions de la sensorialité, de la réactivité faciale et du tempérament chez des garçons préadolescents. Analyse préliminaire de la réactivité à des stimulations olfactives*. Rapport de recherche de l'Université de Montréal, Québec.
- Schaal, B. (1988). Olfaction in human infants and children: developmental and functional perspectives. *Chemical Senses*, **13**, 145-190.
- Schaal, B. (1996). Olfaction et processus sociaux chez l'homme : bref bilan. *Revue Internationale de Psychopathologie*, **22**, 387-421.
- Schaal, B. (1998). Les fonctions de l'odorat en société : le laboratoire et le terrain. In Méchin, C., Bianquis, I. & Le Breton, D. (Eds.), *Anthropologie du Sensoriel* (pp. 35-69). L'Harmattan, Paris.
- Schaal, B. (1999). Le développement de la sensibilité olfactive : de la période foetale à la puberté. In Christen, Y., Collet, L. & Droy-Lefaix, M. T. (Eds.), *Rencontres IPSEN en ORL* (pp. 105-125). Irvin, Paris.
- Schaal, B. (2001). Les échanges olfactifs chez l'homme : information ou communication. *Primatologie*, **4**, 75-111.
- Schaal, B. (2004). Emergence de l'olfaction : précocité et plasticité de la sensibilité et des préférences. In Faurion, A. (Ed.), *Physiologie sensorielle à l'usage des LAA* (pp. 267-296). Lavoisier, Paris.
- Schaal, B., Marlier, L. & Soussignan, R. (2000). Human fetuses learn odours from their pregnant mother's diet. *Chemical Senses*, **25**, 729-737.
- Schaal, B., Montagner, H., Hertling, E., Bolzoni, D., Moyse, A. & Quichon, R. (1980). Les stimulations olfactives dans les relations entre l'enfant et la mère. *Reproduction, Nutrition, Développement*, **20**, 843-858.
- Schaal, B. & Orgeur, P. (1992). Olfaction in utero: can the rodent model be generalized? *Quarterly Journal of Experimental Psychology. Series B, Comparative and Physiological Psychology*, **44**, 245-278.
- Schaal, B., Orgeur, P. & Rognon, C. (1995). Odor sensing in the human fetus: anatomical, functional and chemo-ecological bases. In Lecanuet, J. P., Fifer, W. P., Krasnegor, N. A. & Smotherman, W. P. (Eds.), *Fetal development: a psychobiological perspective* (pp. 205-238). Lawrence Erlbaum Associates, Mahwah, NJ.
- Schaal, B. & Porter, R. H. (1991). "Microsmatic humans" revisited: the generation and perception of chemical signals. *Advances in the Study of Behavior*, **20**, 135-199.
- Schaal, B., Rouby, C., Marlier, L., Soussignan, R., Kontar, F. & Tremblay, R. E. (1998). Variabilité et universaux au sein de l'espace perçu des odeurs : approches inter-culturelles de l'hédonisme olfactif. In Dulau, R. & Pitte, J.-R. (Eds.), *Géographie des odeurs* (pp. 25-47). L'Harmattan, Paris.
- Schaffer, J. P. (1910). The lateral wall of the cavum nasi in man with special reference to the various developmental stages. *Journal of Morphology*, **21**, 613-617.
- Schifferstein, H. N. J. (2006). The perceived importance of sensory modalities in product usage: a study of self-reports. *Acta Psychologica*, **121**, 41-64.
- Schiffman, S. S., Miller, E. A., Suggs, M. S. & Graham, B. G. (1995a). The effect of environmental odors emanating from commercial swine operations on the mood of nearby residents. *Brain Research Bulletin*, **37**, 369-375.
- Schiffman, S. S., Sattely-Miller, E. A., Suggs, M. S. & Graham, B. G. (1995b). The effect of pleasant odors and hormone status on mood of women at midlife. *Brain Research Bulletin*, **36**, 19-29.
- Schleidt, M. (1992). The semiotic relevance of human olfaction: a biological approach. In Van Toller, S. & Dodd, G. H. (Eds.), *Fragrance: the psychology and biology of perfume* (pp. 37-50). Elsevier, London.
- Schleidt, M., Hold, B. & Attili, G. (1981). A cross-cultural study on the attitude towards personal odors. *Journal of Chemical Ecology*, **7**, 19-31.
- Schleidt, M., Neumann, P. & Morishita, H. (1988). Pleasure and disgust: memories and associations of pleasant and unpleasant odours in Germany and Japan. *Chemical Senses*, **13**, 279-293.
- Schmidt, H. J. & Beauchamp, G. K. (1988). Adult-like odor preferences and aversions in three-year-old children. *Child Development*, **59**, 1136-1143.
- Schmidt, H. J. & Beauchamp, G. K. (1990). Sex differences in responsiveness to odors in 9-month-old infants. *Chemical Senses*, **15**, 634.

- Schwartz, S., Baldo, J., Graves, R. E. & Brugger, P. (2003). Pervasive influence of semantics in letter and category fluency: a multidimensional approach. *Brain and Language*, **87**, 400-411.
- Schwenn, O., Hundorf, I., Moll, B., Pitz, S. & Mann, W. J. (2002). Können Blinde besser riechen als Normalsichtige?. *Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde*, **219**, 649-654.
- Segal, N. L., Topolski, T. D., Wilson, S. M., Brown, K. W. & Araki, L. (1995). Twin analysis of odor identification and perception. *Physiology and Behavior*, **57**, 605-609.
- Sharp, C., van Goozen, S. & Goodyer, I. (2006). Children's subjective emotional reactivity to affective pictures: gender differences and their antisocial correlates in an unselected sample of 7-11-year-olds. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, **47**, 143-150.
- Shepp, B. E., Barrett, S. E. & Kolbet, L. L. (1987). The development of selective attention: holistic perception versus resource allocation. *Journal of Experimental Child Psychology*, **43**, 159-180.
- Sherman, M., Hertzog, M., Austria, R. & Shapiro, T. (1981). Treasured objects in school-aged children. *Pediatrics*, **68**, 379-386.
- Ship, J. A. & Weiffenbach, J. M. (1993). Age, gender, medical treatment, and medication effects on smell identification. *Journal of Gerontology*, **48**, 26-32.
- Siddle, D. A., Morrish, R. B., White, K. D. & Mangan, G. L. (1969). Relation of visual sensitivity to extraversion. *Journal of Experimental Research in Personality*, **3**, 264-267.
- Siegel, S. & Castellan, N. J., Jr. (1988). *Nonparametric statistics for the behavioral sciences*. McGraw-Hill, New York.
- Siegler, R. S. (2000). *Intelligences et développement de l'enfant : variations, évolution, modalités*. De Boeck Université, Paris.
- Singh, D. & Bronstad, P. M. (2001). Female body odour is a potential cue to ovulation. *Proceedings of the Royal Society of London, Biological sciences*, **22**, 797-801.
- Smeets, M. A. M. & Schifferstein, H. N. J. (2006). Development of an odor awareness scale. *Chemical Senses*, **31**, E99.
- Smith, J. D., Nelson, D. G., Grohskopf, L. A. & Appleton, T. (1994). What child is this? What interval was that? Familiar tunes and music perception in novice listeners. *Cognition*, **52**, 23-54.
- Smith, S. L. (1968). Extraversion and sensory threshold. *Psychophysiology*, **5**, 293-299.
- Snyder, M. C., Leopold, D. A., Chiu, B. C., Von Essen, S. G. & Liebentritt, N. (2003). The relationship between agricultural environments and olfactory dysfunction. *Journal of Agricultural Safety and Health*, **9**, 211-219.
- Solbu, E. H., Jellestad, F. K. & Straetkvern, K. O. (1990). Children's sensitivity to odor of trimethylamine. *Journal of Chemical Ecology*, **16**, 1829-1840.
- Soussignan, R. (1997). Olfaction, réactivité hédonique et expressivité faciale chez l'enfant. *Enfance*, **1**, 65-83.
- Soussignan, R. & Schaal, B. (1996). Children's facial responsiveness to odors: influences of hedonic valence of odor, gender, age, and social presence. *Developmental Psychology*, **32**, 367-379.
- Soussignan, R., Schaal, B., Marlier, L. & Jiang, T. (1997). Facial and autonomic responses to biological and artificial olfactory stimuli in human neonates: re-examining early hedonic discrimination of odors. *Physiology and Behavior*, **62**, 745-758.
- Spangenberg, E. R., Crowley, A. E. & Henderson, P. W. (1996). Improving the store environment: Do olfactory cues affect evaluations and behaviors? *Journal of Marketing*, **60**, 67-80.
- Spence, C., McGlone, F. P., Kettenmann, B. & Kobal, G. (2001). Attention to olfaction. A psychophysical investigation. *Experimental Brain Research*, **138**, 432-437.
- Stein, M., Ottenberg, P. & Roulet, N. (1958). A study of the development of olfactory preferences. *Archives of Neurology and Psychiatry*, **80**, 264-266.
- Steiner, J. E. (1979). Human facial expressions in response to taste and smell stimulations. *Advances in Child Development*, **13**, 257-295.
- Stelmack, R. M. & Michaud-Achorn, A. (1985). Extraversion, attention, and habituation of the auditory evoked response. *Journal of Research in Personality*, **19**, 416-428.
- Stevens, D. A. & O'Connell, R. J. (1995). Enhanced sensitivity to androstenone following regular exposure to pemenone. *Chemical Senses*, **20**, 413-419.
- Stevens, J. C., Cain, W. S. & Burke, R. J. (1988). Variability of olfactory thresholds. *Chemical Senses*, **13**, 643-653.
- Stevenson, R. J. & Repacholi, B. M. (2003). Age-related changes in children's hedonic response to male body odor. *Developmental Psychology*, **39**, 670-679.
- Strauss, E. L. (1970). A study on olfactory acuity. *Annals of Otolaryngology and Laryngology*, **79**, 95-104.
- Stuck, B. A., Frey, S., Freiburg, C., Hörmann, K., Zahnert, T. & Hummel, T. (2006). Chemosensory event-related potentials in relation to side of stimulation, age, sex, and stimulus concentration. *Clinical Neurophysiology*, **117**, 1367-1375.
- Sugano, H. (1989). Effects of odors on mental function. *Chemical Senses*, **14**, 303.
- Sugano, H. (1992). Psychophysiological studies of fragrances. In Van Toller, S. & Dodd, G. H. (Eds.), *Fragrance: the psychology and biology of perfume* (pp. 221-229). Elsevier Applied Science, New York.
- Sugano, H. & Sato, N. (1991). Psychophysiological studies of fragrance. *Chemical Senses*, **16**, 183-184.
- Sullivan, R. M., Taborsky-Barba, S., Mendoza, R., Itano, A., Leon, M., Cotman, C. W., Payne, T. F. & Lott, I. (1991). Olfactory classical conditioning in neonates. *Pediatrics*, **87**, 511-518.

- Sullivan, R. M. & Toubas, P. (1998). Clinical usefulness of maternal odor in newborns: soothing and feeding preparatory responses. *Biology of the Neonate*, **74**, 402-408.
- Sullivan, S. A. & Birch, L. L. (1994). Infant dietary experience and acceptance of solid foods. *Pediatrics*, **93**, 271-277.
- Sumiyoshi, C., Sumiyoshi, T., Matsui, M., Nohara, S., Yamashita, I., Kurachi, M. & Niwa, S. (2004). Effect of orthography on the verbal fluency performance in schizophrenia: examination using Japanese patients. *Schizophrenia Research*, **69**, 15-22.
- Super, C. M. & Harkness, S. (1986). The developmental niche: a conceptualization at the interface of child and culture. *International Journal of Behavioral Development*, **9**, 545-569.
- Swallow, B. L., Lindow, S. W., Aye, M., Masson, E. A., Alasalvar, C., Quantick, P. & Hanna, J. (2005). Smell perception during early pregnancy: no evidence of an adaptive mechanism. *British Journal of Obstetrics and Gynaecology*, **112**, 57-62.

