

UNIVERSITE PARIS 13
« EQUIPE DE RECHERCHE EN EPIDEMIOLOGIE NUTRITIONNELLE »

ANNEE 2018

N°

THESE

Pour obtenir le grade de
DOCTEUR DE L'UNIVERSITE PARIS 13
Discipline : Epidémiologie – Santé Publique

Présentée et soutenue publiquement le lundi 08 Octobre 2018 par

Marc BENARD

Né le 16 Avril 1991 à Poissy

**Association entre les préférences temporelles, le comportement
alimentaire et le surpoids dans la cohorte NutriNet-Santé**

Thèse dirigée par :

Dr Sandrine PENEAU

Membres du jury :

Pr Nathalie BLANC

Rapporteur

Dr Cécilia SAMIERI

Rapporteur

Pr Gérard REACH

Examineur

Dr Laurent MULLER

Examineur

Pr Serge HERCBERG

Examineur

Dr Sandrine PENEAU

Directrice de thèse

RESUME

Association entre les préférences temporelles, le comportement alimentaire et le surpoids dans la cohorte NutriNet-Santé

Le comportement alimentaire représente un enjeu majeur pour la santé publique du fait de son impact sur les pathologies chroniques et plus spécifiquement l'obésité. Les préférences temporelles sont des facteurs psychologiques liées aux capacités d'autorégulation et pourraient être associées aux comportements alimentaires et à l'obésité. L'objectif principal de cette thèse était d'étudier la relation entre les préférences temporelles, le comportement alimentaire et l'obésité en population générale. Les préférences temporelles ont été évaluées à partir de questionnaires mesurant l'impulsivité et la considération des conséquences futures. Ce travail a été réalisé au sein de la cohorte NutriNet-Santé basée sur internet.

L'impulsivité était associée à une moins bonne qualité de l'alimentation, à un grignotage plus fréquent et aux troubles des conduites alimentaires. Une considération pour les conséquences futures plus importante était associée à une plus forte motivation envers les facteurs santé et environnement lors des choix alimentaires, à une meilleure qualité de l'alimentation et à une part plus importante d'aliments issus de l'agriculture biologique dans le régime alimentaire. L'impulsivité et une faible considération pour les conséquences futures étaient associées positivement à l'obésité et modéraient de façon quantitative la relation positive entre alimentation émotionnelle et obésité. Ces résultats suggèrent une influence des préférences temporelles sur les comportements alimentaires et l'obésité, et apportent de nouveaux arguments en faveur de la prise en compte des déterminants psychologiques dans les stratégies de prévention de santé publique.

Mots-clés : Epidémiologie, comportements alimentaires, obésité, nutrition, psychologie

Laboratoire d'accueil : Equipe de Recherche en Epidémiologie Nutritionnelle (EREN), Centre de Recherche en Epidémiologie et Statistique Sorbonne Paris Cité, INSERM UMR1153, INRA U1125, Cnam, Université Paris 13, UFR SMBH, PARIS 13, 74 rue Marcel Cachin 93017, Bobigny, France

ABSTRACT

Association between time preferences, eating behavior, and obesity in the NutriNet-Santé cohort

Eating behavior represents a major stake regarding public health because of its impact on noncommunicable diseases and more specifically obesity. Time preferences are psychological factors linked with self-regulation behaviors and could be associated with eating behavior and obesity. The main objective of this thesis was to study the relationship between time preferences, eating behavior, and obesity in a general population. Time preferences were assessed with questionnaires measuring impulsivity and consideration of future consequences. This work was conducted as part of the NutriNet-Santé study, which is a large web-based cohort.

Impulsivity was associated with a lower diet quality, a higher snacking frequency, and eating disorders. A high level of consideration of future consequences was associated with greater concern for health and environment when choosing food, with a better diet quality and a higher contribution of organic foods in the diet. Impulsivity and a low consideration of future consequences were positively associated with obesity and quantitatively moderated the relationship between emotional eating and obesity. These results suggest that time preferences influence eating behavior and obesity, and bring new arguments in favor of the consideration of psychological determinants in public health prevention strategies.

Keywords: Epidemiology, eating behavior, obesity, nutrition, psychology

REMERCIEMENTS

Je souhaite d'abord remercier ma directrice de thèse, le Dr Sandrine PENEAU, pour sa disponibilité et sa confiance au cours de ces trois années de thèse ainsi que pour nos échanges scientifiques enrichissant.

Je remercie également le Pr Nathalie BLANC et le Dr Cécilia SAMIERI qui m'ont fait l'honneur d'être rapporteurs de ma thèse et de consacrer du temps à sa lecture.

Je tiens à remercier le Pr Gérard REACH, le Dr Laurent MULLER et le Pr Serge HERCBERG pour avoir accepté de participer à mon jury de thèse.

J'adresse un remerciement particulier à France BELLISLE, Fabrice ETILE, Gérard REACH, Caroline MEJEAN, Emmanuelle KESSE-GUYOT, Benjamin ALLES et tous ceux qui m'ont apporté leur expertise scientifique au cours de ces années.

Je remercie toute l'équipe de l'EREN et plus particulièrement les doctorants pour les bons moments partagés.

Mes derniers remerciements vont à ma famille et à Clémence qui m'ont accompagné et soutenu dans mes études.

TABLE DES MATIERES

LISTE DES TABLEAUX.....	1
LISTE DES FIGURES.....	2
LISTE DES ABBREVIATIONS	3
VALORISATION SCIENTIFIQUE.....	4
INTRODUCTION GENERALE	7
1.Evolution et enjeux des pratiques alimentaires.....	7
1.1. Transition nutritionnelle	7
1.2. Etat des lieux en France.....	7
1.3. Enjeux de santé publique et environnementaux	8
2.Alimentation, comportements alimentaires et obésité.....	10
2.1. Alimentation.....	10
2.1.1. Définition.....	10
2.1.2. Consommation alimentaire.....	11
2.1.3. Choix alimentaires.....	14
2.1.4. Comportements alimentaires	15
2.2. Obésité.....	19
2.2.1. Définition.....	19
2.2.2. Epidémiologie de l'obésité	21
3.Déterminants des comportements alimentaires et de l'obésité	23
3.1. Généralités.....	23
3.2. Déterminants politiques.....	25
3.3. Déterminants interindividuels	26
3.3.1. Facteurs sociaux	26
3.3.2. Facteurs culturels.....	27
3.4. Déterminants environnementaux.....	27
3.4.1. Facteurs liés aux produits	27
3.4.2. Facteurs micro-environnementaux	28
3.4.3. Facteurs macro-environnementaux	29
3.5. Déterminants individuels.....	30
3.5.1. Facteurs biologiques.....	30
3.5.2. Facteurs de contexte	32
3.5.3. Facteurs psychologiques.....	34
4.Les Préférences temporelles.....	40
4.1. Approche générale.....	40
4.2. Choix intertemporel.....	40
4.3. Impulsivité.....	43
4.3.1. Définition.....	43
4.3.2. Mesures.....	45
4.3.3. Echelle d'impulsivité de Barratt.....	46
4.3.4. Influences sur les comportements alimentaires	46
4.4. Perspective temporelle.....	50
4.4.1. Définition.....	50
4.4.2. Mesures.....	50

4.4.3.	Considération des conséquences futures	51
4.4.4.	Influence sur les comportements alimentaires	54
5.	Objectifs	56
METHODES	57
1.	Cohorte NutriNet-Santé	57
1.1.	Présentation générale	57
1.2.	Les questionnaires	58
2.	Collecte des données	60
2.1.	Données nutritionnelles	60
2.1.1.	Consommation alimentaire.....	60
2.1.2.	Alimentation issue de l'agriculture biologique	64
2.1.3.	Qualité du régime	65
2.2.	Données sur les motivations des choix alimentaires	65
2.3.	Données sur le grignotage	67
2.4.	Données sur les troubles des conduites alimentaires.....	67
2.5.	Données anthropométriques	68
2.6.	Données socio-démographiques et de mode de vie.....	69
2.6.1.	Données socio-démographiques.....	69
2.6.2.	Données de mode de vie.....	70
2.7.	Alimentation émotionnelle	71
2.8.	Données sur les préférences temporelles.....	72
2.8.1.	Impulsivité.....	74
2.8.2.	Considération des conséquences futures	76
3.	Analyses psychométriques	78
3.1.	Biais de réponse.....	78
3.2.	Analyses descriptives	78
3.3.	Analyses factorielles confirmatoires et fiabilité	83
4.	Analyses statistiques	91
4.1.	Analyse de médiation	91
4.2.	Analyse en composantes principales	93
4.3.	Gestion des données manquantes	93
4.4.	Tests multiples.....	94
4.5.	Logiciels d'analyses statistiques.....	94
RESULTATS	95
1.	Associations entre les préférences temporelles et les comportements alimentaires .	95
1.1.	Association entre l'impulsivité, les consommations alimentaires, le grignotage et les troubles des conduites alimentaires.....	95
1.2.	Association entre la perspective temporelle, les consommations alimentaires et les motivations des choix alimentaires	129
1.3.	Association entre la perspective temporelle et la consommation de produits issus de l'agriculture biologique.....	157
2.	Associations entre les préférences temporelles et l'obésité	168
2.1.	Association entre l'impulsivité et l'obésité	168
2.2.	Association entre la perspective temporelle et l'obésité	183
2.3.	Modération de l'association entre l'alimentation émotionnelle et l'obésité par les préférences temporelles.....	208

DISCUSSION GENERALE ET PERSPECTIVES	239
1.Principaux résultats	239
2.Impulsivité et considération des conséquences futures.....	241
3.Considérations méthodologiques	243
3.1. Population d'étude.....	243
3.2. Données nutritionnelles	244
3.3. Données sur les comportements alimentaires.....	246
3.4. Données anthropométriques	247
3.5. Données sur les préférences temporelles.....	247
3.6. Analyses statistiques.....	249
4.Perspectives de recherche	251
5.Perspectives de santé publique.....	253
CONCLUSION GENERALE.....	255
REFERENCES.....	256

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU 1 Liste des groupes d'aliments constitués à partir des enregistrements de 24h	63
TABLEAU 2 Version française du questionnaire SCOFF	68
TABLEAU 3 Version française de la dimension alimentation émotionnelle du TFEQ-R21	72
TABLEAU 4 Caractéristiques générales de l'échantillon principal PT et des participants exclus au 01 Juin 2014	73
TABLEAU 5 Version française du questionnaire d'impulsivité de Barratt	75
TABLEAU 6 Version française du questionnaire de considération des conséquences futures ..	77
TABLEAU 7 Corrélations polychoriques entre l'ensemble des items du BIS-11	81
TABLEAU 8 Corrélations polychoriques entre l'ensemble des items du CFC-12	83
TABLEAU 9 Indices des analyses factorielles confirmatoires réalisées dans la littérature et dans l'échantillon NutriNet (2014) pour l'échelle d'impulsivité de Barratt	86
TABLEAU 10 Coefficient alpha de Cronbach de l'échelle d'impulsivité de Barratt	88
TABLEAU 11 Indices des analyses factorielles confirmatoires réalisées dans la littérature et dans l'échantillon NutriNet (2014) pour l'échelle de considération des conséquences futures	89

LISTE DES FIGURES

FIGURE 1 Facteurs associés à l'alimentation. Tirée et adaptée de (Stok et al., 2017).	11
FIGURE 2 Représentation de la relation entre globalisation et obésité. Tirée de (Malik et al., 2013).....	20
FIGURE 3 Comparaison des données de corpulence des adultes de 18-74 ans entre les études ENNS (2006) et Esteban (2015).....	22
FIGURE 4 Déterminants de l'alimentation selon les données du DONE (Determinants Of Nutrition and Eating) <i>framework</i> (DEDIPAC knowledge hub).....	24
FIGURE 5 Classification des processus d'inhibition du contrôle inhibiteur. Tirée et adaptée de Bari et Robbins, 2013.....	44
FIGURE 6 Représentation schématique de la relation entre impulsivité et inhibition. Tirée et adaptée de Bari et Robbins, 2013.....	47
FIGURE 7 Modèles d'amortissement et de prédisposition du CFC. Tirée et adaptée de Joireman et King, 2016.....	54
FIGURE 8 Fréquences de réponse de l'échelle d'impulsivité de Barratt	79
FIGURE 9 Fréquences de réponse de l'échelle de considération des conséquences futures.....	82
FIGURE 10 Analyse Factorielle Confirmatoire de l'échelle d'impulsivité de Barratt.....	87
FIGURE 11 Analyse Factorielle Confirmatoire de l'échelle de considération des conséquences futures.....	90
FIGURE 12 Analyse de médiation.....	92
FIGURE 13 Analyse de médiation multiple (A : en parallèle ; B : en série).....	92