- Tanida, M., Tsuchiya, T., Uenoyama, S. & Nakayama, Y. (1989). Effects of odorant inhalation on the sleeping time induced by pentobarbital administration in mice. *Chemical Senses*, **14**, 304.
- Tateyama, T., Hummel, T., Roscher, S., Post, H. & Kobal, G. (1998). Relation of olfactory event-related potentials to changes in stimulus concentration. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, **108**, 449-455.
- Tennen, H., Affleck, G. & Mendola, R. (1991). Coping with smell and taste disorders. In Getchell, T. V. (Ed.), *Smell and taste in health and disease* (pp. 787-802). Raven Press, New York.
- Thatcher, R. W. (1992). Cyclical cortical reorganization during early childhood. *Brain and Cognition*, **20**, 24-50.
- Tiberghien, G. (2002). *Dictionnaire des sciences cognitives*. Armand Colin, Paris.
- Tirindelli, R., Mucignat-Caretta, C. & Ryba, N. J. (1998). Molecular aspects of pheromonal communication via the vomeronasal organ of mammals. *Trends in Neurosciences*, **21**, 482-486.
- Todd, W. A. (1979). Psychosocial problems as a major complication of an adolescent with trimethylaminuria. *Journal of Pediatrics*, **94**, 936-937.
- Todrank, J., Wysocki, C. J. & Beauchamp, G. K. (1991). The effects of adaptation on the perception of similar and dissimilar odors. *Chemical Senses*, **16**, 467-482.
- Ton Nu, C. (1996). *Préférences et néophobie alimentaires à l'adolescence*. Thèse de l'Ecole Nationale du Génie Rural, des Eaux et Forêts, Paris.
- Torii, S., Fukuda, H., Kanemoto, H., Miyachi, R., Hamazu, Y. & Kawasaki, M. (1988). Contingent negative variation and the psychological effects of odour. In Van Toller, S. & Dodd, G. H. (Eds.), *Perfumery* (pp. 107-120). Chapman & Hall, London.
- Toulouse, N. & Vaschide, S. (1999). Mesure de l'odorat chez les enfants. *Séances et Mémoires de la Société de Biologie*, **51**, 487-489.
- Tremblay, R. E., Vitaro, F., Bertrand, L., Leblanc, M., Beaulieu, H., Boileau, H. & David, L. (1992). Parent and child training to prevent early onset of delinquency: The Montreal Longitudinal-Experimental Study. In McCord, J. & Tremblay, R. E. (Eds.), *Preventing antisocial behavior: interventions from birth through adolescence* (pp. 117-138). Guilford Press, New York.
- Tulving, E. (1985). Memory and consciousness. *Canadian Psychology*, **26**, 1-12.

- Van Toller, S. (1999). Assessing the impact of anosmia: review of a questionnaire's findings. *Chemical Senses*, **24**, 705-712.
- Varendi, H., Christensson, K., Porter, R. H. & Winberg, J. (1998). Soothing effect of amniotic fluid smell in newborn infants. *Early Human Development*, **51**, 47-55.
- Varendi, H. & Porter, R. H. (2001). Breast odour as the only maternal stimulus elicits crawling towards the odour source. *Acta Paediatrica*, **90**, 372-375.
- Varga, E. K., Breslin, P. A. & Cowart, B. J. (2000). The impact of chemosensory dysfunction on quality of life. *Chemical Senses*, **25**, 654.
- Verron, H. & Gaultier, C. (1976). Processus olfactifs et structures relationnelles. *Psychologie Française*, **21**, 205-209.
- Vincent, S. (2001). Le jouet dans la construction des stéréotypes de sexe. In *Le jouet et ses usages sociaux* (pp. 117-143). La Dispute, Paris.
- von Uexküll, J. (1909). *Umwelt und Innenwelt der Tiere*. Springer, Berlin.
- Vurpillot, E. (1968). The development of scanning strategies and their relation to visual differentiation. *Journal of Experimental Child Psychology*, **6**, 632-650.
- Vygotsky, L. S. (1962). *Thought and language*. MIT Press, Cambridge, MA. (édition posthume).

- Wakefield, C. E., Homewood, J. & Taylor, A. J. (2004). Cognitive compensations for blindness in children: an investigation using odour naming. *Perception*, **33**, 429-442.
- Walk, H. A. & Johns, E. E. (1984). Interference and facilitation in short-term memory for odors. *Perception and Psychophysics*, **36**, 508-514.
- Walker, J. C. (2001). The performance of the human nose in odour measurement. *Water Science and Technology*, **44**, 1-7.
- Warm, J. S., Dember, W. N. & Parasuraman, R. (1990). Effects of fragrances on vigilance, performance and stress. *Perfumer and Flavorist*, **15**, 16-17.
- Wathelet, O. (2006a). *The building of human well-being as an olfactory quest*. Conférence Sensory perception: basic mechanisms and human diseases, Paris.
- Wathelet, O. (2006b). Everyday human olfaction: an ethnographic approach. *Chemical Senses*, **31**, E61.
- Wathelet, O. (2007). *Smells also are cognitive events*. Workshop Inside Knowledge: (Un)doing Methodologies, Imagining Alternatives, Amsterdam, Pays-Bas.
- Wedekind, C. & Furi, S. (1997). Body odour preferences in men and women: Do they aim for specific MHC combinations or simply heterozygosity? *Proceedings of the Royal Society of London, Biological sciences*, **22**, 1471-1479.
- Wedekind, C., Seebeck, T., Bettens, F. & Paepke, A. J. (1995). MHC-dependent mate preferences in humans. *Proceedings of the Royal Society of London, Biological sciences*, **22**, 245-249.
- Weiler, U., Furnols, M. F. I., Fischer, K., Kemmer, H., Oliver, M. A., Gispert, M., Dobrowolski, A. & Claus, R. (2000). Influence of differences in sensitivity of Spanish and German consumers to perceive androstenone on the acceptance of boar meat differing in skatole and androstenone concentrations. *Meat Science*, **54**, 297-304.
- Weir, K. & Duveen, G. (1981). Further development and validation of the prosocial behavior questionnaire for use by teachers. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, **22**, 357-374.
- Weisfeld, G. E., Czilli, T., Phillips, K. A., Gall, J. A. & Lichtman, C. M. (2003). Possible olfaction-based mechanisms in human kin recognition and inbreeding avoidance. *Journal of Experimental Child Psychology*, **85**, 279-295.
- Wilson, A. M. & Lewis, R. D. (2004). Disagreement of energy and macronutrient intakes estimated from a food frequency questionnaire and 3-day diet record in girls 4 to 9 years of age. *Journal of the American Diet Association*, **104**, 373-378.
- Winnicott, D. W. (1958). Transitional objects and transitional phenomena. In *Through pediatrics to psychoanalysis* (pp. 229-242). Basic Books, New York.
- Wrzesniewski, A., McCauley, C. & Rozin, P. (1999). Odor and affect: individual differences in the impact of odor on liking for places, things and people. *Chemical Senses*, **24**, 713-721.
- Wysocki, C. J., Dorries, K. M. & Beauchamp, G. K. (1989). Ability to perceive androstenone can be acquired by ostensibly anosmic people. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **86**, 7976-7978.
- Wysocki, C. J., Pierce, J. D. & Gilbert, A. N. (1991). Geographic, cross-cultural, and individual variation in human olfaction. In Getchell, T. V., Doty, R. L., Bartoshuk, L. M. & Snow, J. B. (Eds.), *Smell and taste in health and disease* (pp. 287-314). Raven Press, New York.
- Yee, K. K. & Wysocki, C. J. (2001). Odorant exposure increases olfactory sensitivity: olfactory epithelium is implicated. *Physiology and Behavior*, **72**, 705-711.
- Yeomans, M. R. (2006). Olfactory influences on appetite and satiety in humans. *Physiology and Behavior*, **87**, 800-804.
- Zazzo, R. (1969). *Manuel pour l'examen psychologique de l'enfant*. Delachaux et Niestlé, Neuchâtel.
- Zelazo, P. D. (2004). The development of conscious control in childhood. *Trends in Cognitive Sciences*, **8**, 12-17.
- Zwaardemaker, H. (1925). *L'Odorat*. Doin, Paris.

Annexes

- Annexe A.....** Version préliminaire en 30 items du questionnaire ECOLE (Etape 1a)
- Annexe B.....** Version préliminaire en 20 items du questionnaire ECOLE (Etape 1a)
- Annexe C.....** Version finale en 16 items du questionnaire ECOLE (Etape 1b)
- Annexe D** Analyses préliminaires : effets expérimentateur et heure de passation
(Etapes 1b, 2 et 4)
- Annexe E.....** Procédure d'égalisation de stimulations odorantes en intensité (Etape 2)
- Annexe F** Protocole de contre-balancement des stimulations (Etape 2)
- Annexe G.....** Grilles de réponses pour le test de barrage (Expérience 3 de l'Etape 2)
- Annexe H** Exemple de mesure de seuil de détection selon la méthode ascendante pour
le test des *Sniffin' Sticks* (Etape 4)
- Annexe I.....** Liste des odorants utilisés pour la discrimination olfactive du test des *Sniffin'*
Sticks (Etape 4)
- Annexe J.....** Planches d'images utilisées pour l'identification à choix forcé des 16
odorants du test des *Sniffin' Sticks* (Etape 4)
- Annexe K.....** Réponses d'identification libre aux 16 odorants du test des *Sniffin' Sticks*
(Etape 4)
- Annexe L.....** Distributions des performances olfactives au test des *Sniffin' Sticks* (Etape 4)
- Annexe M.....** Questionnaires destinés aux parents (Etapes 5 à 7)

Annexe A

Version préliminaire en 30 items du questionnaire ECOLE (Etape 1a)

Pour chaque item figurent le numéro de l’item, l’intitulé condensé, la catégorie d’odeur visée et l’intitulé détaillé. Les item en gras sont conservés dans la version finale, les items supprimés sont notés *, et les items transformés **.

[Items ne mentionnant pas les odeurs]

1. Nez.....*Général*Pour toi, à quoi ça sert le nez ?
2. Rhume**Général*Est-ce que ça t’embête d’avoir un gros rhume (pas du tout, un peu, énormément) ? Pourquoi ?
3. OreilFam***Social*Est-ce que ça t’embête de dormir sur l’oreiller de quelqu’un que tu connais bien (oui, non) ? Pourquoi ?
4. Boul**Alimentaire*.....Qu’est-ce qui te plaît quand tu rentres dans une boulangerie ?
5. OreilNonFam* *Social*Est-ce que tu serais d’accord pour dormir sur l’oreiller de quelqu’un que tu ne connais pas (oui, non) ? Pourquoi ?
6. **Detest*Alimentaire*Quel est l’aliment que tu détestes le plus ? Pourquoi le détestes-tu ?**
7. **Nouv*Alimentaire*À la maison, si on te donne à manger quelque chose que tu ne connais pas, qu’est-ce que tu fais ? Est-ce que tu sens l’aliment avant de le mettre dans ta bouche ?**

[Items de classement des modalités sensorielles]

8. Doudou**Social*Est-ce que tu as (avais) un doudou ? Qu’aimes (aimais) tu le plus dans ce doudou (classer : sa forme, son odeur, sa douceur) ?
9. Dormir*Environnement*Qu’est-ce qui t’empêcherait le plus de t’endormir (classer : bruit, mauvaise odeur, chaud) ?
10. **Natur*Environnement*.....Quand tu te promènes dans la nature (forêt, parc, jardin), qu’est-ce que tu préfères (classer : toucher les choses, sentir les odeurs, écouter les bruits) ?**

[Items mentionnant explicitement les odeurs]

11. Hier*Général*Est-ce que tu te souviens d’une odeur que tu as sentie hier (non, oui une, oui plusieurs -sauf odeur alimentaire) ?
12. Trist.....*Général*Est-ce qu’il y a une odeur que tu aimes bien sentir quand tu es triste (non, oui une, oui plusieurs) ?
13. Vie**Général*Est-ce que tu as déjà senti une odeur qui t’a rappelé un moment de ta vie (non ou je ne me souviens pas, oui) ? Quelle odeur, quel souvenir ?
14. **Prec*Général*Est-ce qu’il y a une chose que tu gardes précieusement parce que ça sent très bon (oui, non) ? Laquelle ?**
15. Rêve**Général*Est-ce que dans tes rêves il y a des odeurs (jamais ou je ne me souviens pas, des fois, souvent) ? Quelles odeurs, quels rêves ?

16. Deho *Environnement* Si tu ne pouvais plus sentir les odeurs quand tu vas dehors, est-ce que tu t'en ficherais, ça t'embêterait, ça t'arrangerait / un peu, énormément ?
17. Class *Environnement* Tes affaires de classe, est-ce que tu les sens jamais, des fois, souvent ? Lesquelles ?
18. Voit *Environnement* Dans les voitures, est-ce que ça sent quelque chose (jamais, des fois, souvent) ?
19. Pièce* *Environnement* Cite-moi les pièces où il y a une odeur (bonne ou mauvaise) chez toi. Cite-moi toutes les pièces qu'il y a chez toi (avec ou sans odeur).
20. Sdb *Environnement* Cite-moi les choses qui ont une odeur dans ta salle de bain.
21. Devin *Alimentaire* Quand tu sens une odeur de nourriture, est-ce que tu essayes de deviner ce que c'est (jamais, des fois, souvent) ?
22. MangFam* *Alimentaire* A la maison, est-ce que tu sens ce qu'on te donne à manger avant de le mettre dans ta bouche (jamais, des fois, souvent) ?
23. MangNonFam* .. *Alimentaire* Et chez les autres, est-ce que tu sens ce qu'on te donne à manger avant de le mettre dans ta bouche (jamais, des fois, souvent) ?
24. Cuisin *Alimentaire* Quand ta maman fait à manger, est-ce que tu vas sentir ce qu'elle est en train de préparer (jamais, des fois, souvent) ?
25. Fam *Social* Est-ce que ça t'embêterait si tu ne pouvais plus sentir l'odeur des gens de ta famille (pas du tout, un peu, énormément) ? Pourquoi ?
26. Gens *Social* Est-ce que tu trouves que les gens, sans parfum, ont une odeur naturelle (non, oui certaines personnes, oui tout le monde) ?
27. Habi *Social* Est-ce que tu sens tes habits avant de les mettre (jamais, des fois, souvent) ? Pourquoi ?
28. Corp *Social* Est-ce que tu cherches à sentir des endroits de ton corps (jamais, des fois, souvent) ? Par exemple, quels endroits ? Pourquoi ?
29. Chambre* *Social* Est-ce que l'odeur de ta chambre n'est plus la même après que quelqu'un soit venu te voir (jamais, des fois, souvent) ?
30. Mauvais**¹ *Social* Si quelqu'un qui sent mauvais vient se mettre à côté de toi à la cantine, est-ce que ça te dérange pour manger (pas du tout, un peu, énormément) ?

¹ Item reformulé avec l'odeur de tabac et intitulé par la suite 'cigar'

Annexe B

Version préliminaire en 20 items du questionnaire ECOLE (Etape 1a)

Pour chaque item figurent le numéro de l’item, l’intitulé condensé, la catégorie d’odeur visée et l’intitulé détaillé. Les item en gras sont conservés dans la version finale et les items supprimés sont notés *.

[Items ne mentionnant pas les odeurs]

1. Nez**Général* A quoi il te sert, ton nez ?
2. OreilFam**Social* Si tu mets la tête sur l'oreiller de tes parents, c'est comment par rapport à ton oreiller (pareil, différent) ? Qu'est-ce qui est pareil / différent ?
3. **Detest*Alimentaire* Est-ce qu'il y a des aliments ou des boissons que tu détestes (oui, non) ? Lesquels ? Qu'est-ce que tu n'aimes pas dans ces aliments/ ces boissons ?**
4. Cuisin**Alimentaire* Est-ce que tu aimes bien aller dans la cuisine quand ta maman (ou ton papa) prépare à manger (oui, non, ça t'est égal) ? Pourquoi ?
5. **Nouv*Alimentaire* Si tes parents te donnent à manger un plat que tu ne connais pas, est-ce que tu fais quelque chose avant de le mettre dans ta bouche (oui, non) ? Qu'est-ce que tu fais ? Cet aliment que tu ne connais pas, est-ce que tu as envie de le sentir avant de le mettre dans ta bouche (oui, non) ?**

[Items de classement des modalités sensorielles]

6. **Natur*Environnement* Quand tu te promènes dans la nature, qu'est-ce que tu préfères (classer : toucher, sentir, écouter, regarder) ?**
7. Dormir**Environnement* Qu'est-ce qui t'empêcherait le plus de t'endormir (classer : bruit, mauvaise odeur, draps qui grattent, lumière) ?

[Items mentionnant explicitement les odeurs]

8. **Hier*Général* Est-ce que tu te souviens d'odeurs que tu as senties hier (oui, non - à part des odeurs de nourriture) ? Quelles odeurs ?**
9. **Trist*Général* Est-ce qu'il y a des odeurs que tu aimes bien sentir quand tu es triste (oui, non) ? Quelles odeurs ?**
10. **Prec*Général* Est-ce qu'il y a des choses que tu gardes précieusement, juste parce qu'elles sentent très bon (oui, non) ? Quelles choses ?**
11. **Deho*Environnement* Qu'est-ce que ça te ferait si tu ne pouvais plus sentir aucune odeur quand tu vas dehors (ni les bonnes, ni les mauvaises odeurs) (ça te serait égal, ça t'embêterait, ça t'arrangerait / un peu, beaucoup) ?**
12. **Class*Environnement* Est-ce qu'il t'arrive de sentir tes affaires de classe (jamais, des fois, souvent) ? Quelles affaires de classe ?**

13. Voit.....	<i>Environnement</i>	Dans la voiture de tes parents, est-ce que ça sent : quelque chose, rien ? Cette odeur, tu l'adores, tu l'aimes bien, elle ne te fait rien, tu ne l'aimes pas, elle te rend malade ?
14. Sdb.....	<i>Environnement</i>	Peux-tu me citer des objets qu'il y a dans ta salle de bain ? Pour chaque objet, dis-moi s'il a une odeur.
15. Gens.....	<i>Social</i>	Est-ce que tu trouves que les gens ont une odeur, même quand ils ne mettent pas de parfum ou de déodorant (non, oui certaines personnes, oui tout le monde) ?
16. Fam.....	<i>Social</i>	Et tes parents / tes frères et sœurs, est-ce qu'ils ont une odeur, même quand ils ne mettent pas de parfum ou de déodorant (oui, non) ? Qu'est-ce que ça te ferait si tu ne pouvais plus sentir leur odeur (ça te serait égal, ça t'embêterait, ça t'arrangerait / un peu, beaucoup) ? Pourquoi ?
17. Habi.....	<i>Social</i>	Est-ce qu'il t'arrive de sentir tes habits (jamais, des fois, souvent) ? Pourquoi ?
18. Corp	<i>Social</i>	Est-ce qu'il t'arrive de sentir des endroits de ton corps (jamais, des fois, souvent) ? Par exemple, quels endroits ? Pourquoi ?
19. Cigar.....	<i>Environnement</i>	Si quelqu'un qui sent fort la cigarette vient s'asseoir à côté de toi à table, est-ce que ça te dérange pour manger (pas du tout, un peu, beaucoup) ?
20. Devin	<i>Alimentaire</i>	Quand tu sens une odeur de nourriture, est-ce que tu t'amuses à deviner ce que c'est (jamais, des fois, souvent) ?

[Questions supplémentaires sur l'objet d'attachement]

1. Est-ce que tu as (avais) un doudou ? Qu'est-ce que c'est (était) ? Qu'est-ce que ça te fait (faisait) quand ta maman le lave (lavait) : tu aimes (aimais) bien, tu n'aimes (n'aimais) pas, ça t'est (t'était) égal ? Pourquoi ?
2. Quand tu as (avais) ton doudou dans les mains, qu'est-ce que tu aimes (aimais) bien faire avec ?
3. Qu'est-ce que tu préfères (préfèrais) faire avec ton doudou (classer : le regarder, le sentir, le toucher, l'entendre) ?

Annexe C

Version finale en 16 items du questionnaire ECOLE (Etape 1b)

Pour chaque item figurent le numéro de l’item, l’intitulé condensé, la catégorie d’odeur visée et l’intitulé détaillé. La procédure de codage des items en 3 points est détaillée dans la zone grisée.

[Items ne mentionnant pas les odeurs]

1. Detest.....*Alimentaire* Est-ce qu'il y a des aliments ou des boissons que tu détestes (*oui, non*) ?
Lesquels (*réponse libre jusqu'à 6 aliments*) ? Qu'est-ce que tu n'aimes pas dans ces aliments / ces boissons (*réponse libre pour chaque aliment*) ?

Codage : > 2/3 des aliments cités sont détestés à cause de l'odeur / du goût (1pt), 1/3 à 2/3 (0.5pt), < 1/3 (0pt)

2. Nouv.....*Alimentaire* Si tes parents te donnent à manger un plat que tu ne connais pas, est-ce que tu fais quelque chose avant de le mettre dans ta bouche (*oui, non*) ?
Qu'est-ce que tu fais (*réponse libre*) ? Cet aliment que tu ne connais pas, est-ce que tu as envie de le sentir avant de le mettre dans ta bouche (*oui, non*) ?

Codage : l'enfant dit spontanément sentir l'aliment (1pt), il dit le sentir seulement quand on lui pose la question (0.5pt), il dit ne pas le sentir (0pt)

[Item de classement des modalités sensorielles]

3. Natur.....*Environnement*... Quand tu te promènes dans la nature, qu'est-ce que tu préfères
(ordonner de 1 à 4 : *toucher, sentir, écouter, regarder*) ?

Codage : 'sentir' est classé en 1^{er} ou 2nd (1pt), en 3^{ème} (0.5pt), en 4^{ème} (0pt)

[Items mentionnant explicitement les odeurs]

4. Hier.....*Général* Est-ce que tu te souviens d'odeurs que tu as senties hier (*oui, non*) ?
Quelles odeurs (*réponse libre – à part des odeurs de nourriture*) ?