LISTE DES ABBREVIATIONS

ENNS	Etude National Nutrition Santé
PNNS	Programme National Nutrition Santé
HCSP	Haut Conseil de la Santé Publique
FFQ	Questionnaire de Fréquence Alimentaire (Food Frequency Questionnaire)
ANSES	Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail
TCA	Troubles des Conduites Alimentaires
DSM	Manuel diagnostique et statistique des troubles mentaux (Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders)
IMC	Indice de Masse Corporelle
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
DONE	Determinants of Nutrition and Eating
TFEQ	Three-Factor Eating Questionnaire
DEBQ	Dutch Eating Behavior Questionnaire
EES	Emotional Eating Scale
BIS	Echelle d'impulsivité de Barratt (Barratt Impulsiveness Scale)
ZTPI	Inventaire de perspective temporelle de Zimbardo (Zimbardo Time Perspective Inventory)
CFC	Considération des conséquences futures (Consideration of Future Consequences)
IRB	Institut Fédératif de Recherche Biomédicale
CNIL	Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés
SCOFF	Questionnaire Sick-Control-One-Fat-Food
NICE	National Institute for Health and Care Excellence
RD	Restrictive Disorders
BD	Bulimic Disorders
HD	Hyperphagic Disorders
OED	Other Eating Disorders
UC	Unité de consommation
IPAQ	International Physical Activity Questionnaire
MET	Niveaux de dépenses énergétiques (Metabolic Equivalent of Task)
WLSMV	Weighted Least Square - Mean Variance
CFI	Comparative Fit Index
TLI	Tucker-Lewis Index
RMSEA	Root Mean Square Error of Approximation
SRMR	Standardized Root Mean Square Residual
BCa	Bias corrected and accelerated intervals
ML	Maximum de vraisemblance (Maximum Likelihood)
GFI	Goodness of Fit Index
NNFI	Non-Normed Fit Index
ACP	Analyse en Composantes Principales
LOCF	Last Observation Carried Forward

VALORISATION SCIENTIFIQUE

Articles scientifiques :

Publiés dans des revues internationales à comité de lecture :

- **Bénard M**, Camilleri GM, Etilé F, Méjean C, Bellisle F, Reach G, Hercberg S, Péneau S, 2017. Association between impulsivity and weight status in a general population. *Nutrients*, 9(3), p.217.
- **Bénard M**, Baudry J, Méjean C, Lairon D, Giudici KV, Etilé F, Reach G, Hercberg S, Kesse-Guyot E, Péneau S, 2018. Association between time perspective and organic food consumption in a large sample of adults. *Nutrition journal*, 17(1), p.1.

Acceptés dans des revues internationales à comité de lecture :

- **Bénard M**, Bellisle F, Kesse-Guyot E, Julia C, Andreeva VA, Etilé F, Reach G, Déchelotte P, Tavolacci MP, Hercberg S, Péneau S, 2018. Impulsivity is associated with food intake, snacking, and eating disorders in a general population. *The American Journal of Clinical Nutrition*.
- **Bénard M**, Bellisle F, Etilé F, Reach G, Kesse-Guyot E, Hercberg S, Péneau S, 2018. Impulsivity and consideration of future consequences as moderators of the association between emotional eating and body weight status. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*.

A soumettre prochainement :

- **Bénard M**, Méjean C, Allès B, Kesse-Guyot E, Bellisle F, Etilé F, Reach G, Hercberg S, Péneau S. Association between consideration of future consequences, food choice motives, and food intake in a general population.
- **Bénard M**, Kesse-Guyot E, Bellisle F, Etilé F, Reach G, Hercberg S, Péneau S. The association between consideration of future consequences and weight status is mediated by dietary patterns and physical activity.

Autres articles en tant que co-auteur :

- Seconda L, Péneau S, **Bénard M**, Allès B, Hercberg S, Galan P, Lairon D, Baudry J, Kesse-Guyot E, 2017. Is organic food consumption associated with life satisfaction? A cross-sectional analysis from the NutriNet-Santé study. *Preventive Medicine Reports*, 8, p.190-196
- Giudici KV, Baudry J, Méjean C, Lairon D, **Bénard M**, Hercberg S, Kesse-Guyot E, Péneau S, 2018. Associations between cognitive restraint, dieting and organic food consumption in a large population-based sample of adults. *Soumis*.
- Péneau S, **Bénard M**, Allès B, Andreeva VA, Bellisle F, Hercberg S. French validation of the flexible and rigid control subscales of cognitive restraint in a general population. *A soumettre prochainement*.
- Péneau S, **Bénard M**, de Lauzon-Guillain B, Bellisle F, Kesse-Guyot E, Hercberg S. Association between cognitive restraint and weight gain in a general population. *A soumettre prochainement*.
- Ait Hadad W, **Benard M**, auteurs en cours de confirmation, Péneau S. Optimism is associated with diet quality, food group consumption and snacking behavior in a general population. *A soumettre prochainement*.

Communications scientifiques lors de congrès nationaux et internationaux :

Présentations orales :

- **Bénard M**, Camilleri GM, Etilé F, Méjean C, Bellisle F, Reach G, Hercberg S, Péneau S. Association between impulsivity and weight status in a general population. *30th European Health Psychology Society and British Psychology Society Conference, 23-27 August 2016, Aberdeen, Scotland*.
- **Bénard M**, Camilleri GM, Etilé F, Méjean C, Bellisle F, Reach G, Hercberg S, Péneau S. Association entre l'impulsivité et le surpoids dans la cohorte NutriNet-Santé. *Congrès ADELFI-EPITER, 7-9 Septembre, 2016, Rennes, France*.
- **Bénard M**, Méjean C, Kesse-Guyot E, Bellisle F, Etilé F, Reach G, Hercberg S, Péneau S. Association entre les perspectives temporelles, les motivations des choix alimentaires, et la

consommation alimentaire en population générale. *Journées Francophones de Nutrition*, 13-15 Décembre, Nantes, France.

- **Bénard M**, Bellisle F, Kesse-Guyot E, Julia C, Etilé F, Reach G, Hercberg S, Péneau S. Association entre l'impulsivité, la consommation alimentaire, le grignotage, et les troubles du comportement alimentaire en population générale. *Journées Francophones de Nutrition*, 13-15 Décembre, Nantes, France.
- **Bénard M**, Méjean C, Allès B, Kesse-Guyot E, Bellisle F, Etilé F, Reach G, Hercberg S, Péneau S, 2018. Association between consideration of future consequences, food choice motives, and food intake in a general population. *Scientific conference on eating and drinking*, 11-13 Avril 2018, Lyon, France.

Présentations affichées :

- **Bénard M**, Camilleri GM, Etilé F, Méjean C, Bellisle F, Reach G, Hercberg S, Péneau S. Association entre l'impulsivité et le surpoids dans la cohorte NutriNet-Santé. *Journées Francophones de Nutrition*, 9-11 Décembre, 2015, Marseille, France.
- **Bénard M**, Camilleri GM, Etilé F, Méjean C, Bellisle F, Reach G, Hercberg S, Péneau S. Association entre l'impulsivité et le surpoids dans la cohorte NutriNet-Santé. *32èmes journées scientifiques de l'Association Française d'Etude et de Recherche sur l'Obésité*, 14-15 Janvier, 2016, Paris, France.

INTRODUCTION GENERALE

1. Evolution et enjeux des pratiques alimentaires

1.1. Transition nutritionnelle

Les pays développés, et plus récemment les pays en voie de développement, ont connu une transition nutritionnelle liée aux transitions démographique et épidémiologique (diminutions de la fertilité et de la mortalité, ainsi qu'une augmentation de la prévalence des maladies chroniques), mais également aux développements économiques inhérents à la mondialisation et à l'augmentation des échanges (Popkin, 1993; Popkin et al., 2012). Cette transition nutritionnelle correspond aux changements des habitudes alimentaires avec une évolution des modes d'alimentation et de l'offre alimentaire. Cependant, elle s'est également accompagnée d'une augmentation de la disponibilité de produits énergétiquement denses et de produits transformés. Ainsi, les consommations alimentaires ont évolué avec une augmentation des consommations d'acides gras saturés et de glucides simples, et une diminution des consommations de glucides complexes, de fibres, et de fruits et légumes en général (Drewnowski and Popkin, 1997; Malik et al., 2013). Parallèlement, l'augmentation de la production annuelle de viandes corrélée à l'urbanisation et l'augmentation des richesses de ces pays ont entraîné des changements dans la consommation des produits d'origine animale (WHO, 2003).

1.2. Etat des lieux en France

En France, l'étude ENNS (Etude Nationale Nutrition Santé) réalisée en 2006 a montré que la population française avait en moyenne une consommation trop faible en fruits et légumes, glucides complexes, fibres, produits céréaliers complets, et poissons ; et une consommation trop forte en sel, lipides et acides gras saturés par rapport aux recommandations nationales (Inserm, 2014). L'étude plus récente INCA 3, met également en avant la présence d'une part élevée d'aliments transformés et de compléments alimentaires dans la consommation alimentaire. (ANSES, 2017). Des différences d'adéquation aux recommandations nutritionnelles apparaissent

notamment en fonction du sexe, de l'âge et du niveau socio-économique. Les femmes, les adultes de 65-79 ans et les individus de haut niveau socio-économique ont une meilleure adéquation à ces recommandations.

1.3. Enjeux de santé publique et environnementaux

Les pratiques alimentaires ont un impact direct sur la santé (WHO, 2003). Elles sont régulièrement associées aux maladies non transmissibles tels que les cancers, les maladies cardiovasculaires (dont les crises cardiaques et les accidents vasculaires cérébraux), les maladies respiratoires chroniques (dont la pneumopathie chronique obstructive et l'asthme), mais également aux facteurs intermédiaires de ces pathologies (dont l'obésité, le diabète, et l'hypertension artérielle) (WHO, 2002). Ces affections constituent des problèmes majeurs de santé publique car elles représentent plus de 63% des décès annuels dans le monde (WHO, 2011). En conséquence, les gouvernements mettent en place des politiques de prévention et des stratégies de santé publique afin de prévenir l'apparition de ces pathologies.

En France, les recommandations nutritionnelles visent à prévenir les risques liés à l'alimentation. Elles sont définies par l'intermédiaire des repères alimentaires du PNNS (Programme National Nutrition Santé) et sont régulièrement actualisées selon l'état des connaissances par le Haut Conseil de la Santé Publique (HCSP). La dernière actualisation des repères alimentaires date de Février 2017 (HCSP, 2017). Le HCSP recommande par exemple la consommation d'au moins 5 fruits et légumes par jour, de limiter la consommation de viande et volaille (et notamment la viande rouge), de limiter la consommation de charcuterie, d'éviter les consommations de matières grasses ajoutées, et de limiter la consommation de produits sucrés. De plus, le ministère de la santé recommande la pratique de marche rapide au moins 30 minutes par jour au moins 5 fois par semaine.

Les pratiques alimentaires affectent également l'environnement. L'évolution des modes de production et l'augmentation de la production de produits d'origine animale ont été associés à un impact important sur l'environnement (Hallström et al., 2015). Ceci se traduit par une augmentation de l'émission des gaz à effet de serre (14,5% des émissions de gaz à effet de serre proviendraient de l'élevage industriel (Gerber et al., 2013)), la déforestation, ou encore une diminution des ressources d'eau disponibles (FAO, 2011; Pereira et al., 2009). Par conséquent, les

repères alimentaires incluent désormais une dimension environnementale en plus d'une dimension relative à la santé. Ces repères soutiennent un développement durable de l'alimentation, c'est-à-dire un développement économiquement efficace, socialement équitable, et écologiquement soutenable, en privilégiant l'utilisation de produits bruts, les aliments de saison, les circuits courts d'approvisionnement, et les modes de production respectueux de l'environnement (HCSP, 2017).