Codage : ≥ 2 odeurs sont citées (1pt), 1 odeur (0.5pt), aucune odeur (0pt)

5. Trist.....*Général* Est-ce qu'il y a des odeurs que tu aimes bien sentir quand tu es triste
(*oui, non*) ? Quelles odeurs (*réponse libre*) ?

Codage : ≥ 2 odeurs sont citées (1pt), 1 odeur (0.5pt), aucune odeur (0pt)

6. Prec.....*Général* Est-ce qu'il y a des choses que tu gardes précieusement, juste parce
qu'elles sentent très bon (*oui, non*) ? Quelles choses (*réponse libre*) ?

Codage : ≥ 2 odeurs sont citées (1pt), 1 odeur (0.5pt), aucune odeur (0pt)

7. Deho.....*Environnement*... Imagine que dehors, il n'y ait plus aucune odeur / que ça ne sente plus rien.
Qu'est-ce que ça te ferait (*ça te serait égal, ça t'embêterait, ça t'arrangerait / un peu, beaucoup*) ?

Codage : beaucoup (1pt), un peu (0.5pt), ça lui est égal (0pt)

8. Class.....	Environnement ...	Est-ce qu'il t'arrive de sentir tes affaires de classe (<i>jamais, des fois, souvent</i>) ? Quelles affaires de classe (<i>réponse libre</i>) ?
Codage : souvent (1pt), des fois (0.5pt), jamais (0pt)		
9. Voit	Environnement ...	Dans la voiture de tes parents, est-ce que <i>ça ne sent rien / ça sent quelque chose</i> ? Cette odeur, qu'est-ce qu'elle te fait (<i>tu l'adores, tu l'aimes bien, elle ne te fait rien, tu ne l'aimes pas, elle te rend malade</i>) ?
Codage : adore / malade (1pt), aime bien / n'aime pas (0.5pt), fait rien (0pt)		
10. Sdb	Environnement ...	Peux-tu me citer des objets qu'il y a dans ta salle de bain (<i>réponse libre jusqu'à 8 objets</i>) ? Dis-moi si ces objets ont une odeur (<i>oui, non – pour chaque objet</i>).
Codage : > 2/3 des objets considérés comme odorants (1pt), 1/3 à 2/3 (0.5pt), < 1/3 (0pt)		
11. Fam	Social	Est-ce que tu trouves que tes parents / tes frères et sœurs ont une odeur (bonne ou mauvaise) (<i>oui, non</i>) ? Imagine qu'il n'ont plus aucune odeur, qu'ils ne sentent plus rien. Qu'est-ce que ça te ferait (<i>ça te serait égal, ça t'embêterait, ça t'arrangerait / un peu, beaucoup</i>) ? Pourquoi (<i>réponse libre</i>) ?
Codage : beaucoup (1pt), un peu (0.5pt), ça lui est égal (0pt)		
12. Gens	Social	Est-ce que tu trouves que les gens ont une odeur, même quand ils ne mettent pas de parfum ou de déodorant (<i>non, oui certaines personnes, oui tout le monde</i>) ?
Codage : tout le monde (1pt), certaines personnes (0.5pt), non (0pt)		
13. Habi.....	Social	Est-ce qu'il t'arrive de sentir tes habits (<i>jamais, des fois, souvent</i>) ? Pourquoi (<i>réponse libre</i>) ?
Codage : souvent (1pt), des fois (0.5pt), jamais (0pt)		
14. Corp	Social	Est-ce qu'il t'arrive de sentir des endroits de ton corps (<i>jamais, des fois, souvent</i>) ? Par exemple, quels endroits (<i>réponse libre</i>) ? Pourquoi (<i>réponse libre</i>) ?
Codage : souvent (1pt), des fois (0.5pt), jamais (0pt)		
15. Cigar	Environnement ...	Imagine que quelqu'un fume à côté de toi. Qu'est-ce que ça te fait, l'odeur de sa cigarette (<i>tu adores, tu aimes bien, ça ne te fait rien, tu n'aimes pas, tu détestes</i>) ?
Codage : adore / déteste (1pt), aime bien / n'aime pas (0.5pt), fait rien (0pt)		
16. Devin.....	Alimentaire.....	Quand tu sens une odeur de nourriture, est-ce que tu t'amuses à deviner ce que c'est (<i>jamais, des fois, souvent</i>) ?
Codage : souvent (1pt), des fois (0.5pt), jamais (0pt)		

[Questions supplémentaires sur l'objet d'attachement]

1. Est-ce que tu as (avais) un doudou ? Qu'est-ce que c'est (était) ? Qu'est-ce que ça te fait (faisait) quand ta maman le lave (lavait) : tu aimes (aimais) bien, tu n'aimes (n'aimais) pas, ça t'est (t'était) égal ? Pourquoi ?
2. Quand tu as (avais) ton doudou dans les mains, qu'est-ce que tu aimes (aimais) bien faire avec ?

Annexe D

Analyses préliminaires : effets expérimentateur et heure de passation (Etapas 1b, 2 et 4)

• Effet Expérimentateur

(deux expérimentateurs pour les Etapes 1b et 2, trois pour la sensibilité et quatre pour les autres tests de l'Etape 4).

Test	Variable	Effet	Statistique	Sens de l'effet
ETAPE 1b	Score total ECOLE	Oui	$t_{213} = 2.41, p < .05$	E1 ¹ (6.1) / E2 ¹ (6.9)
ETAPE 2				
<u>Expérience 1</u>	Score de rappel	Non	$t_{176} = .56, p = .578$	-
	Score d'utilisation des odeurs	Non	$t_{176} = 1.16, p = .249$	-
	'Conscience' des odeurs	Non	$\chi^2 = 1.36, p = .243$	-
<u>Expérience 2</u>	Score de variation hédonique :			
	- Lapin/Od+ ²	Non	$t_{176} = 1.50, p = .134$	-
	- Lapin /Od- ²	Non	$t_{176} = .14, p = .889$	-
	- Ours/Od+	Non	$t_{176} = .33, p = .740$	-
	- Ours /Od-	Oui	$t_{176} = 1.71, p = .089$	E1 (-.96) / E2 (-.58)
	'Conscience' des odeurs	Non	$\chi^2 = 0.02, p = .898$	-
<u>Expérience 3</u>	Score de variation de performance :			
	- Réponses correctes/Od+	Non	$t_{176} = .37, p = .715$	-
	- Réponses correctes/Od-	Non	$t_{176} = .04, p = .970$	-
	- Vitesse/Od+	Non	$t_{176} = .93, p = .356$	-
	- Vitesse/Od-	Non	$t_{176} = .29, p = .771$	-
	- Inexactitudes/Od+	Non	$t_{176} = .42, p = .673$	-
	- Inexactitudes /Od-	Non	$t_{176} = .99, p = .326$	-
	'Conscience' des odeurs	Non	$\chi^2 = .54, p = .462$	-
ETAPE 4	Sensibilité	Non	$F_{2,64} = 1.83, p = .169$	-
	Discrimination	Non	$F_{3,63} = .17, p = .916$	-
	Identification libre	Non	$F_{3,63} = .06, p = .981$	-
	Identification indicée	Non	$F_{3,63} = .57, p = .636$	-

¹ E1 : C. Marinot ; E2 : C. Ferdenzi

² Od+ : odeur agréable ; Od- : odeur désagréable

• **Effet Heure de passation**

(modalités : 9, 10, 11, 14, 15 et 16 h pour les Etapes 1b et 2 ; 9 et 10 h 30 pour la sensibilité et 9, 10 h 30, 14 et 15 h 30 pour les autres tests de l'Etape 4).

Test	Variable	Effet	Statistique	Sens de l'effet
ETAPE 1b	Score total ECOLE	Non	$F_{5,209} = .85, p = .515$	-
ETAPE 2				
<u>Expérience 1</u>	Score de rappel	Non	$F_{5,172} = 1.71, p = .135$	-
	Score d'utilisation des odeurs	Non	$F_{5,172} = 1.27, p = .278$	-
	'Conscience' des odeurs	Non	$\chi^2 = 3.86, p > .10$	-
<u>Expérience 2</u>	Score de variation hédonique :			
	- Lapin/Od+	Non	$F_{5,172} = .86, p = .509$	-
	- Lapin /Od-	Non	$F_{5,172} = 1.46, p = .207$	-
	- Ours/Od+	Non	$F_{5,172} = .39, p = .854$	-
	- Ours /Od-	Non	$F_{5,172} = 1.23, p = .297$	-
	'Conscience' des odeurs	Non	$\chi^2 = 4.93, p > .10$	-
<u>Expérience 3</u>	Score de variation de performance :			
	- Réponses correctes/Od+	Non	$F_{5,172} = 1.03, p = .401$	-
	- Réponses correctes/Od-	Non	$F_{5,172} = .64, p = .672$	-
	- Vitesse/Od+	Non	$F_{5,172} = .80, p = .553$	-
	- Vitesse/Od-	Non	$F_{5,172} = .31, p = .909$	-
	- Inexactitudes/Od+	Non	$F_{5,172} = .94, p = .456$	-
	- Inexactitudes /Od-	Non	$F_{5,172} = .76, p = .578$	-
	'Conscience' des odeurs	Oui	$\chi^2 = 9.28, p < .10$	+ de 'non conscients' à 9 et 15h, et + de 'conscients' à 16h
ETAPE 4				
	Sensibilité	Non	$F_{1,65} = 1.22, p = .274$	-
	Discrimination	Non	$F_{3,63} = 1.51, p = .222$	-
	Identification libre	Non	$F_{3,63} = .78, p = .511$	-
	Identification indicée	Non	$F_{3,63} = 1.38, p = .257$	-

Annexe E

Procédure d'égalisation de stimulations odorantes en intensité (Etape 2)

➤ Pour les trois expériences de présentation implicite d'odeurs de l'Etape 2, les odeurs ont été égalisées en intensité perçue par 6 à 10 personnes selon les étapes (plusieurs étapes avec différents niveaux de dilutions ont été nécessaires avant d'arriver à une égalisation satisfaisante).

➤ Les odeurs ont été égalisées deux à deux. Il s'agissait des paires d'odeurs correspondant aux paires de jouets dans la tâche de mémoire associative (Expérience 1) et des paires d'odeurs agréable/désagréable utilisées dans les tâches de notation hédonique (Expérience 2) et de barrage (Expérience 3). L'égalisation inter-paires n'a pas été effectuée par le panel, mais les écarts d'intensité entre les paires ont été minimisés autant que possible par l'expérimentatrice.

➤ Etape 1. Une gamme de dilutions a été constituée a priori pour chaque paire d'odeurs. Puis l'expérimentatrice a apparié par flairage deux concentrations (une par odeur) qui lui paraissaient proches en intensité perçue et d'intensité convenable pour le test.

➤ Etape 2. Les deux concentrations sélectionnées ont ensuite été flairées par un certain nombre de personnes qui devaient indiquer quel flacon dégageait l'odeur la plus forte. Un temps de pause était respecté entre les personnes pour permettre un rééquilibrage de l'odeur entre la partie liquide et la partie gazeuse du flacon.

➤ Etape 3. Si les avis étaient très partagés (exemple : 5 personnes ayant désigné l'un des flacons et 4 ayant désigné l'autre), les deux concentrations étaient considérées comme perceptivement iso-intenses. Si en revanche une majorité de personnes (exemple : 6 contre 3) désignait l'un des deux flacons, une nouvelle dilution d'un des odorants devait être effectuée pour réaliser une nouvelle égalisation d'intensité, suivant la même procédure.

Les différents juges ont fait part de leur difficulté à comparer les intensités des paires d'odeurs plaisante/déplaisante. En effet, l'odeur désagréable paraissait souvent plus intense que l'odeur agréable, du fait de sa valence négative.

Annexe F

Protocole de contre-balancement des stimulations (Etape 2)

Sujet	Association objet-odeur	Expérience 1						Expérience 2		Expérience 3
		Ordre inter-paires				Ordre intra-paire		Ordre des objets	Ordre des conditions odorantes	Ordre des conditions odorantes
1	Asso 1	1	2	3	4	5	6	appr 1	rappel 1	ours - lapin
2	Asso 2	6	1	2	3	4	5	appr 1	rappel 1	lapin - ours
3	Asso 1	5	6	1	2	3	4	appr 1	rappel 2	ours - lapin
4	Asso 2	4	5	6	1	2	3	appr 1	rappel 2	lapin - ours
5	Asso 1	3	4	5	6	1	2	appr 2	rappel 1	ours - lapin
6	Asso 2	2	3	4	5	6	1	appr 2	rappel 1	lapin - ours
7	Asso 1	1	2	3	4	5	6	appr 2	rappel 2	ours - lapin
8	Asso 2	6	1	2	3	4	5	appr 2	rappel 2	lapin - ours
9	Asso 1	5	6	1	2	3	4	appr 1	rappel 1	lapin - ours
10	Asso 2	4	5	6	1	2	3	appr 1	rappel 1	ours - lapin
11	Asso 1	3	4	5	6	1	2	appr 1	rappel 2	lapin - ours
12	Asso 2	2	3	4	5	6	1	appr 1	rappel 2	ours - lapin
13	Asso 1	1	2	3	4	5	6	appr 2	rappel 1	lapin - ours
14	Asso 2	6	1	2	3	4	5	appr 2	rappel 1	ours - lapin
15	Asso 1	5	6	1	2	3	4	appr 2	rappel 2	lapin - ours
16	Asso 2	4	5	6	1	2	3	appr 2	rappel 2	ours - lapin
17	Asso 1	3	4	5	6	1	2	appr 1	rappel 1	ours - lapin
18	Asso 2	2	3	4	5	6	1	appr 1	rappel 1	lapin - ours
19	Asso 1	1	2	3	4	5	6	appr 1	rappel 2	ours - lapin
20	Asso 2	6	1	2	3	4	5	appr 1	rappel 2	lapin - ours
21	Asso 1	5	6	1	2	3	4	appr 2	rappel 1	ours - lapin
22	Asso 2	4	5	6	1	2	3	appr 2	rappel 1	lapin - ours
23	Asso 1	3	4	5	6	1	2	appr 2	rappel 2	ours - lapin
24	Asso 2	2	3	4	5	6	1	appr 2	rappel 2	lapin - ours
25	Asso 1	1	2	3	4	5	6	appr 1	rappel 1	lapin - ours
26	Asso 2	6	1	2	3	4	5	appr 1	rappel 1	ours - lapin
27	Asso 1	5	6	1	2	3	4	appr 1	rappel 2	lapin - ours
28	Asso 2	4	5	6	1	2	3	appr 1	rappel 2	ours - lapin
29	Asso 1	3	4	5	6	1	2	appr 2	rappel 1	lapin - ours
30	Asso 2	2	3	4	5	6	1	appr 2	rappel 1	ours - lapin
31	Asso 1	1	2	3	4	5	6	appr 2	rappel 2	lapin - ours
32	Asso 2	6	1	2	3	4	5	appr 2	rappel 2	ours - lapin
33	Asso 1	5	6	1	2	3	4	appr 1	rappel 1	ours - lapin
34	Asso 2	4	5	6	1	2	3	appr 1	rappel 1	lapin - ours
35	Asso 1	3	4	5	6	1	2	appr 1	rappel 2	ours - lapin
36	Asso 2	2	3	4	5	6	1	appr 1	rappel 2	lapin - ours
37	Asso 1	1	2	3	4	5	6	appr 2	rappel 1	ours - lapin
38	Asso 2	6	1	2	3	4	5	appr 2	rappel 1	lapin - ours
39	Asso 1	5	6	1	2	3	4	appr 2	rappel 2	ours - lapin
40	Asso 2	4	5	6	1	2	3	appr 2	rappel 2	lapin - ours
41	Asso 1	3	4	5	6	1	2	appr 1	rappel 1	lapin - ours
42	Asso 2	2	3	4	5	6	1	appr 1	rappel 1	ours - lapin
43	Asso 1	1	2	3	4	5	6	appr 1	rappel 2	lapin - ours
44	Asso 2	6	1	2	3	4	5	appr 1	rappel 2	ours - lapin
45	Asso 1	5	6	1	2	3	4	appr 2	rappel 1	lapin - ours
46	Asso 2	4	5	6	1	2	3	appr 2	rappel 1	ours - lapin
47	Asso 1	3	4	5	6	1	2	appr 2	rappel 2	lapin - ours
48	Asso 2	2	3	4	5	6	1	appr 2	rappel 2	ours - lapin

Expérience 1		
Associations objets-odeurs		
Paire	Asso 1	Asso 2
1	cochon-nectarine / vache-eucalyptus	cochon-eucalyptus / vache-nectarine
2	tortue-lavande / oie-framboise	tortue-framboise / oie-lavande
3	hibou-ananas / grenouille-pin	hibou-pin / grenouille-ananas
4	perroquet-anis / chèvre-pomme	perroquet-pomme / chèvre-anis
5	chat-cannelle / singe-pamplemousse	chat-pamplemousse / singe-cannelle
6	panda-muguet / tigre-mangue	panda-mangue / tigre-muguet

Ordre de présentation des objets dans la séance d'apprentissage		
Paire	Appr 1	Appr 2
1	cochon - vache	vache - cochon
2	tortue - oie	oie - tortue
3	hibou - grenouille	grenouille - hibou
4	perroquet - chèvre	chèvre - perroquet
5	chat - singe	singe - chat
6	panda - tigre	tigre - panda

Objet présenté dans la séance de rappel		
Paire	Rappel 1	Rappel 2
1	Vache	Cochon
2	Tortue	Oie
3	Hibou	Grenouille
4	Chèvre	Perroquet
5	Singe	Chat
6	Panda	Tigre

Expérience 2
Condition odorante
T : témoin (sans odeur)
P : odeur plaisante (fraise)
D : odeur déplaisante (acide isovalérique)

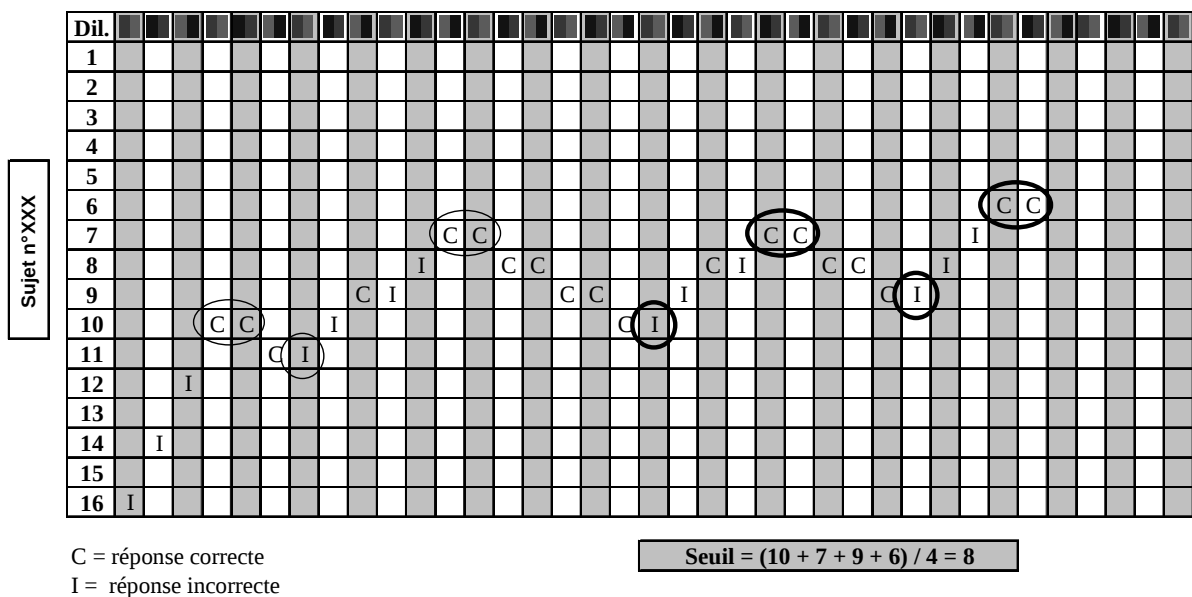
Expérience 3
Condition odorante
T : témoin (sans odeur)
P : odeur plaisante (alcool phényl-éthylrique)
D : odeur déplaisante (acide butyrique)

⇒ Cette liste de contre-balancements est appliquée pour chaque groupe d'enfants caractérisé par le niveau scolaire et le genre.

Annexe H

Exemple de mesure de seuil de détection selon la méthode ascendante pour le test des *Sniffin' Sticks* (Etape 4)

En ligne figurent les dilutions 1 à 16 du test de seuil des *Sniffin' Sticks*, 1 correspondant à la plus forte concentration et 16 à la plus faible. Le seuil est égal à la moyenne des quatre derniers points d'inflexion.



Annexe I

Liste des odorants utilisés pour la discrimination olfactive du test des *Sniffin' Sticks* (Etape 4)

Le tableau suivant rassemble les molécules odorantes apparaissant dans les 16 triplets du test de discrimination des *Sniffin' Sticks* (Hummel et al., 1997). L'odeur dégagée par chaque molécule est indiquée entre parenthèses.

Triplet	Odorant cible	Odorant non cible
1	Octylacétate (ciré, boisé)	Aldéhyde cinnamique (cannelle)
2	n-Butanol (alcool, chimique)	2-phényl-éthanol (rose)
3	Isoamylacétate (banane)	Anéthole (anis)
4	Anéthole (anis)	Eugénol (clou de girofle)
5	Géraniol (citronné) *	Octylacétate (ciré, boisé) *
6	2-phényl-éthanol (rose) *	Isoamylacétate (banane)
7	(+)-Limonène (citronné)	(+)-Fenchone (camphré)
8	(-)-Carvone (menthe)	(+)-Carvone (menthe)
9	(-)-Limonène (citronné)	Citronellal (citronnelle)
10	2-phényl-éthanol (rose) *	(+)-Menthol
11	(+) Carvone (menthe)	Géraniol (citronné) *
12	n-Butanol (alcool, chimique)	Fenchone (camphré)
13	Citronellal (citronnelle)	Linalool (citronné, floral)
14	Pyridine (poisson)	(-)-Limonène (citronné)
15	Eugénol (clou de girofle)	Aldéhyde cinnamique (cannelle)
16	Eucalyptol (eucalyptus)	Alpha-ionone (violettes) *

* Information du fabricant (Burghart GmbH, Wedel, Allemagne) : molécules différentes de celles initialement utilisées par Hummel et al. (1997).