2. Alimentation, comportements alimentaires et obésité

2.1. Alimentation

2.1.1. Définition

Etant donné les répercussions des pratiques alimentaires sur la santé mais également sur l'environnement, évaluer l'alimentation des populations apparaît essentiel. Caractériser l'alimentation est complexe et de nombreuses composantes sont à prendre en compte. L'alimentation peut être décrite à partir de 3 grands domaines : la consommation alimentaire, les choix alimentaires, et le comportement alimentaire (Stok et al., 2017), voir Figure 1. La consommation alimentaire est centrée autour des aliments ingérés. Elle peut être étudiée sous plusieurs angles comme les caractéristiques des aliments (énergie, densité, nutriments, contributions énergétiques, quantité), les patterns des repas (contenu, distribution en énergie ou nutriments) ou les patterns alimentaires (typologie de l'alimentation, diversité des aliments, qualité). Les choix alimentaires sont centrés sur tous les aspects précédents la consommation. Ils correspondent aux préférences alimentaires, au budget dédié à la nourriture, aux motivations des choix alimentaires, aux achats (en termes de choix et de fréquence), à la préparation des repas et aux intentions/attitudes vis-à-vis de la nourriture. Enfin, le comportement alimentaire comprend tous les aspects liés à l'acte de manger. Il fait référence aux habitudes alimentaires, aux prises alimentaires (fréquence et durée), aux portions (taille et nombre), aux régimes alimentaires, aux symptômes de troubles de conduites alimentaires et autres conduites (par exemple la néophobie alimentaire). Après avoir détaillé ces 3 grands domaines, nous utiliserons par la suite le terme de comportements alimentaires afin de faire référence à ces différentes composantes de l'alimentation (consommations alimentaires, choix alimentaires ou comportement alimentaire).

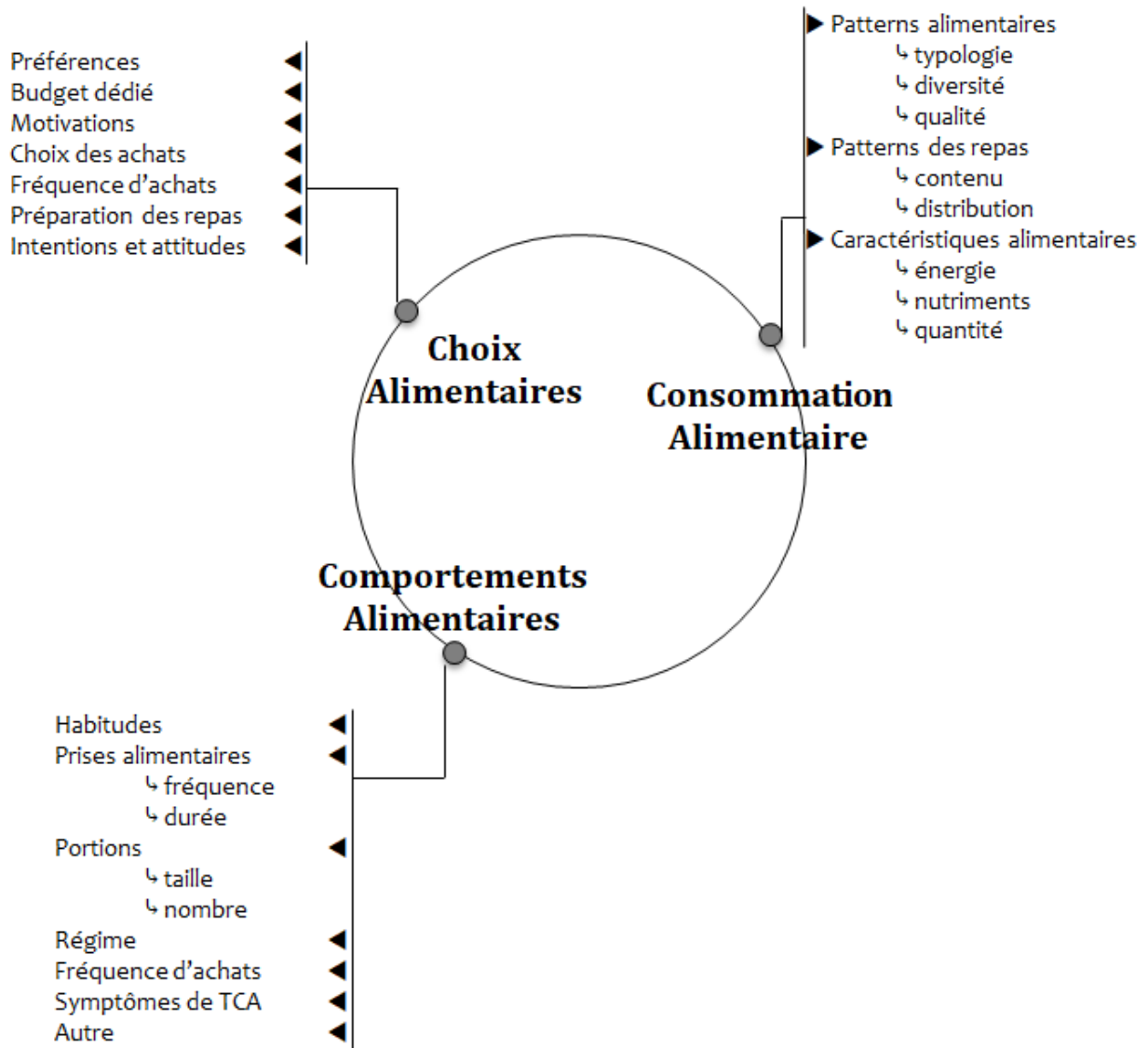


FIGURE 1 | Facteurs associés à l'alimentation. Tirée et adaptée de (Stok et al., 2017).

2.1.2. Consommation alimentaire

Méthodes d'évaluation

Trois méthodes sont couramment utilisées en épidémiologie nutritionnelle afin de mesurer les consommations alimentaires : les questionnaires de fréquence alimentaire, les rappels de 24 heures et les enregistrements alimentaires. Toutes ces méthodes sont basées sur l'auto-déclaration

des participants aux études. Les questionnaires de fréquence alimentaire (FFQ, *Food Frequency Questionnaire*) évaluent les consommations alimentaires à partir d'une liste fixe d'aliments (Marr, 1971; Willett et al., 1985). Les participants renseignent alors la fréquence à laquelle ils consomment chacun des aliments sur une période donnée. Optionnellement, plus de détails sur la quantité et la composition peuvent être ajoutés. Ces questionnaires permettent alors d'estimer de façon quantitative les apports alimentaires d'un individu. La méthode des rappels de 24 heures consiste à interroger les participants sur leurs consommations alimentaires de la veille, sans que la date ne soit connue à l'avance (Karvetti and Knuts, 1985; Willett, 2012). L'enquêteur est alors un diététicien qui peut guider l'entretien. Afin d'avoir une meilleure représentativité des apports alimentaires, au moins 3 rappels alimentaires sont en général réalisés (avec 2 rappels en semaine et 1 le week-end). Enfin, les enregistrements alimentaires interrogent les participants sur leurs consommations alimentaires au cours d'une période donnée (généralement 3 à 7 jours). Dans ce cas de figure, les dates sont connues à l'avance. Les individus renseignent la liste des aliments et boissons consommés, ainsi que les quantités à partir de tailles de portion standards, en pesant les aliments, ou en se basant sur des photographies validées. Ces trois méthodes ont chacune des avantages et des inconvénients. Leur objectif étant d'estimer les consommations alimentaires, elles ont typiquement été validées par une comparaison avec des indicateurs biochimiques, même si aucun marqueur n'existe pour certains nutriments d'intérêt comme les lipides totaux, les fibres ou le saccharose (Rothman et al., 2008).

L'évaluation des consommations alimentaires peut alors être réalisée en analysant les apports énergétiques et apports en macronutriments (glucides, lipides, protéines), les quantités consommées de groupes d'aliments, ou les patterns alimentaires.

Apports énergétiques et macronutriments

Les apports énergétiques, les apports en macronutriments (ou nutriments), la balance énergétique, ou la densité énergétique représentent des indicateurs importants des consommations alimentaires. L'analyse des apports énergétiques permet notamment de définir la balance énergétique, c'est-à-dire la différence entre les apports énergétiques obtenus via l'alimentation et les besoins énergétiques liés au métabolisme de base et l'activité physique. Des apports caloriques trop élevés ou une balance énergétique positive (apports caloriques plus importants que les besoins)

représentent des facteurs de risque de l'obésité (Spiegelman and Flier, 2001). L'analyse des apports en nutriments permet également d'identifier des facteurs de risque ou des facteurs protecteurs sur la santé. L'ANSES (Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail) émet par exemple des recommandations en termes d'équilibres entre les macronutriments sur les apports énergétiques totaux au cours d'une journée. Ces contributions énergétiques de glucides, lipides et protéines sont définies au sein de différentes populations (0-3 ans, 3-17 ans, adultes, personnes âgées, personnes actives à dépense énergétique élevée) (ANSES, 2016). Pour les adultes, les recommandations sont : 40-55% de glucides, 35-40% de lipides et 10-20% de protéines (sauf cas particuliers). Une contribution supérieure à 55% de glucides est associée à des risques d'insulinorésistance, de diabète, de maladies cardiovasculaires et de certains cancers (ANSES, 2016).

Groupes d'aliments

Les groupes d'aliments correspondent à la classification des aliments selon la cohérence de leur composition nutritionnelle et de leur utilisation dans les pratiques alimentaires (exemple : fruits et légumes, viandes, charcuterie, produits laitiers ...). L'utilisation des groupes d'aliments permet d'analyser et d'identifier plus simplement un ensemble d'aliments ayant un impact commun sur des conséquences de santé, mais également environnementales. En conséquence, cette utilisation simplifie également la mise en place des recommandations nutritionnelles. La consommation de fruits et légumes a par exemple été associée à une diminution du risque de maladies coronariennes (Dauchet et al., 2006), une diminution de l'incidence du diabète de type 2 (Carter et al., 2010), ou encore une diminution de la mortalité liée aux maladies cardiovasculaires (Wang et al., 2014), tandis que la consommation de viandes rouges et charcuteries a été associée à une augmentation du risque de cancer du côlon (Larsson and Wolk, 2006) et à des impacts environnementaux tels que l'augmentation d'émissions de gaz à effet de serre (Westhoek et al., 2014; Hallström et al., 2015).

Patterns alimentaires

Les patterns alimentaires permettent d'explorer les consommations alimentaires en tenant compte des aliments et boissons ingérés dans leur ensemble. Cette approche permet d'obtenir une

appréciation globale de l'alimentation (Hu, 2002). On distingue deux types de méthodes permettant de décrire les patterns alimentaires, les méthodes *a priori* et les méthodes *a posteriori* (Hu, 2002; Kant, 2004). Les méthodes *a priori* sont basées sur des indices ou scores du régime alimentaire qui permettent d'évaluer la concordance globale des consommations alimentaires avec des recommandations nutritionnelles ou un type de régime alimentaire (exemple : régime méditerranéen). Ces méthodes reposent alors sur les connaissances et hypothèses scientifiques préalablement établies sur le rôle des aliments et boissons. Les indices ou scores dépendent typiquement de la présence ou de l'absence de certains aliments et/ou nutriments. Ainsi, plusieurs scores ont été définis dans la littérature selon le type de concordance souhaité. Par exemple, en France, l'adhérence aux recommandations nutritionnelles émises par le HCSP peut être évaluée avec le score PNNS (Estaquio et al., 2009). Une meilleure adhérence à ces recommandations a par exemple été associée à une réduction de chance de présenter un syndrome métabolique (Lassale et al., 2013a) ou d'être obèse (Lassale et al., 2012). Les méthodes *a posteriori* sont basées sur des procédures statistiques d'analyse multidimensionnelle, telles que les analyses en composantes principales, les analyses factorielles ou les méthodes de classification. Ces analyses permettent de dériver des typologies de consommation. Les patterns alimentaires obtenus dépendent alors des consommations alimentaires de la population étudiée et non plus d'hypothèses préétablies. Il est donc possible d'identifier des typologies alimentaires à partir de méthodes statistiques qui peuvent par la suite être analysées avec des mesures d'état de santé (Kant, 2004), mais aussi des mesures d'impact sur l'environnement (Baroni et al., 2006; Sáez-Almendros et al., 2013). Un pattern alimentaire « Western » (caractérisé par une forte consommation de viandes rouges, charcuterie, frites, produits laitiers riches en lipides, féculents et produits sucrés) a par exemple été associé à une augmentation de risque d'avoir un diabète de type 2 chez les hommes (van Dam et al., 2002).

2.1.3. Choix alimentaires

L'alimentation peut également être étudiée sous l'angle des choix alimentaires. Ces aspects sont particulièrement étudiés dans les sciences économiques et comportementales et mettent en avant les arbitrages réalisés par un individu avant la consommation d'un aliment, notamment sur la perception des bénéfices et coûts immédiats et futurs attendus (Etievant et al., 2010). De nombreuses études se sont focalisées plus particulièrement sur les motivations des choix alimentaires. Plusieurs questionnaires ont été développés afin d'étudier ces motivations, dont

notamment le *Food Choice Questionnaire* (Steptoe et al., 1995), qui met en avant 9 facteurs : la santé, l'humeur, la simplicité, l'attrait sensoriel, la composition de l'aliment, le prix, le contrôle du poids, la familiarité, et la préoccupation. Les motivations les plus importantes généralement reportées sont le prix (Blaylock et al., 1999; Eertmans et al., 2005; Lindeman and Väänänen, 2000; Steptoe et al., 1995), la santé (Lê et al., 2013; Lindeman and Väänänen, 2000; Steptoe et al., 1995), l'attrait sensoriel (Januszewska et al., 2011; Steptoe et al., 1995), et l'humeur au moment de l'achat (Steptoe et al., 1995). Récemment, un questionnaire a été développé afin de prendre en compte les motivations liées aux aspects environnementaux et plus globalement une alimentation durable qui avaient été peu étudiées jusqu'à présent (Sautron et al., 2015).

2.1.4. Comportements alimentaires

Les comportements alimentaires représentent une part importante de la recherche sur les pratiques alimentaires. De nombreux types de comportements sont étudiés tels que la rythmicité des prises alimentaires (nombre, durée, heure), la taille des portions consommées, la pratique de régimes alimentaires, le jeûne, les troubles des conduites alimentaires (TCA), et autres types de comportement. Dans ce travail de thèse, nous nous intéressons plus particulièrement au grignotage et aux TCA.

Grignotage

Le grignotage correspond à une prise alimentaire en dehors des repas principaux culturellement définis (petit déjeuner, déjeuner et dîner). Le grignotage est une pratique alimentaire commune, comme ont pu le montrer de nombreuses études transversales et longitudinales (Bellisle, 2014). Dans la plupart des pays, le grignotage serait pratiqué au moins une fois par jour par environ 70% de la population adulte. En France, environ 68% de la population aurait recours au grignotage (Hassen et al., 2018).

La contribution énergétique journalière du grignotage varie selon les pays et les individus. Par exemple, le grignotage représente 5% des apports énergétiques en Chine et peut représenter jusqu'à 40% pour certaines populations aux Etats-Unis (Sebastian et al., 2011). Une étude réalisée sur un échantillon de la population française montre que le grignotage représenterait environ 14%

des apports journaliers avec une moyenne de 260,8 kcal (Hassen et al., 2018). Les prises alimentaires les plus fréquentes surviendraient l'après-midi (44,5%) (Hassen et al., 2018).

Le grignotage est un comportement alimentaire souvent étudié car sa pratique a évolué en concordance avec l'augmentation de la prévalence de l'obésité. Cependant, l'association entre grignotage et obésité est controversée. Plusieurs études montrent une absence de modification du poids en lien avec le grignotage (Hampl et al., 2003; Jon Schoenfeld et al., 2015; Viskaal-van Dongen et al., 2010), tandis que d'autres études montrent une association positive entre le grignotage et le risque d'être en surpoids, suggérant que le grignotage entraîne une augmentation des apports énergétiques (Basdevant et al., 1993; Colles et al., 2007; Forslund et al., 2005; McDonald et al., 2009).

Ces résultats contrastés pourraient s'expliquer par l'importante variabilité de la qualité nutritionnelle de ces prises alimentaires selon les individus (O'Connor et al., 2015). En France par exemple, les produits gras et sucrés et les fruits sont les principaux aliments consommés (ANSES, 2017; Hassen et al., 2018). Des études montrent globalement une plus forte proportion de glucides et une plus faible proportion de lipides, acides gras saturés et sel lors du grignotage en comparaison des autres prises alimentaires (Bellisle et al., 2003; Myhre et al., 2015). Le grignotage peut donc être associé à des choix alimentaires de plus ou moins bonnes qualités nutritionnelles (Hartmann et al., 2013). Les apports énergétiques dépendent alors de la fréquence du grignotage au cours d'une journée, ainsi que du moment de la prise alimentaire. Le grignotage réalisé le matin a été observé comme étant moins énergétique que le grignotage réalisé l'après-midi ou le soir (Hassen et al., 2018). De plus, les individus réalisant des consommations excessives ne prévoient pas de compenser ces excès (de Graaf, 2006).

Troubles des conduites alimentaires

Les troubles des conduites alimentaires (ou également appelés troubles du comportement alimentaire) sont définis comme une perturbation grave des conduites alimentaires avec une perte de contrôle des prises alimentaires, correspondant par exemple à une restriction ou une consommation alimentaire excessive (Fairburn and Harrison, 2003). Cette perturbation entraîne alors une détérioration clinique de la santé physique et mentale ou du fonctionnement psychosocial. Une caractéristique souvent présente des TCA est la présence d'un trouble de la perception de

l'image corporelle. Les TCA sont classés dans l'axe I des troubles majeurs cliniques de la classification du DSM-V (5^{ème} version du Manuel diagnostique et statistique des troubles mentaux) développée par l'*American Psychiatric Association (APA)* (APA, 2013; Crocq and Guelfi, 2015).

Dans cette dernière version, les TCA sont classés selon plusieurs catégories :

- l'anorexie mentale ;
- la boulimie ;
- l'hyperphagie boulimique ;
- les formes atypiques et autres types de TCA (orthorexie, mérycisme ...).

L'anorexie mentale est caractérisée par une peur intense de prendre du poids malgré un amaigrissement et des pertes de poids volontaires. Les personnes diagnostiquées avec une anorexie mentale présentent une perturbation de leur image corporelle avec une surévaluation de cette image (avec une estime de soi basée parfois entièrement selon leur image corporelle). La personne anorexique a tendance à banaliser ou dissimuler l'amaigrissement. Les autres caractéristiques de l'anorexie mentale sont un poids de 15% inférieur à la normale ou au poids attendu. Il existe deux sous-types d'anorexie mentale :

- l'anorexie mentale de type restrictif : restriction alimentaire excessive sans crises de boulimie et vomissements ou prises de purgatifs ;
- l'anorexie mentale de type purgatif : alternation entre des épisodes de restrictions alimentaires excessives et des crises de boulimie et un comportement compensatoire (vomissements provoqués, prises de purgatifs comme laxatifs et/ou diurétiques, lavements, jeûne, exercice physique excessif).

La boulimie est caractérisée par des épisodes répétés de crises de boulimie (*binge eating* en anglais). Les crises de boulimie sont des absorptions de grandes quantités de nourriture (typiquement entre 1000 et 2000 kcal) correspondant à une hyperphagie incontrôlée dans un temps assez court. La personne boulimique présente alors un sentiment de perte de contrôle sur son comportement alimentaire pendant la crise (impossibilité de pouvoir s'arrêter de manger ou de ne pas pouvoir contrôler ce qu'elle mange ou la quantité). La crise de boulimie est suivie de comportements compensatoires inappropriés et récurrents afin de prévenir une éventuelle prise de poids. Comme pour l'anorexie mentale, elle est également caractérisée par une estime de soi basée sur l'image corporelle. De plus, contrairement à l'anorexie mentale, les épisodes d'hyperphagie

n'interviennent pas exclusivement à la suite d'épisodes de restrictions alimentaires. L'IMC des individus avec une boulimie n'est pas en-dessous du seuil normal.

L'hyperphagie boulimique est similaire à la boulimie. Elle est caractérisée par des épisodes répétés de crises de boulimie, mais sans comportement compensatoire. Ils peuvent notamment être associés à une consommation de grandes quantités d'aliments en l'absence de sensation de faim ou un dégoût, culpabilité et autres émotions négatives éprouvées à la suite de consommations excessives. Les individus présentant ce type de TCA ont donc généralement un IMC plus élevé du fait de l'apport excessif de calories.

Il existe d'autres types de TCA ne rentrant pas dans les définitions précédemment décrites. Ces TCA peuvent être très proches de l'anorexie mentale ou de la boulimie, mais un des critères nécessaires à leur diagnostic est typiquement absent. Il peut par exemple s'agir d'une anorexie mentale ou d'une boulimie à durée limitée ou peu fréquente, de comportements compensatoires sans crises de boulimies. Dans ces autres types de TCA, on retrouve également de façon non exhaustive les épisodes de compulsions alimentaires nocturnes ou l'orthorexie (comportement obsessionnel avec la recherche d'une alimentation saine et présentant le moins de risque pour la santé).

La prévalence des TCA varie selon les pays et il existe peu d'études épidémiologiques à cet égard en France, notamment avec l'évolution des définitions et des critères de diagnostic. De manière générale, les TCA atteignent plus fréquemment une population jeune et les femmes (Fairburn and Harrison, 2003). En Europe, les prévalences des TCA chez les femmes seraient d'environ 4% pour l'anorexie mentale, 2% pour la boulimie, 4% pour l'hyperphagie boulimique, et 3% pour les autres types de TCA (Keski-Rahkonen and Mustelin, 2016). Chez les hommes, les TCA concerneraient entre 0,3 et 0,7% de la population (Keski-Rahkonen and Mustelin, 2016). Les TCA représentent un facteur de risque important de mortalité, particulièrement pour les sujets avec une anorexie mentale (Fichter and Quadflieg, 2016).

2.2. Obésité

2.2.1. Définition

L'une des principales conséquences de l'évolution de l'alimentation et des pratiques alimentaires est l'augmentation de la prévalence de l'obésité (Hu, 2008). L'obésité est définie comme un IMC supérieur ou égal à 30 kg/m² selon l'organisation mondiale de la santé (OMS) (WHO, 2000). Elle est caractérisée par une accumulation excessive d'adiposité et est un important facteur de risque pour le diabète de type 2, les maladies cardiovasculaires et certains cancers (Malik et al., 2013). Ces conséquences sont notamment liées aux perturbations de la pression artérielle, de la glycémie et du taux de cholestérol (Cecchini et al., 2010). Près de 32% des individus obèses vivent avec une pathologie chronique (15% pour la population normale) (Matta et al., 2018), et plus de deux tiers des décès liés à un niveau d'IMC élevé sont dus aux maladies cardiovasculaires (The GBD 2015 Obesity Collaborators, 2017). L'obésité a également pour conséquences des troubles musculosquelettiques, des problèmes d'articulations (arthrose, tassement vertébraux ...), une remise en cause du bien-être psychologique (dépression, estime de soi liée aux stigmatisations ...) et un impact social (Dixon, 2010). L'évolution des pratiques alimentaires avec la globalisation et l'urbanisation des sociétés a largement contribué à l'augmentation de sa prévalence par l'augmentation des apports caloriques, mais également par la diminution de l'activité physique. L'obésité est alors la conséquence d'une différence énergétique positive entre les apports et les dépenses énergétiques, ce qui contribue à l'augmentation des réserves adipeuses, voir Figure 2.