Annexe J

Planches d'images utilisées pour l'identification à choix forcé des 16 odorants du test des *Sniffin' Sticks* (Etape 4) [créées spécialement pour les besoins de l'étude]

 CIGARETTE  CAFE  VIN  FUMEE	 CLOU DE GIROFLE  POIVRE  CANNELLE  MOUTARDE	 CAMOMILLE  FRAMBOISE  ROSE  CERISE	 PAIN  POISSON  FROMAGE  JAMBON
 OIGNON  CHOUCRROUTE  AIL  CAROTTE	 MELON  PECHE  ORANGE  POMME	 POIRE  PRUNE  PECHE  ANANAS	 ANIS  RHUM  MIEL  SAPIN
 COLLE  HERBE  FUMEE  CUIR	 MENTHE  CIBOULETTE  SAPIN  OIGNON	 POMME  PECHE  CITRON  PAMPLEMOUSSE	 GOMME  MOUTARDE  MENTHE  TERBENTHINE
 ORANGE  MURE  FRAISE  ANANAS	 MIEL  VANILLE  CHOCOLAT  CANNELLE	 NOIX DE COCO  BANANE  NOIX  CERISE	 REGLISSE  CERISE  MENTHE  BISCUIT

Annexe K

Réponses d'identification libre aux 16 odorants du test des *Sniffin' Sticks* (Etape 4)

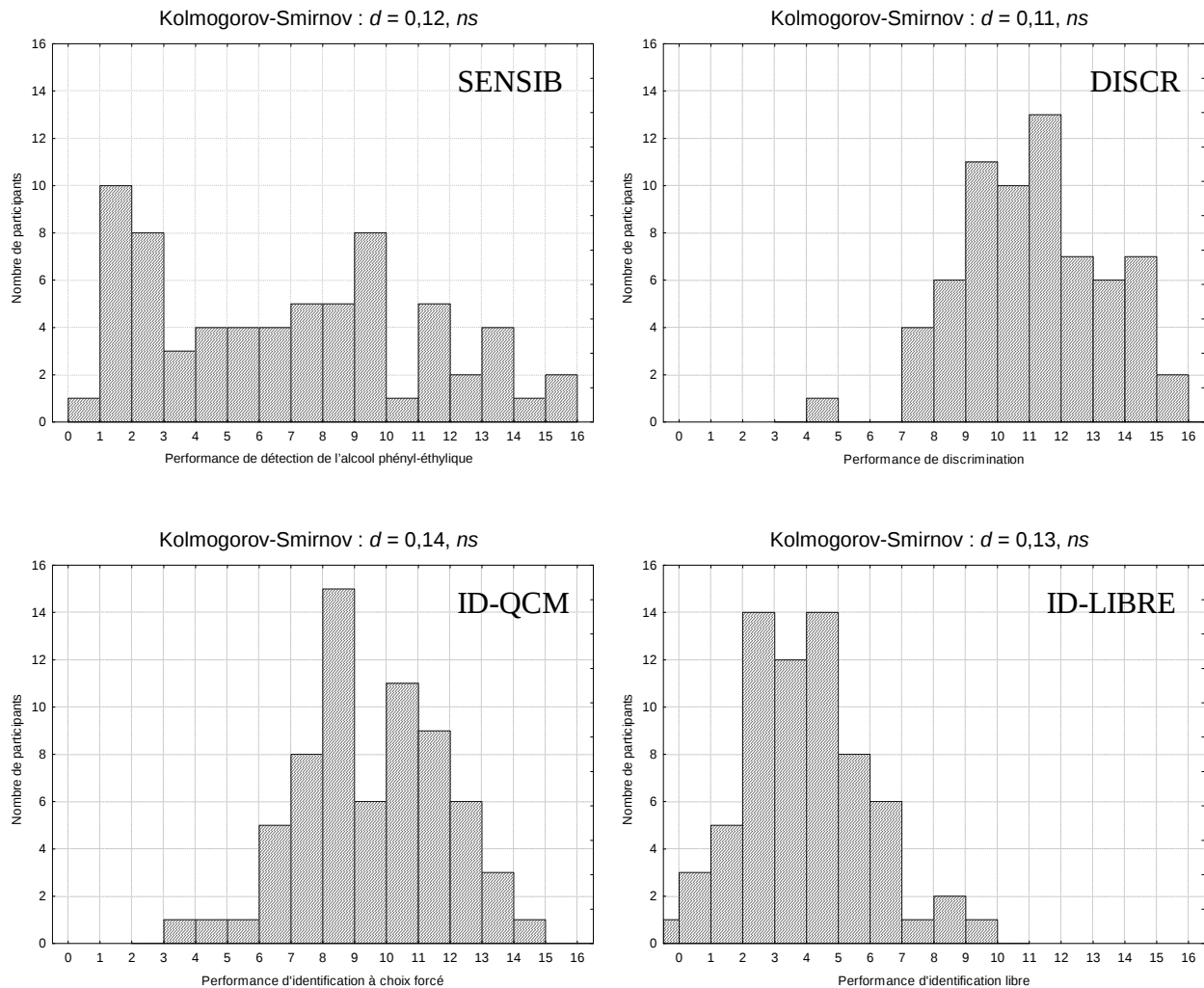
		01-Orange	02-Cuir	03-Cannelle	04-Menthe	05-Banane	06-Citron	07-Régisse	08-Térébenthine
	correcte (1 pt)	orange jus d'orange bonbon à l'orange orange confite		cannelle	menthe menthe forte bonbon à la menthe chewing-gum à la menthe pastilles Vichy à la menthe dentifrice à la menthe	banane	citron bonbon au citron carambar au citron sucette au citron sirop au citron	régisse	
	presque correcte (0,5 pt)	clémentine pamplemousse citron carambar au citron sucette au citron bonbon au citron	chevaux	pain d'épice	dentifrice	bonbons Aylequin	clémentine pamplemousse limonade orange	anis bonbon noir enroulé pilule blanche pastis ricard	arbre bois feuille d'arbre peinture produit pour faire briller les meubles quelque chose qu'il y a sur le bois résine
	incorrecte (0 pt)	banane bonbon bonbon à la fraise bonbon à la menthe chewing-gum à la fraise coca fraise feuille fruit acide glace à la vanille kiwi médicament pain d'épices sirop de pêche vanille	ananas anis beaume à lèvres biscuit bonbon à la fraise cassis chez le médecin coca courgettes feuille fleur fraise herbe menthe parfum plante poulet poussière régisse sandwich vanille	alcool pour les blessures ananas bonbon bonbons au coca coca colle crème pour soulager la peau doudou de ma petite sœur eau sale effaceur (côté blanc) fleur fumée gel douche herbe lingette menthe muguet orange plastique savon au tilleul	ananas caramel cassis chewing-gum à la vanille citron médicament orange régisse	avocat ananas bonbon à la pomme citron clémentine fraise fruit kiwi légume pêche poire pomme sapin vanille yaourt à la vanille	bonbon bonbon aux fruits bonbon à la menthe fleur framboise parfum pêche ou abricot vanille	baume à lèvres bonbon à la menthe cannelle chocolat ciboulette menthe menthe bleue mûre noix de coco nougat orange pastille de Vichy sapin vanille	abricot canembert ciboulette cuir désinfectant eau de javel fleur herbe légume médicament menthe produit pour déboucher le nez mentholylène noisette petits pois plante plastique pomme quelque chose d'acide régisse sac à main salade terre

	09-Ail	10-Café	11-Pomme	12-Clou de girofle	13-Ananas	14-Rose	15-Anis	16-Poisson
Réponses	ail	café religieuse au café	pomme shampooing à la pomme	clou de girofle	ananas	rose	anis	poisson
	oignon échalotte	cacao chocolat chocolat noir gâteau au chocolat		anis cannelle chez le dentiste	mangue		bonbon noir enroulé pastis régisse	bâtonnets de crabe crabe crevette escargots de mer fruit de mer moules
Incorrecte (0 pt)	boeuf	bâton de réglisse	ananas	biscuit	banane	abricot	ananas	camembert
	carotte	caramel	assoupissant	cacao	café	ananas	bonbon	ce qu'on met dans la salade
	cuisine	charbon	banane	café	cerise	banane	cannelle	champignons
	chou-fleur	choucroute	borbon	chocolat	citron	citron	menthe	chez le vétérinaire
	ciboulette	gâteau	carotte	choucroute	fraise	clémentine	mûre	choucroute
	cramé	menthe	citron	cigarette	fruit	crème	sirop (médicament)	courgette
	croûton	moutarde	eau de javel	feutre	mandarine	eau de javel	sirop (médicament)	épinards
	épinards	vanille	fruit	fumée	médicament	fleur	vanille	fromage
	escargots cuisinés		fruit rouge	médicament	melon	hôpital	vin	fumée
	fromage		fumée	menthe	menthe	lessive		haricots verts
	fumée		jus de fruit multivitaminé	menthe forte	mousse (à manger)	levure		lait périmé
	gaz		mangue	pain de mie	mûre	liquide vaisselle		moutarde
	haricots		orange	pomme	orange	médicament		pâte
	jambon cuit		pamplemousse	poulet	pamplemousse	menthe		purée
	moutarde		parfum	produit chimique	pêche	miel		soupe
	pamplemousse		produit de douche	rose	poire	moutarde		vomi
	pêche		rose	sauce	pomme	muguet		
	persil		savon	sirop de mangue	produit à l'orange	orange		
	piment		savon au citron	térébenthine	rose	pamplemousse		
	poisson pané		shampooing	vin blanc	savon	parfum		
poivre		shampooing à la pêche		vanille	parfum à la vanille			
poulet		shampooing à la vanille			pomme			
quand on rote		vanille			produit pour laver			
moutarde					savon			
rosbeef					savon de Marseille			
salade					shampooing			
sauce pour les escargots					shampooing au tilleul			
sauce vinaigrette					shampooing de maman			
saucisson					térébenthine			
stylo bille					vanille			
viande								

Annexe L

Distributions des performances olfactives au test des *Sniffin' Sticks* (Etape 4)

Les graphiques suivants représentent les distributions des performances olfactives de détection de l'alcool phényl-éthylque (SENSIB), de discrimination (DISCR), d'identification à choix forcé (ID-QCM) et d'identification libre (ID-LIBRE) dans l'échantillon étudié ($n = 67$ enfants choisis pour leurs comportements très et très peu olfactifs). Lorsque la probabilité issue du test de Kolmogorov-Smirnov n'est pas significative, la distribution peut être considérée comme normale.



Annexe M

Questionnaires destinés aux parents (Etapas 5 à 7)

La plupart des items des questionnaires suivants sont notés sur une échelle de 1 à 5 (les autres modes de réponse sont indiqués entre crochets) :

1 :	Jamais	ou	Pas du tout vrai
2 :	Rarement	ou	Plutôt pas vrai
3 :	Parfois	ou	Moyennement vrai
4 :	Assez souvent	ou	Assez vrai
5 :	Très souvent	ou	Très vrai

Les items auxquels est attribué un codage inversé sont identifiés par le sigle (-).