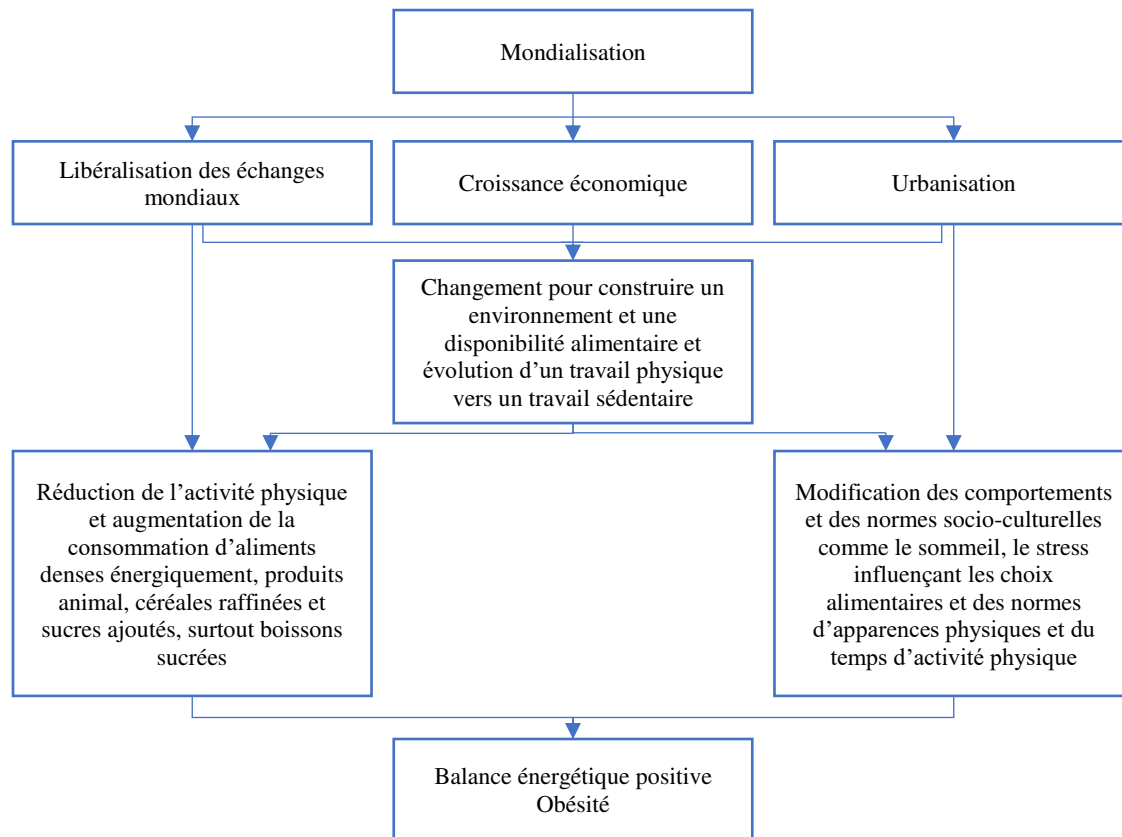


FIGURE 2 | Représentation de la relation entre globalisation et obésité. Tirée de (Malik et al., 2013).

Les risques liés à l'obésité dépendent également de la répartition des réserves adipeuses. En particulier, l'obésité abdominale représente un facteur de risque important du syndrome métabolique et des maladies cardiovasculaires (Després and Lemieux, 2006). Elle est caractérisée par un excès de tissu adipeux au niveau de la taille (obésité androïde), au contraire de l'obésité gynoïde caractérisée par des réserves adipeuses principalement situées dans la partie inférieure du corps.

Plusieurs méthodes anthropométriques sont régulièrement utilisées afin de repérer une accumulation de masse grasse comme le tour de taille, le ratio taille/hanches ou les plis cutanés. D'autres méthodes permettent d'avoir une meilleure estimation de la composition corporelle comme l'absorptiométrie bi-photonique à rayons X (DXA, *Dual-energy X-ray absorptiometry*), les techniques d'imagerie médicale (imagerie par résonance magnétique ou tomographie), les mesures de densité corporelle (hydrodensitométrie, pléthysmographie), ou encore des méthodes de

quantification *in vivo* (analyse par activation neutronique, dosage du potassium 40) (Gibney et al., 2002). Cependant, l'IMC présente plusieurs avantages importants dans le contexte d'études épidémiologiques. Il s'agit d'une donnée pouvant être auto-déclarée (à partir des données de poids et de taille connues des participants), facilement reproductible et d'un bon indicateur de la masse grasse par rapport aux méthodes de référence (WHO, 2000). Cependant, l'auto-déclaration des données anthropométriques peut mener à des erreurs de mesures avec une sous-estimation du poids pouvant potentiellement être liée à un biais de désirabilité (Engstrom et al., 2003; Taylor et al., 2006). De plus, deux individus possédant le même IMC peuvent avoir des niveaux et une répartition d'adiposité très différents, notamment au sein de populations distinctes (Deurenberg et al., 1998). Enfin, l'IMC ne permet pas de discriminer la masse grasse de la masse maigre sur le plan individuel. A partir d'études sur cet indicateur et des conséquences sur la santé qui y sont associées, l'OMS a défini plusieurs catégories de statut pondéral :

- $IMC < 18,5 \text{ kg/m}^2$: maigreur ;
- $IMC \geq 18,5 \text{ et } < 25,0 \text{ kg/m}^2$: normal ;
- $IMC \geq 25,0 \text{ kg/m}^2$: surpoids ;
- $IMC \geq 30,0 \text{ kg/m}^2$: obésité ;
- $IMC \geq 30,0 \text{ et } < 35,0 \text{ kg/m}^2$: obésité de classe I ;
- $IMC \geq 35,0 \text{ et } < 40,0 \text{ kg/m}^2$: obésité de classe II ;
- $IMC \geq 40,0 \text{ kg/m}^2$: obésité de classe III ;

2.2.2. Epidémiologie de l'obésité

Selon l'OMS, en 2016, plus de 1,9 milliards d'adultes étaient en surpoids ($IMC \geq 25,0 \text{ kg/m}^2$), avec 650 millions de personnes obèses (WHO, 2018). Les prévalences de surpoids et d'obésité étaient donc estimées à 39% et 13% dans le monde (WHO, 2018). Plus particulièrement, environ 39% et 11% des hommes étaient en surpoids ou obèses, tandis que 40% et 15% des femmes étaient en surpoids ou obèses (WHO, 2018). L'obésité a environ triplé depuis 1975, cependant le taux d'augmentation de l'obésité entre 1980 et 2015 est resté similaire entre les hommes et les femmes (The GBD 2015 Obesity Collaborators, 2017). Aucun pays n'a présenté de diminution significative de l'obésité ces dernières décennies, même s'il y a une diminution du taux d'augmentation dans les pays développés (Ng et al., 2014).

En France, l'étude ENNS, réalisée en 2006 sur un échantillon représentatif de la population française, montrait que les adultes de 18-74 ans avaient une prévalence de l'obésité de 16,9% et une prévalence du surpoids de 32,4% (InVS, 2007). La proportion d'obésité était de 16,1% chez les hommes et 17,6% chez les femmes. Concernant le surpoids, les proportions étaient de 41,0% chez les hommes et 23,8% chez les femmes. Le pourcentage d'individus obèse augmentait avec l'âge et atteignait jusqu'à 24,0% des hommes et 24,1% des femmes ayant entre 55 et 74 ans. Au total, 49,3% des adultes étaient en surpoids ou obèses, avec 57,2% chez les hommes et 41,4% chez les femmes. En ce qui concerne les prévalences des différentes classes d'obésité, 12,5% des adultes présentaient une obésité de classe I (hommes : 12,9% et femmes : 12,1%), 3,4% présentaient une obésité de classe II (hommes : 2,5% et femmes : 4,2%), et 1,0% présentaient une obésité de classe III (hommes : 0,7% et femmes : 1,2%).

Globalement, à partir des données de l'étude Esteban réalisée en 2015, la corpulence moyenne de la population adulte n'a pas évolué de façon significative par rapport à l'étude ENNS (Verdot et al., 2017), voir Figure 3. Cette étude montre également que la prévalence de surpoids (obésité incluse) des enfants de 6-17 ans est de 17%, dont 4% d'obèses. En prenant en compte l'ensemble de la population (enfants et adultes), la prévalence du surpoids et de l'obésité n'a pas évolué. En revanche, la prévalence de la maigreur a augmenté chez les hommes et chez les filles de 11-14 ans.

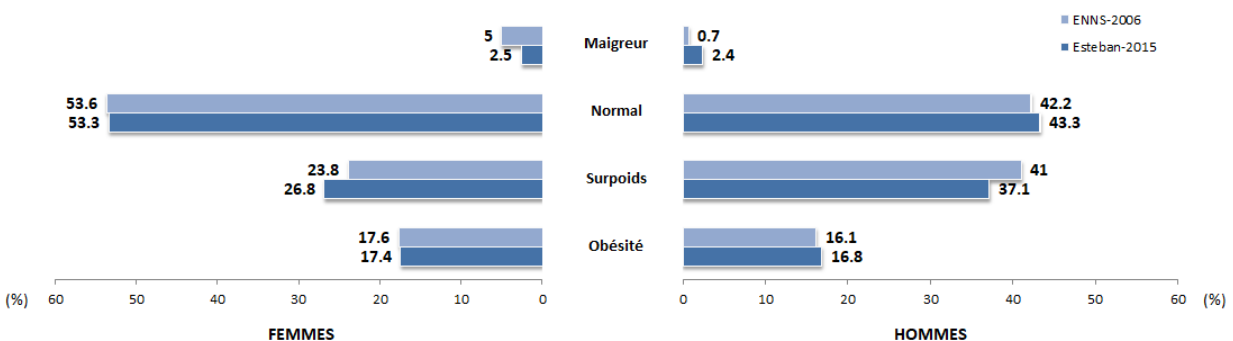


FIGURE 3 | Comparaison des données de corpulence des adultes de 18-74 ans entre les études ENNS (2006) et Esteban (2015).

3. Déterminants des comportements alimentaires et de l'obésité

3.1. Généralités

En vue d'adresser les enjeux de santé publique et environnementaux posés par les pratiques alimentaires, une part importante de la recherche sur les comportements alimentaires et l'obésité consiste à en étudier les déterminants. Une synthèse interdisciplinaire de l'état des connaissances sur les déterminants des comportements alimentaires a été réalisée par un groupe de travail d'experts (Symmank et al., 2017). Elle s'est basée sur une revue systématique de plus de 1 820 travaux scientifiques ayant permis d'identifier 441 déterminants en tenant compte du rôle de l'âge (différences entre enfants, adultes et personnes âgées). Les résultats de cette synthèse ont donné lieu au *DONE framework (Determinants Of Nutrition and Eating)*, regroupant les déterminants des comportements alimentaires sous 51 catégories, elles-mêmes rassemblées selon 4 niveaux principaux : les déterminants politiques, les déterminants interindividuels, les déterminants environnementaux, et les déterminants individuels, voir Figure 4. Ces déterminants sont également plus ou moins directement liés à l'obésité puisque l'obésité est la résultante de l'interaction entre alimentation, facteurs génétiques, facteurs environnementaux et activité physique.

Déterminants des comportements alimentaires

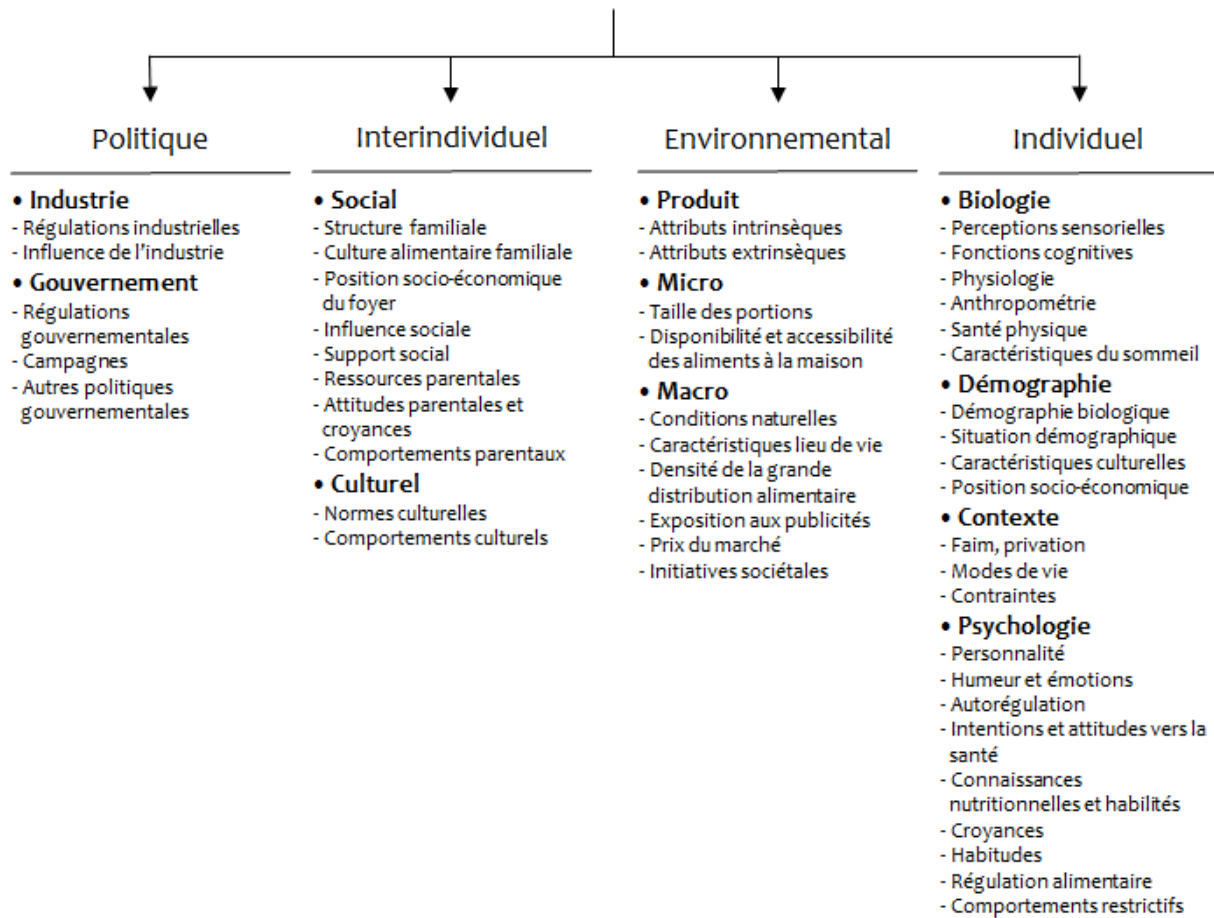


FIGURE 4 | Déterminants de l'alimentation selon les données du DONE (Determinants Of Nutrition and Eating) *framework* (DEDIPAC knowledge hub).

3.2. Déterminants politiques

Les politiques nutritionnelles émises par les gouvernements ont un impact important sur les comportements alimentaires à travers de multiple moyens de régulation (Downs et al., 2009; Hawkes et al., 2015; Liu et al., 2014). En France, ces politiques nutritionnelles visent à favoriser « l'éducation, l'information et l'orientation de la population ; la création d'un environnement favorable au respect des recommandations ; la prévention, le dépistage et la prise en charge des troubles nutritionnels dans le système de santé ; la mise en place d'un système de surveillance de l'état nutritionnel de la population et de ses déterminants ; le développement de la formation et de la recherche en nutrition humaine. » (article L3231-1 du Code de la santé publique). Un des premiers leviers de ces politiques gouvernementales concerne l'information nutritionnelle mise à disposition des consommateurs via les recommandations nutritionnelles. Ces recommandations peuvent être appuyées à partir de campagnes de prévention nutritionnelle. Il existe cependant d'autres possibilités d'intervention telles que la régulation des logos nutritionnels, l'étiquetage des produits alimentaires, les taxes alimentaires ou encore la régulation des publicités (Etievant et al., 2010; Inserm, 2017).

Les autres décisions politiques émises en dehors du champ de la nutrition peuvent également indirectement affecter les comportements alimentaires (Booth et al., 2001). Les politiques d'éducation ont par exemple un impact sur les facteurs individuels tels que les connaissances, compétences et croyances nutritionnelles. Les politiques de transport et d'urbanisation ont un impact sur les facteurs sociaux (par exemple le travail), les facteurs environnementaux (lieu de vie, accès à la grande distribution), et les facteurs individuels (activité physique). Enfin, les politiques économiques influencent directement les revenus des ménages et le budget dédié aux choix alimentaires.

Les comportements alimentaires sont également déterminés par la législation autour de la composition nutritionnelle et des caractéristiques des produits alimentaires, à laquelle l'industrie agroalimentaire doit se conformer. L'industrie agroalimentaire peut cependant influencer les consommations alimentaires à travers diverses stratégies politiques telles que le lobbying (Mialon and Mialon, 2018; Nestle, 2013).

3.3. Déterminants interindividuels

3.3.1. Facteurs sociaux

Les politiques en santé publique se sont essentiellement focalisées sur les déterminants individuels des comportements alimentaires (Delormier et al., 2009), mais il est indispensable de prendre en compte le contexte socio-culturel dans les interventions publiques.

Il existe des inégalités sociales importantes en lien avec l'alimentation qui déterminent l'adoption des recommandations nutritionnelles. Les recommandations et normes nutritionnelles sont perçues de façon différentes selon le milieu social (Inserm, 2014). Les classes sociales supérieures avec un niveau d'éducation élevé sont généralement plus sensibles aux recommandations (Etievant et al., 2010). Cependant, ces recommandations ou normes nutritionnelles ne sont pas seulement véhiculées par les politiques publiques, mais également par l'entourage des consommateurs (famille, proches, médecins ou médias). Cette influence sociale peut créer une abondance d'informations rendant difficile la prise de décision des consommateurs, et répand également des normes corporelles, auxquelles l'adhésion diffère selon l'appartenance sociale ou entre les hommes et les femmes. Par exemple, les femmes présentent généralement des insatisfactions plus importantes concernant leur apparence (Feingold and Mazzella, 1998; Furnham et al., 2002), se traduisant par des pratiques plus importantes de contrôle de leur poids (Provencher et al., 2003; Regnier, 2008). Cette préoccupation de l'image corporelle peut dans certains cas être excessive et représenter un facteur de risque des TCA (Fairburn and Harrison, 2003; Shankland, 2016).

Parmi toutes ces influences, la structure familiale joue un rôle particulier. Les pratiques alimentaires des enfants sont fortement influencées par celles des parents (Pearson et al., 2009). Ainsi, la position socio-économique des parents, la cohésion familiale, la taille du foyer, les pratiques culinaires du foyer, les connaissances nutritionnelles du foyer, et la culture alimentaire familiale représentent un ensemble de déterminants essentiels du comportement alimentaire. La part du budget dédiée à l'alimentation représente en moyenne 22% du budget total des ménages vivant en-dessous du seuil monétaire de pauvreté en 2006, et peut représenter jusqu'à 50% du budget des ménages les plus pauvres (Etievant et al., 2010). Cette contrainte budgétaire est d'autant

plus importante que les produits les plus denses énergétiquement sont les moins chers, ce qui représente un obstacle vers l'amélioration des consommations alimentaires et la réduction des inégalités sociales (Darmon and Drewnowski, 2008; Drewnowski and Specter, 2004).

3.3.2. Facteurs culturels

Le lien entre les individus et les pratiques alimentaires est également très variable selon les cultures. Par exemple, la structuration des repas est déterminée par une dimension culturelle forte, avec en France, les 3 repas principaux que sont le petit déjeuner, le déjeuner et le dîner. Cette structuration représente la structure alimentaire de 70% des adultes (ANSES, 2017). Les codes et normes culturelles sont différents d'un pays à un autre, ce qui se traduit par des attitudes différentes par rapport à l'alimentation (Rozin et al., 1999). Ces différences apparaissent également au niveau régional avec de plus fortes consommations de produits régionaux et de spécialités locales. De nombreux comportements alimentaires sont donc issus de traditions culturelles, coutumes culinaires ou rituels religieux. Cependant, ces comportements pourraient être modifiés par la mondialisation et l'acculturation des pratiques alimentaires, notamment au niveau des jeunes générations (Etievant et al., 2010).

3.4. Déterminants environnementaux

3.4.1. Facteurs liés aux produits

Les propriétés des produits alimentaires peuvent être divisées en propriétés intrinsèques (composition et structure de l'aliment), et propriétés extrinsèques (présentation et éléments extérieurs).

Pour un même apport calorique, les effets sur la satiété peuvent être différents selon les macronutriments. (Gerstein et al., 2004; Halton and Hu, 2004). Ainsi, les protéines entraînent un effet de rassasiement et de satiété plus important que les glucides et les lipides. De plus, l'apport de fibres alimentaires est associé à une augmentation de la satiété et une diminution de l'apport calorique (Bolton et al., 1981; Burton-Freeman, 2000; Howarth et al., 2001). La prise alimentaire peut aussi être modulée par la forme et la texture de l'aliment. Les produits alimentaires se présentent sous forme solide, semi-solide ou liquide ce qui peut conduire à des apports énergétiques

différents (Etievant et al., 2010), et la texture modifie l'attrait sensoriel et détermine l'acceptabilité des aliments (DiMiglio and Mattes, 2000; Etievant et al., 2010).

Concernant les propriétés extrinsèques des aliments, des éléments comme la marque, le format, l'emballage et l'étiquetage des produits alimentaires peuvent favoriser leur consommation. Le nom ou le logo d'une marque ont par exemple une incidence sur les attentes d'un aliment (Story and French, 2004). La forme de l'emballage ou sa taille influencent les consommations en véhiculant des normes sur son mode de consommation (Wansink, 2004). De plus, les expositions environnementales comme la présence de métabolites tels que le bisphénol A ont été associées avec une prise de poids. Le bisphénol A, notamment présent dans les emballages (Rudel et al., 2011), pourrait avoir un rôle de perturbateur endocrinien favorisant le risque d'obésité (Song et al., 2014). Enfin, l'étiquetage nutritionnel représente une source d'information utilisée par les consommateurs afin de réaliser leurs choix alimentaires et son utilisation est associée à un meilleure qualité du régime alimentaire (Campos et al., 2011).

3.4.2. Facteurs micro-environnementaux

Les facteurs environnementaux peuvent être distingués entre les facteurs micro-environnementaux, qui concernent l'environnement du repas ou d'une prise alimentaire, et les facteurs macro-environnementaux, qui représentent tous les facteurs extérieurs précédant la prise alimentaire ou même l'achat de produits alimentaires.

La taille des portions des prises alimentaires est un facteur particulièrement étudié car elle est associée à de plus fortes consommations alimentaires (Diliberti et al., 2004; Freedman and Brochado, 2010; Rolls et al., 2002). De plus, les individus n'ont souvent pas conscience de ces excès ou de la raison de ces excès (Cohen and Farley, 2007). La disponibilité, la visibilité et l'accessibilité des produits alimentaires à la maison peuvent également influencer les pratiques alimentaires et culinaires (Cohen and Farley, 2007; Rosenkranz and Dzewaltowski, 2008), avec par exemple une plus forte consommation alimentaire lorsque l'effort à fournir est minime (Painter and Wansink, 2002). Enfin, les prises alimentaires peuvent être déterminées par la présence de distractions. La sensibilité à la distraction des individus représente la perte d'attention portée sur la prise alimentaire, avec une absence de conscience de l'acte d'ingestion et de la qualité et de la quantité des aliments ingérés (Etievant et al., 2010; Feldman et al., 2007). Ces distractions

correspondent par exemple à la télévision, la lumière, la température ou encore les bruits environnants et mènent à des apports caloriques plus importants (Wansink, 2004). Plus particulièrement, le temps passé devant la télévision est un facteur majeur qui a été associé de façon répétée à une activité physique plus faible (Andersen et al., 1998), et à l'obésité (Hu et al., 2003).

3.4.3. Facteurs macro-environnementaux

Il existe de nombreux types de facteurs environnementaux. La saisonnalité est un facteur environnemental influençant directement les consommations alimentaires (Ma et al., 2006; Shahar et al., 2001). Les facteurs environnementaux bâtis tels que le lieu de résidence, les zones piétonnes, le degré d'urbanisation, l'étalement urbain (développement de zones urbaines en périphérie des villes plus rapide que le croissance démographique), ou encore l'utilisation des terres ont été associés à une variation du niveau d'activité physique (Durand et al., 2011) et à l'obésité (Booth et al., 2005). La disponibilité, l'accessibilité et les prix des produits alimentaires des différents modes d'approvisionnement (épiceries, marchés, supermarchés) ou de services de restauration influencent aussi les choix alimentaires des consommateurs, que ce soit autour du foyer ou du lieu de travail (Booth et al., 2001; Popkin et al., 2005).