Questionnaire n°1 : Néophobie alimentaire (d'après Nicklaus et al., 2005)

1. Votre enfant est très difficile pour la nourriture
2. (-) Il(elle) aime la cuisine de différents pays
3. Il(elle) se méfie des nouveaux aliments
4. (-) Il(elle) aime bien essayer des aliments inhabituels
5. Il(elle) trouve que la cuisine exotique est trop bizarre pour qu'il(elle) la mange
6. (-) Même s'il(elle) ne sait pas ce qu'il y a dans un plat, il(elle) le goûte
7. Il(elle) aime bien s'en tenir aux aliments qu'il(elle) connaît
8. Au restaurant ou en cafétéria, il y a peu de chances pour qu'il(elle) choisisse des plats nouveaux
9. Il(elle) a peur de manger des plats qu'il(elle) n'a encore jamais mangé
10. Il(elle) ne goûte pas les aliments s'il(elle) ne sait pas ce que c'est

Questionnaire n°2 : Comportement olfactif

(entre parenthèses sont indiqués les items correspondants dans le questionnaire ECOLE)

1. (item 2 ECOLE) Lorsqu'il(elle) goûte un aliment qu'il(elle) ne connaît pas, il(elle) cherche d'abord à le sentir avant de le mettre dans sa bouche
2. (item 5 ECOLE) Il(elle) aime sentir une odeur particulière quand il(elle) est triste
3. (item 6 ECOLE) Il(elle) garde précieusement un objet dont il(elle) aime beaucoup l'odeur
4. (item 8 ECOLE) Il(elle) sent ses affaires de classe (met le nez dessus)
5. (item 11 ECOLE) Votre odeur/parfum est quelque chose d'important pour votre enfant
6. (item 13 ECOLE) Il(elle) sent ses habits (met le nez dessus)
7. (item 14 ECOLE) Il(elle) sent des endroits de son corps (met le nez dessus)
8. (item 15 ECOLE) Il(elle) est incommodé par l'odeur de cigarette

Questionnaire n°3 : Environnement olfactif

(Instructions préalables : « vous » désigne vous-même et votre conjoint. Si la réponse est différente pour l'un et l'autre, mettez la réponse maximum. Exemple : vous ne fumez pas mais votre conjoint fume tous les jours, entourez 5)

1. Votre enfant joue avec un ou plusieurs jeux qui concernent les odeurs (ex: "loto des odeurs", kit de création de parfums / de savons, livres à odeurs...)
2. Depuis sa naissance, votre enfant voyage hors du continent européen
3. Vous attirez l'attention de votre enfant sur les odeurs environnantes (alimentaires ou non)
4. Vous apprenez à votre enfant à reconnaître ou à nommer des odeurs, des parfums, des arômes
5. Vous faites goûter à votre enfant des aliments exotiques ou originaux
6. Les plats que vous mangez à la maison contiennent des épices et/ou des herbes aromatiques
7. Vous mettez de l'eau de toilette ou du parfum
8. Vous utilisez des parfums d'intérieur (bougies parfumées, encens, diffuseurs, brûleurs de parfum...)
9. Dans votre voiture, vous utilisez un diffuseur de parfum
10. Vous utilisez des huiles essentielles (pour l'usage médical ou le bien-être)
11. Du fait de votre métier ou de vos loisirs, il vous arrive de rentrer à la maison imprégné(e) d'une odeur
12. Les produits cosmétiques que vous achetez sont très parfumés
13. Les produits ménagers que vous achetez sont très parfumés
14. Vous fumez (tous les jours : entourez 5)
15. A la maison, vous avez des fleurs/plantes odorantes
- 16a. Votre enfant a-t-il(elle) été nourri au sein ? [oui/non]
- 16b. Si oui, pendant combien de temps ? [nombre de mois]
- 17a. Y a-t-il autour de votre habitation de fortes odeurs, agréables ou non, même occasionnellement (exemple : végétation, usine, station d'épuration, autres...) ? [oui/non]
- 17b. Si oui, lesquelles ? [odeurs]
- 18a. Possédez-vous un ou plusieurs animaux domestiques ? [oui/non]
- 18b. Si oui, lesquels ? [animaux]
19. Avez-vous un jardin ? [oui/non]

Questionnaire n°4 : Tempérament EAS (d'après Gasman et al., 2002)

(Les dimensions sont notées : E Emotivité, A Activité, S Sociabilité, T Timidité)

1. (T) Votre enfant est timide
2. (E) Il(elle) pleure facilement
3. (S) Il(elle) aime être avec les autres
4. (A) Il(elle) court du matin au soir
5. (S) Il(elle) préfère jouer avec d'autres enfants plutôt que seul(e)
6. (E) Il(elle) est émotif(ve)
7. (A-) D'habitude il(elle) se déplace lentement
8. (T-) Il(elle) se fait facilement des amis
9. (A) Dès le réveil, il(elle) a plein d'énergie
10. (S) Il(elle) préfère la compagnie des autres, plus qu'autre chose
11. (E) Il lui arrive souvent de s'énerver pour un rien et de pleurer
12. (T-) Il(elle) aime beaucoup être en groupe
13. (A) Il(elle) a plein d'énergie
14. (T) Il lui faut beaucoup de temps pour s'habituer à des personnes qu'il(elle) ne connaît pas
15. (E) Il(elle) est facilement énervé(e)
16. (S-) Il(elle) a plutôt tendance à rester seul(e)
17. (A-) Il(elle) préfère les jeux calmes, sans mouvement, aux activités physiques
18. (S) Si il(elle) se retrouve seul(e), il(elle) se sent isolé(e)
19. (E) Si il(elle) est contrarié(e), il(elle) réagit vivement
20. (T-) Il(elle) est à l'aise avec des personnes qu'il(elle) ne connaît pas

Questionnaire n°5 : Tempérament BEH (d'après Tremblay et al., 1992 ; Cadman et al., 1986 ; Weir & Duveen, 1981)

(Les dimensions sont notées : TE Troubles Emotifs, An Anxiété, PS Comportement Prosocial, In Inattention, Ha Hyperactivité)

1. (PS) Votre enfant témoigne de la sympathie envers quelqu'un qui a commis une erreur
2. (Ha) Il(elle) ne peut rester en place, est agité(e)
3. (PS) Il(elle) essaie d'aider quelqu'un qui s'est fait mal
4. (TE-An) Il(elle) semble malheureux(se) ou triste
5. (PS) Il(elle) offre son aide pour réparer une bêtise faite par quelqu'un d'autre
6. (Ha) Il(elle) est facilement distrait(e), a de la difficulté à poursuivre une activité quelconque
7. (TE) Il(elle) ne semble pas aussi heureux(se) que les autres enfants
8. (PS) Il(elle) tente d'arrêter les querelles ou les disputes
9. (Ha) Il(elle) remue sans cesse
10. (Ha-In) Il(elle) est incapable de se concentrer, ne peut maintenir son attention très longtemps
11. (TE-An) Il(elle) est craintif(ve) ou anxieux(se)
12. (Ha) Il(elle) est impulsif(ve), agit sans réfléchir
13. (PS) Il(elle) offre d'aider d'autres enfants (amis, frère ou sœur) qui ont de la difficulté à accomplir une tâche
14. (TE-An) Il(elle) est inquiet(ète)
15. (Ha) Il(elle) a de la difficulté à attendre son tour dans un jeu
16. (An) Il(elle) a tendance à faire des choses seul(e), est plutôt solitaire
17. (PS) Il(elle) console un enfant (ami, frère ou sœur) qui pleure
18. (TE-An) Il(elle) pleure souvent
19. (In) Il(elle) abandonne facilement
20. (PS) Il(elle) aide spontanément à ramasser des objets que quelqu'un d'autre a laissés tomber
21. (Ha) Il(elle) a de la difficulté à rester tranquille pour faire quelque chose
22. (An) Il(elle) semble triste, malheureux(se), au bord des larmes
23. (TE) Il(elle) semble nerveux(se) ou très tendu(e)
24. (PS) Il(elle) invite les autres à prendre part à un jeu
25. (In) Il(elle) est inattentif(ve)
26. (TE) Il(elle) a de la difficulté à s'amuser
27. (PS) Il(elle) vient en aide à d'autres enfants (amis, frère ou sœur) qui ne se sentent pas bien
28. (PS) Il(elle) aide les enfants qui ne réussissent pas aussi bien que lui(elle)

Questionnaire n°6 : Informations socioculturelles

1. Répondant [mère, père, autre à préciser]
2. Nombre d'enfants [nombre de filles, de garçons] dans le foyer
3. Situation familiale du répondant [marié, vivant maritalement, célibataire, séparé, divorcé, veuf]
4. Age du répondant et de son conjoint
5. Situation professionnelle du répondant et de son conjoint [étudiant, exerce une profession, en recherche d'emploi, retraité, en congé parental, sans activité professionnelle]
6. Profession du répondant et de son conjoint [agriculteur, artisan, commerçant, chef d'entreprise, profession libérale, cadre/profession intellectuelle, contremaître/agent de maîtrise, technicien, profession intermédiaire, employé, ouvrier qualifié/agricole, ouvrier non qualifié, autre à préciser]
7. Niveau de diplôme du répondant et de son conjoint [1. aucun diplôme, 2. certificat d'études/BEPC/CAP/BEP/équivalent, 3. baccalauréat/brevet professionnel/équivalent, 4. DEUG/ BTS/DUT/diplôme des professions sociales ou de la santé, 5. diplôme universitaire de 2ème ou 3ème cycle/grandes écoles]
8. Pays de naissance des parents du répondant et de son conjoint

Curriculum Vitae

FORMATION

2002-2007 THESE DE DOCTORAT en Sciences de l'Alimentation

Ecole Nationale Supérieure de Biologie Appliquée à la Nutrition et à l'Alimentation (ENSBANA), Dijon / Université de Bourgogne (bourse MRT)

Intitulé : Différences interindividuelles de comportements olfactifs chez les enfants de 6-10 ans

Laboratoire : Centre Européen des Sciences du Goût (UMR 5170 CNRS-INRA-Université de Bourgogne), Dijon

Responsables : Benoist Schaal et Valérie Camos

Formation additionnelle en *psychologie du développement* (cours de DEUG 1, 20h, Université de Bourgogne, 2003) et en *olfaction humaine* (école d'été de la European Chemoreception Research Organisation, 40h, Université de Dresde, Allemagne, 2003).

2001-2002 DEA en Sciences de l'Alimentation, option Sciences du Goût

ENSBANA, Dijon (Mention Bien)

Intitulé : Influence de la codabilité sur la mémoire des odeurs aux Etats-Unis, en France et au Vietnam

Laboratoires : Centre Européen des Sciences du Goût (UMR 5170 CNRS-INRA-Université de Bourgogne), Dijon, et Université du Texas, Dallas (Etats-Unis)

Responsable : Dominique Valentin

1996-2001 DIPLOME D'INGENIEUR en Agroalimentaire, option Recherche et Développement

Institut National Supérieur de Formation Agroalimentaire (INSFA), Rennes

STAGE INGENIEUR - Recherche en technologie laitière - 2001 (6 mois)

Intitulé : Effets de facteurs clé de la fabrication sur l'acidification et les caractéristiques de fromages à pâte pressée cuite de type Comté

Laboratoire : Institut National de la Recherche Agronomique (INRA), Poligny

STAGE INGENIEUR - Recherche en technologie laitière - 2000 (3 mois)

Intitulé : Influence d'émulsifiants sur la déstabilisation de la matière grasse et la structure de la crème glacée

Laboratoire : Institut Allemand de Technologie Alimentaire (DIL), Quakenbrück (Allemagne)

STAGE INGENIEUR - Marketing produits laitiers - 1998 (5 mois)

Intitulé : Supports de promotion et de formation pour des laits infantiles spécialisés

Entreprise : United Pharmaceuticals, Paris

PEDAGOGIE SCIENTIFIQUE

ATELIERS DE VULGARISATION : création d'ateliers présentant mes travaux de recherche doctorale, destinés à des *adultes* et des *enfants* (primaire, collège, lycée) dans le cadre de l'Expérimentarium de l'Université de Bourgogne (35h entre 2005 et 2007) et du Salon de la Recherche et de l'Innovation (8h, 8-11 juin 2006, Paris).