3.5. Déterminants individuels

3.5.1. Facteurs biologiques

Physiologie

Le système nerveux central reçoit un ensemble de signaux physiologiques permettant de réguler la prise alimentaire (Etievant et al., 2010). La faim est considérée comme le déclencheur de la prise alimentaire et correspond à une baisse transitoire de la glycémie (Campfield and Smith, 2003). Au cours de la prise alimentaire, le système nerveux central reçoit des signaux sensoriels et digestifs procurant la sensation de rassasiement. Les signaux sensoriels dépendent des facteurs sensoriels des aliments, tels que l'aspect, le goût, l'odeur et la texture et agissent donc à plusieurs niveaux de la prise alimentaire (pré-ingestif, au moment de l'ingestion et post-ingestif). La satiété est augmentée pour des aliments palatables, alors qu'elle est diminuée si les aliments sont désagréables (Bellisle et al., 1984). Les signaux digestifs sont déclenchés par le passage des nutriments dans le système digestif. Ces signaux dépendent de la distension gastrique (Geliebter, 1988), de la sécrétion d'hormones et peptides entéro-digestifs tels que l'insuline, la cholécystokinine ou le peptide YY₃₋₃₆ (Batterham et al., 2003; Stanley et al., 2005), de l'interaction nutriments-entérocytes (Tome et al., 2009; Wang et al., 2008), et du microbiote intestinal (Ley et al., 2006; Turnbaugh et al., 2006). Enfin, la prise alimentaire est régulée sur le long terme par deux facteurs hormonaux : la leptine (Lönngqvist et al., 1995; Pelleymounter et al., 1995) et la ghréline (Romon et al., 2006; Wren et al., 2001). La circulation en leptine est positivement associée à la masse adipeuse. Elle diminue lors du jeûne et augmente après le repas, ayant pour effet une inhibition de la prise alimentaire. La ghréline augmente la prise alimentaire. Sa circulation dans l'estomac est à son maximum avant le repas et diminue après celui-ci. Son action est donc antagoniste à la leptine. Du fait de l'ensemble de ces facteurs hormonaux, l'hypothalamus et les régions extra-hypothalamiques jouent un rôle central dans la régulation de la prise alimentaire.

Aspects sensoriels

Les signaux sensoriels interagissent avec les signaux digestifs pour influencer les préférences alimentaires (Rolls et al., 1982; Sørensen et al., 2003). La palatabilité des aliments

représente un indicateur de l'évaluation hédonique des caractéristiques orosensorielles des aliments (Etievant et al., 2010). Elle correspond en partie à une réponse du système de récompense aux stimulations et propriétés sensorielles des aliments. Les caractères sucré, gras, salé, amer ou encore l'addition de glutamate sont associés à cette palatabilité des aliments et stimule l'appétit (Bellisle, 1998; Mizushige et al., 2007; Sørensen et al., 2003; Yeomans et al., 2004). Plus la palatabilité d'un aliment augmente, plus la prise alimentaire est importante (Sørensen et al., 2003; Yeomans et al., 2004). Une étude a montré une association positive entre une forte préférence pour les aliments gras et les apports caloriques, avec notamment des consommations élevées en acide gras saturés, viandes et beurre (Méjean et al., 2014b). Globalement, les préférences pour le gras et le salé ont été positivement associés à l'IMC (Deglaire et al., 2015).

Génétique

La sensibilité aux propriétés sensorielles des aliments, notamment l'amertume, est influencée par des facteurs génétiques (Drewnowski, 2001; Drewnowski et al., 2001). La sensibilité génétique à l'amertume a été déterminée comme un marqueur de différences individuelles des préférences et comportements alimentaires (Tepper, 2008). Certains gènes sont également retrouvés associés à des mécanismes de régulation du comportement alimentaire comme la satiété (den Hoed et al., 2009; Wardle et al., 2008), ou certains signaux sensoriels comme le goût ou l'odorat (Bachmanov and Beauchamp, 2007; Mombaerts, 2004). La relation entre la prédisposition génétique et la prise de poids a pu être montrée à partir d'études sur les jumeaux (Bouchard and Tremblay, 1997; Faith et al., 1999; Stunkard et al., 1986), montrant globalement une part importante d'héritabilité de l'obésité (Bell et al., 2005). De nombreux gènes, marqueurs ou régions chromosomiques ont été associés à l'obésité (Clément et al., 1998; Dina et al., 2007; Jacquemont et al., 2011; Rankinen et al., 2006; Speliotes et al., 2010; Vaisse et al., 1998; Walters et al., 2010). De plus, un risque d'obésité chez les jeunes adultes dû à une obésité parentale a également été mis en évidence (Whitaker et al., 1997), notamment par des processus épigénétiques (Soubry, 2015; Soubry et al., 2015).

Démographie

Les indicateurs individuels tels que le sexe, l'âge, la classe sociale, les revenus, le niveau d'études, la profession et le statut face à l'emploi constituent d'importants déterminants des comportements alimentaires (Giskes et al., 2002; Hulshof et al., 2003). Le sexe d'un individu représente un déterminant des préférences alimentaires (Lampuré et al., 2015). L'impact du sexe apparaît dans un premier temps au niveau des différences de besoins énergétiques (plus importants pour les hommes) et de nutriments, puis joue un rôle au niveau des comportements et habitudes alimentaires qui apparaissent dès l'adolescence (normes et pressions sociales) (Rolls et al., 1991; Wardle et al., 2004). Des différences de préférences et de consommations alimentaires surviennent également en fonction de l'âge (Birch, 1999; Lampuré et al., 2015). Les enfants et adolescents sont plus susceptibles de consommer des aliments transformés ne demandant pas de préparation comme la consommation de fast-foods (Paeratakul et al., 2003), et la planification des repas est associée positivement avec l'âge (Ducrot et al., 2017). Le niveau de revenu et les prix des produits alimentaires conditionnent les choix réalisés, notamment parmi les personnes avec une faible position socio-économique. Lorsque le prix d'un aliment augmente, sa consommation diminue (Epstein et al., 2007). De façon générale, les individus avec un niveau d'éducation élevé présentent une meilleure intégration des normes et recommandations nutritionnelles (Bowman, 2007; Parmenter et al., 2000). Cela se traduit par une meilleure qualité d'alimentation pour ces individus avec par exemple une consommation de fruits et légumes élevée et variée et une plus faible consommation d'aliments transformés (Darmon and Drewnowski, 2008; Inserm, 2014). En France, le niveau d'éducation est corrélé avec les apports en fibre et les aliments de faible densité énergétique, mais n'est pas corrélé avec les apports énergétiques (totaux et sans alcool) (ANSES, 2017).

3.5.2. Facteurs de contexte

Les personnes avec une faible position-économique ont également plus de chance de se retrouver en situation d'insécurité et de privation alimentaire. Les individus se retrouvant dans cette situation adaptent leurs choix en fonction de leurs ressources et consomment par exemple moins de fruits et légumes, notamment dans un contexte de faim important (Tarasuk, 2001).

Les choix alimentaires des individus dépendent aussi de leur mode de vie. La planification et la préparation des repas dépendent en partie d'une contrainte de temps, qui repose sur le niveau de priorisation des consommateurs sur ces tâches. La balance entre temps de vie, travail et loisirs, ainsi que le développement des plats préparés et fast-foods conduisent à des choix alimentaires de moins bonnes qualités nutritionnelles (Blaylock et al., 1999; Boutelle et al., 2007; Bowman and Vinyard, 2004; Pollard et al., 2002). La préparation des repas est associée à un régime alimentaire de meilleure qualité (Larson et al., 2006) et les repas réalisés à l'extérieur du foyer sont associés à une moins bonne qualité nutritionnelle (Guthrie et al., 2002; Todd et al., 2010).

En dehors des pratiques culinaires, d'autres facteurs de mode de vie tels que la pratique d'activités physiques, le sommeil, ou la consommation de tabac ont un impact sur les comportements alimentaires et l'obésité. Un faible niveau d'activité physique, une diminution de celle-ci et les activités sédentaires représentent un facteur de risque du gain de poids (Erlichman et al., 2002; Fogelholm and Kukkonen-Harjula, 2000; Must and Tybor, 2005). Les recommandations mondiales de l'OMS en matière d'activité physique portent sur trois groupes d'âge (5-17 ans, 18-64 ans et 64 ans et plus). Par exemple, pour les 18-64 ans, il est recommandé de pratiquer une activité physique d'intensité modérée au moins 150 minutes par semaine (ou 75 minutes d'activité d'endurance d'intensité soutenue) (WHO, 2010). Une faible durée de sommeil est associée à une augmentation des apports énergétiques et des apports en lipides (St-Onge et al., 2011), et plus globalement à l'obésité (Cappuccio et al., 2008; Patel and Hu, 2008). Sur une période de 16 ans, les femmes qui dormaient en moyenne moins de 5 heures par nuit avaient 32% de chance en plus de gagner au moins 15 kg par rapport à celles qui dormaient entre 7 à 8 heures (Patel et Hu 2008). Enfin, la consommation de tabac et plus particulièrement son arrêt, ont été associés à une prise de poids (Filozof et al., 2004; Hu et al., 2018). Cependant, la relation entre tabac et le poids est complexe, et il existe une grande variabilité sur le gain de poids, notamment selon les caractéristiques socio-démographiques des individus (Chioloro et al., 2008). Le tabac est également associé à des patterns alimentaires de moins bonne qualité nutritionnelle, avec notamment des apports caloriques plus élevés et une consommation d'alcool plus importante (Dallongeville et al., 1998).

3.5.3. Facteurs psychologiques

Plusieurs concepts psychologiques ont été développés afin de prédire et modifier les comportements. Historiquement, un des concepts les plus utilisés est la théorie du comportement planifié qui vise à expliquer les comportements des individus en fonction de leur attitude (vis-à-vis du comportement), de leurs normes sociales, de leur auto-efficacité (croyance d'un individu sur sa capacité à réaliser une tâche), et du contrôle perçu sur leur comportement (Ajzen, 1991). Cependant, de nombreuses critiques ont été énoncées à l'égard de ce modèle portant notamment sur la trop grande importance accordée à la rationalité des individus sur leur comportement et leur prise de décision, en sous-estimant par exemple le rôle des habitudes (Riet et al., 2011; Sniehotta et al., 2014). En effet, il a été démontré que l'habitude jouait un rôle prépondérant dans les comportements liés aux pratiques culinaires, aux choix alimentaires ou au niveau des heures des prises alimentaires (Etievant et al., 2010). Les habitudes alimentaires, qui représentent un ensemble de comportements ou d'actions appris et renforcés au cours du temps, sont déclenchées par des stimuli environnementaux ou autres déterminants en dehors du contrôle du consommateur et provoquent des comportements inconscients (Riet et al., 2011). Une des solutions permettant de modifier ses habitudes alimentaires est d'exercer une autorégulation sur ses comportements. La théorie centrée autour du concept d'autorégulation ou de maîtrise de soi (*self-control* en anglais) est particulièrement intéressante car elle peut être associée aux processus cognitifs inconscients ou irréflectifs, ainsi qu'au rôle des émotions afin de prédire les comportements (Hagger et al., 2010; Ph.D and Fong, 2007; Sheeran et al., 2013).

Autorégulation

Les individus ont la possibilité de s'opposer à certaines influences (physiologiques, environnementales) ou leurs habitudes en appliquant un processus d'autorégulation de leur comportement en fonction d'un objectif souhaité. Par exemple, il est possible de résister à la tentation de consommer un produit sucré suite à une sensation de faim, de réguler la taille des portions lors de repas en fonction de ses besoins, ou de faire un effort afin de changer ses habitudes alimentaires de manière plus globale. Toutes ces actions nécessitent une autorégulation ou une maîtrise de soi concernant ses comportements. La capacité d'autorégulation repose sur la gestion du soi et la modulation de ses propres réponses dans le but d'atteindre un objectif précis. Ce

processus permet la régulation des pensées, des désirs, des émotions, des impulsions ou des efforts (Baumeister, 2002). Toutefois, il existerait trois raisons principales provoquant un échec d'autorégulation : la présence d'objectifs conflictuels, l'épuisement de la capacité à exercer une autorégulation, et la perturbation par les émotions ou des éléments extérieurs.