ATELIERS DU GOUT : création d'un atelier pour des *enfants* en milieu scolaire (12h en 2004-2005, dans le cadre du doctorat) et animation d'un atelier franco-anglais pour des *adultes* organisé par le Centre Interprofessionnel de Documentation et d'Information Laitières (10h en 2002, dans le cadre du congrès Congrilaït).

ENCADREMENT D'ETUDIANTS

- 2005-2006 **Laura Tailhandier**, étudiante en Master 1 de psychologie du développement, Université de Bourgogne - Co-encadrée avec Valérie Camos.
- 2005-2006 **Fabien Pacaut**, étudiant en Master 1 de psychologie du développement, Université de Bourgogne - Co-encadré avec Valérie Camos.
- 2004-2005 **Charlotte Marinot**, étudiante en Master 1 de psychologie du développement, Université de Bourgogne - Co-encadrée avec Valérie Camos.

COLLABORATIONS SCIENTIFIQUES

Laboratoire Sensorialité et Science de l'Alimentation, Université d'Helsinki, Finlande

➤ Hely Tuorila, Professeur : Comportement alimentaire et sensorialité

Département d'Otorhinolaryngologie, Université de Dresde, Allemagne

➤ Thomas Hummel, Professeur : Physiologie des sens chimiques

Laboratoire d'Anthropologie : Mémoire, Identité et Cognition Sociale (LAMIC, EA 3179), Université de Nice Sophia-Antipolis

➤ Olivier Wathelet, Doctorant : Anthropologie cognitive et sensorielle

COMMUNICATIONS

PUBLICATIONS :

➤ Revue internationale à comité de lecture :

- Chréa, C., Ferdenzi, C., Valentin, D. & Abdi, H. (2007). *Revisiting the relation between language and cognition: a cross-cultural study with odors*. Current Psychology Letters: Behavior, Brain & Cognition, 23 (sous presse).
- Ferdenzi, C., Coureaud, G., Camos, V. & Schaal, B. (accepté avec révisions mineures). *Human awareness and uses of odor cues in everyday life: results from a questionnaire study in children*. International Journal of Behavioral Development.

➤ Autres revues :

- Ferdenzi, C., Holley, A. & Schaal, B. (2004). *Impacts de la déficience visuelle sur le traitement des odeurs*. Voir, Journal de la Ligue Braille, 28-29, p.126-43.
- Ferdenzi, C., Holley, A. & Schaal, B. (2004). *El impacto de la deficiencia visual sobre el tratamiento de los olores*. Entre Dos Mundos, Revista de traducción sobre discapacidad visual, 26, p.19-35 (traduction de l'article publié dans Voir).

➤ En préparation :

- Ferdenzi, C., Coureaud, G., Camos, V. & Schaal, B. *The sense of smell in visually impaired and sighted children: a comparison of self-reported attitudes towards everyday odors*.
- Ferdenzi, C., Camos, V. & Schaal, B. *Awareness and use of implicitly presented odor cues during cognitive tasks in school-age children*.
- Ferdenzi, C., Mustonen, S., Tuorila, H. & Schaal, B. *Children's awareness and uses of odor cues in everyday life: a Finland-France cross-cultural study*.

ABSTRACTS PUBLIES DANS DES REVUES INTERNATIONALES :

- Ferdenzi, C., Camos, V. & Schaal, B. (2006). *Olfactory abilities and behaviour in 6-12 year-old French children*. Chemical Senses, 31, p.E15.
- Ferdenzi, C., Coureaud, G. & Schaal, B. (2004). *Measure of children's attention to odours in everyday life: development and validation of a verbal method*. Chemical Senses, 30, p.E34-E35.
- Ferdenzi, C., Coureaud, G. & Schaal, B. (2004). *The salience of olfaction in children's everyday life: development of a questionnaire for visually impaired and sighted children*. Developmental Psychobiology, 45, p.270.

COMMUNICATIONS ORALES :

- Ferdenzi, C. (2007). *Dimensions affectives des odeurs dans les expériences quotidiennes des enfants*. Colloque Olfaction & Emotion, 14-15 mai, Dijon.
- Ferdenzi, C., Wathelet, O. & Schaal, B. (2007). *Les cultures olfactives enfantines : expériences individuelles, pratiques partagées, clivage des genres*. Colloque Cultures Enfantines : Universalité et Diversité, 15-17 mars, Nantes.
- Ferdenzi, C., Schaal, B. & Camos, V. (2005). *Influence du contexte olfactif sur la reconnaissance, l'évaluation hédonique et l'attention à des stimuli visuels chez l'enfant d'âge scolaire*. 11^{ème} Forum des Jeunes Chercheurs des Universités de Bourgogne et de Franche-Comté, 9-10 juin, Dijon.
- Ferdenzi, C. (2003). *L'olfaction chez les déficients visuels*. Journées d'étude de l'Association des instructeurs pour l'autonomie dans la vie journalière des personnes déficientes visuelles (AVJADV), 20-21 mars, Dijon.

COMMUNICATIONS AFFICHEES :

- Ferdenzi, C., Camos, V. & Schaal, B. (2007). *Variabilité de la compétence olfactive enfantine : rôle de facteurs individuels et environnementaux*. 13^{ème} Forum des Jeunes Chercheurs des Universités de Bourgogne et de Franche-Comté, 14-15 juin, Dijon (poster récompensé par un prix).
- Ferdenzi, C., Camos, V. & Schaal, B. (2006). *Olfactory abilities and behaviour in 6-12 year-old French children*. 17^{ème} Congrès de l'European Chemoreception Research Organisation, 4-8 sept., Grenade, Espagne.
- Ferdenzi, C., Coureaud, G. & Schaal, B. (2004). *Measure of children's attention to odours in everyday life: development and validation of a verbal method*. 16^{ème} Congrès de l'European Chemoreception Research Organisation, 12-15 sept., Dijon.
- Ferdenzi, C., Coureaud, G. & Schaal, B. (2004). *The salience of olfaction in children's everyday life: development of a questionnaire for visually impaired and sighted children*. 37^{ème} Congrès annuel de l'International Society for Developmental Psychobiology, 25-28 juin, Aix en Provence.
- Ferdenzi, C., Coureaud, G. & Schaal, B. (2004). *La saillance des informations olfactives dans l'environnement quotidien : développement d'une méthode de mesure chez l'enfant*. Colloque annuel de la Société Française pour l'Etude du Comportement Animal, 17-19 mars, Caen.
- Jeanson, S., Ferdenzi, C. & Tessier, L. (2002). *Interactions between thermophilic starters during pressing of Swiss-type cheeses*. 26^{ème} Congrès mondial de laiterie Congrilaire, 24-27 sept., Paris.

RESUME : Face au manque de connaissances sur la mobilisation des compétences olfactives dans la vie quotidienne humaine et sur son développement, le premier objectif de cette étude était de développer un questionnaire d'Évaluation des Comportements Olfactifs de l'Enfant de 6 à 10 ans (ECOLE). Cet outil permet de mieux connaître l'écologie olfactive infantile. Il révèle des caractéristiques psychométriques satisfaisantes et se montre en accord avec plusieurs autres mesures impliquant des odorants réels (réactivité hédonique aux odeurs plaisantes/déplaisantes, attention aux odeurs ambiantes). En revanche, le questionnaire ECOLE est faiblement lié à l'évaluation des comportements olfactifs par les parents, ce qui illustre l'idiosyncrasie et la faible verbalisation des comportements olfactifs quotidiens au sein de la famille. Un décalage existe également entre le questionnaire ECOLE et d'autres mesures olfactives (impact des odeurs en situation réelle, performances olfactives à un test standard). Ceci découle probablement de différences dans les mécanismes de traitements des odeurs impliqués (automatique ou conscient) et dans la signification du contexte. Le second objectif consistait à étudier les facteurs de variation interindividuelle des comportements et capacités olfactives chez l'enfant. (1) Les résultats révèlent une amélioration avec l'âge de la plupart des performances olfactives mesurées (score ECOLE, discrimination/identification des odeurs, impact hédonique des odeurs sur l'appréciation d'un objet). Cette amélioration est liée au développement cognitif général de l'enfant. (2) Bien qu'aucune différence de genre n'apparaisse dans le test olfactif standard, les filles se déclarent nettement plus attentives et réactives aux odeurs que les garçons dans le questionnaire ECOLE, et elles ont tendance à être plus affectées par l'impact implicite des odeurs ambiantes. L'expérience et le contexte socioculturel semblent jouer un rôle dans l'établissement de ces différences. (3) Par ailleurs, certains traits de personnalité (évalués par les parents) sont liés à l'évaluation hédonique des odeurs par les enfants (plus positive chez les extravertis, plus négative chez les névrotiques et les néophobes alimentaires) et à la sensibilité olfactive (les extravertis sont moins sensibles). (4) Enfin, certains paramètres environnementaux, comme la diversité d'odeurs dans le cadre domestique, le sex-ratio familial, le niveau d'éducation et l'origine ethnique des parents, sont associés à des variations d'attention et de réactivité aux odeurs, d'identification et de sensibilité olfactives. Dans l'ensemble, cette étude contribue à montrer que, malgré sa réputation de microsmate, l'homme utilise les informations olfactives de son environnement et que cette utilisation est modulée de façon précoce par des facteurs individuels et environnementaux.

MOTS-CLES : enfant, olfaction, vie quotidienne, différences interindividuelles, personnalité, exposition olfactive, environnement socioculturel.

SUMMARY : Given the lack of knowledge about the use of olfactory competence in the daily life of humans and about its development, this study aimed firstly to develop a questionnaire for the evaluation of 6-10 year-old Children's Olfactory Behaviours in Everyday Life (COBEL). This tool brings new insights on the children's olfactory ecology. It has satisfactory psychometric properties and is in agreement with several other measures involving real odorants (hedonic reactivity to pleasant/unpleasant odours, attention to ambient odours). Nevertheless, the COBEL questionnaire is poorly linked to the evaluation of olfactory behaviours by parents, which highlights the idiosyncrasy and the poor verbalization of daily olfactory behaviours within the family network. A gap also appeared between the COBEL questionnaire and other olfactory measures (impact of odours in a real situation, olfactory performance in a standard test). This may be due to differences in the odour processing mechanisms involved (automatic vs. conscious) and in the meaning of the context. The second aim consisted in investigating the factors causing inter-individual variability of olfactory behaviours and capacities in children. (1) Results reveal an improvement of most measured olfactory performances with age (COBEL score, odour discrimination/identification, hedonic impact of odours on the liking of an object). This improvement is linked to the children's more general cognitive development. (2) Although there is no gender difference in the standard olfactory test, girls state themselves as much more attentive and reactive to odours than boys in the COBEL questionnaire and they tend to be more affected by the implicit impact of ambient odours. Experience and socio-cultural context seem to play a role in shaping these differences. (3) Moreover, some personality traits (as evaluated by parents) are linked to the hedonic evaluation of odours by children (more positive in extraverts, more negative in neurotics and food neophobics) and to the olfactory sensitivity (extraverts are less sensitive). (4) Finally, several environmental characteristics, such as odour diversity in the domestic context, familial sex-ratio, education level and ethnic origin of the parents, are associated with variations in the children's attention and reactivity to odours and the olfactory identification and detection abilities. Overall, this study contributes to highlight that, although classified as microsmatic, human beings use odour cues of their environment and that this use is precociously modulated by individual and environmental factors.

KEY-WORDS : child, olfaction, daily life, inter-individual differences, personality, olfactory exposure, socio-cultural environment.