Conflits et arbitrage

Il est possible que des individus présentent des objectifs contradictoires, comme souhaiter manger un aliment palatable et se restreindre de manger. Cette situation fait apparaître un conflit entre désir et volonté et la capacité à s'autoréguler dépend alors des forces relatives ces deux motivations. Ce conflit correspond à l'oscillation entre les processus primaires de pensée (processus irrationnel à la recherche d'un bénéfice immédiat) et les processus secondaires (processus logique à la recherche de l'atteinte d'un objectif prédéfini) (Hoch and Loewenstein, 1991). Ces processus de pensées sont similaires aux deux systèmes de modes de pensées décrits par Kahneman, Le système 1 correspond à un mode de pensée rapide, instinctif et émotionnel, tandis que le système 2 correspond à un mode de pensée lent, réfléchi, délibéré et logique (Kahneman and Egan, 2011). La résolution du conflit peut se traduire par une inhibition des désirs (en tant que processus primaires) ou par un renforcement de la volonté. L'inhibition des pensées ou actions est un processus cognitif qui permet à un individu d'inhiber ses impulsions ou ses comportements naturels et habituels en réponse à un stimulus. Le renforcement de la volonté dépend de la force relative entre les forces opposées de désir et volonté, qui peut être arbitrée par une stratégie d'évaluation rationnelle des bénéfices et conséquences des deux alternatives.

Un aspect important de ces conflits est la dimension temporelle qui peut exister entre les conséquences de deux motivations. Un désir présentant une récompense immédiate pourra être privilégié par rapport à un objectif éloigné dans le temps qui peut être perçu comme un inconvénient trop important (Wittmann and Paulus, 2008). Cette situation est caractérisée par une préférence disproportionnée pour une conséquence immédiate par rapport à une conséquence sur le long-terme. Cette impatience peut alors conduire à des comportements temporellement incohérents, c'est-à-dire des choix présents en désaccord avec un objectif futur. Les préférences temporelles représentent cet arbitrage entre préférences futures et préférences immédiates.

Épuisement des ressources d'autorégulation

Selon Baumeister, la capacité d'exercer une autorégulation dépend d'une ressource intérieure limitée (Baumeister et al., 2018a). Ainsi, des comportements comme le suivi d'un régime alimentaire, résister aux envies de consommer des aliments palatables, ou la volonté de perdre du poids sont sujets à des échecs d'autorégulation du fait de l'épuisement de cette ressource (également appelé épuisement de l'ego). Parmi ces comportements, la maîtrise de soi peut intervenir sous la forme d'une restriction alimentaire cognitive, où les individus font délibérément l'effort de limiter leurs prises alimentaires afin de perdre du poids ou de limiter une prise de poids (Stunkard and Messick, 1985). Cependant, l'effort demandé pour se réguler peut entraîner un épuisement des ressources d'autorégulation (Vohs and Heatherton, 2000). Ainsi, la théorie de la restriction alimentaire cognitive (Herman and Mack, 1975; Ruderman and Christensen, 1983) a été associée au concept de désinhibition. La désinhibition est une perte de contrôle pouvant apparaître à la suite d'une restriction alimentaire. Cette phase de désinhibition peut entraîner une diminution des signaux de satiété pouvant se traduire par des épisodes de consommations alimentaires excessives (Blundell et al., 2005). La désinhibition est associée à l'obésité et aux TCA, ainsi qu'à une plus faible chance de réussite de perte de poids à la suite d'un régime (Bryant et al., 2008). Cependant, de nombreuses études (notamment interventionnelles et longitudinales) tendent à montrer que la restriction cognitive ne mènerait pas nécessairement à une désinhibition ou à une prise de poids et pourrait au contraire être favorable à la perte de poids et au maintien de cette perte de poids (Foster et al., 1998; Savage et al., 2009; Tucker and Bates, 2009; Dalle Grave et al., 2009; Johnson et al., 2012). Ces divergences pourraient notamment s'expliquer par l'existence de différents types de restriction, comme la restriction rigide et la restriction flexible (Hays and Roberts, 2008; Westenhoefer, 1991). La restriction rigide est une forme stricte de contrôle sur le comportement alimentaire, tandis que la restriction flexible s'apparente à une forme plus souple de la restriction, permettant une consommation en petite quantité d'aliments hédoniques sans culpabilité et de ce fait limitant l'effort d'autorégulation. La restriction rigide a été positivement associée à la désinhibition et à l'IMC, tandis que la restriction flexible a été négativement associée à la désinhibition et présente des associations variables ou non-significatives avec l'IMC (Johnson et al., 2012).

Emotions et perturbations extérieures

Les émotions jouent un rôle central dans la régulation des prises alimentaires et sur les prises de décision qui y sont associées. Elles peuvent influencer de façon consciente ou non les comportements (Köster, 2009) et sont associées à une faible autorégulation des comportements alimentaires (Elfhag and Morey, 2008). Selon la théorie psychosomatique, certaines prises alimentaires surviendraient en réponse aux états de colères, de peur et d'anxiété (Kaplan and Kaplan, 1957), définissant alors l'alimentation émotionnelle. L'alimentation émotionnelle est caractérisée par une consommation d'aliments en réponse à une situation émotionnelle négative. Plus particulièrement, ces états émotionnels entraînent des excès alimentaires dans le but de réduire ces affects négatifs (Goossens et al., 2009). Cette tendance à attribuer une surconsommation alimentaire aux émotions négatives a été proposée comme étant un comportement appris, notamment par un conditionnement associant émotions négatives et prises alimentaires (Steinsbekk et al., 2018; Wardle, 1990). Ainsi, l'influence de la génétique sur le développement d'une suralimentation liée aux émotions serait minime en comparaison des influences environnementales (Herle et al., 2018). Plus récemment, l'alimentation émotionnelle a été décrite selon plusieurs mécanismes comme le manque de maîtrise de soi, des préoccupations alimentaires importantes, la tendance à toujours attribuer une surconsommation aux émotions négatives ou la réponse à des signaux (vue ou odeur d'aliments) (Bongers and Jansen, 2016). Plusieurs questionnaires ont été développés dans le but de mesurer ce comportement alimentaire, dont le TFEQ (Three-Factor Eating Questionnaire) (Stunkard and Messick, 1985), le DEBQ (Dutch Eating Behavior Questionnaire) (Strien et al., 1986), ou encore l'EES (Emotional Eating Scale) (Arnouk et al., 1995). Il s'agit d'un comportement alimentaire souvent étudié car il a été retrouvé associé au risque de surpoids (Angle et al., 2009; Konttinen et al., 2009; van Strien et al., 2009). L'alimentation liée aux émotions est donc prédictive d'un IMC plus élevé (Gallant et al., 2010; Laitinen et al., 2002; Péneau et al., 2013; Sung et al., 2009) et a été associé à une prise de poids sur plusieurs années (Canetti et al., 2009; Hays and Roberts, 2008; Koenders and van, 2011). Les études tendent également à montrer que cet effet est particulièrement important chez les femmes (Gallant et al., 2010; Péneau et al., 2013). Au niveau des prises alimentaires, ce comportement est associé à une consommation de produits sucrés (De Lauzon et al., 2004; Konttinen et al., 2010) et énergétiquement denses (Camilleri et al., 2014) et s'apparentent au grignotage (De Lauzon et al.,

2004). Enfin, il est également important de noter que certaines émotions négatives n'entraînent pas nécessairement une surconsommation alimentaire et peuvent être au contraire associées à une restriction alimentaire (Schachter et al., 1968; Torres and Nowson, 2007) ou à une perte d'appétit (Gold and Chrousos, 2002) ; mais également que les émotions positives peuvent aussi entraîner une augmentation des apports caloriques (Bongers and Jansen, 2016).

En plus des émotions, d'autres stimuli extérieurs sont susceptibles de diminuer les capacités d'autorégulation et d'influencer les comportements alimentaires. L'environnement alimentaire tel que l'aspect visuel ou l'odeur des aliments peut provoquer une prise alimentaire indépendamment des sensations de faim ou de satiété. Cette caractéristique définit le concept d'externalité du comportement alimentaire (Schachter et al., 1968). Cette sensibilité accrue aux signaux extérieurs a été associée positivement avec les apports énergétiques (Anschutz et al., 2009; Lluch et al., 2000; Wardle et al., 1992), ainsi qu'un haut niveau de biais d'attention (Brignell et al., 2009). Les individus avec un haut niveau d'externalité ont donc tendance à plus facilement suivre ces signaux alimentaires extérieurs et à les évaluer positivement.

Une approche permettant l'autorégulation des émotions et de l'attention repose sur la pleine conscience. La pleine conscience a en partie été définie comme étant l'autorégulation de l'attention, ce qui implique le maintien de l'attention, le changement d'attention, et l'inhibition des processus cognitifs élaborés (Bishop et al., 2004). La pleine conscience est considérée comme une capacité métacognitive qui consiste à observer et contrôler ses propres cognitions (contrôle des processus cognitifs). La pleine conscience permet alors de réguler toutes les pensées, émotions et sensations dans le moment présent, en les considérant comme de simples observations, sans jugement ou élaboration de ces processus. Cette observation des processus cognitifs est donc liée à une amélioration de la maîtrise de soi et permet d'éviter les échecs d'autorégulation (Frieze et al., 2012; Masicampo and Baumeister, 2007). La pleine conscience peut être développée à partir de plusieurs pratiques et exercices de méditation (Cullen, 2011). Plusieurs méta-analyses portant sur des interventions basées sur le développement de la pleine conscience ont montré leur efficacité sur l'amélioration de comportements alimentaires, comme les accès hyperphagiques, l'alimentation émotionnelle, l'externalité et les consommations alimentaires (Godfrey et al., 2015; Katterman et al., 2014; O'Reilly et al., 2014), mais également les TCA (Godsey, 2013; Wandenberghe et al., 2010), l'obésité (Godsey, 2013) et la perte de poids (Katterman et al., 2014; Olson

and Emery, 2015; Ruffault et al., 2017). Le concept d'alimentation intuitive possède plusieurs points communs avec celui de la pleine conscience (Mathieu, 2009; Sairanen et al., 2015). L'alimentation intuitive mesure la tendance à suivre les signaux internes de faim et de satiété pour déterminer quand, quoi et quand s'arrêter de manger (Tribole and Resch, 1995). Quatre aspects ont été validés au sein de ce concept : la permission inconditionnelle de manger (disposition à manger quand on a faim sans jugement du caractère bon ou mauvais des aliments), manger pour des raisons physiques plutôt qu'émotionnelles, recourir aux signaux de faim et de satiété, et l'adéquation entre besoins et choix alimentaires (Tylka and Kroon Van Diest, 2013). Cependant, la version française du questionnaire d'alimentation intuitive n'a pas permis de valider l'aspect relatif à l'adéquation entre besoins et choix alimentaires (Camilleri et al., 2015). L'alimentation intuitive a été associée au surpoids et à l'obésité (Camilleri et al., 2016; Christoph et al., 2018) et à une meilleure alimentation (Dyke and Drinkwater, 2014; Camilleri et al., 2017; Christoph et al., 2018).

Autres facteurs

Les différences individuelles de capacités d'autorégulation peuvent aussi dépendre de déterminants psychologiques plus globaux, comme les traits de personnalité et état mentaux des individus. Une revue systématique de l'association entre les traits de personnalité et l'obésité a mis en évidence le rôle de facteur de risque du neuroticisme et le caractère protecteur de la conscienciosité (Gerlach et al., 2015). Ces traits de personnalités sont deux des cinq traits centraux du *Big Five* (avec l'ouverture, l'extraversion et l'agréabilité), traits de personnalités empiriques de Goldberg (Goldberg, 1990). Le neuroticisme correspond à une tendance persistante à l'expression d'émotions négatives et est liée à l'impulsivité et l'expérience d'anxiété, de culpabilité et de symptomatologie dépressive notamment en réponse au stress. La conscienciosité est caractérisée par un haut degré de maîtrise de soi, d'autodiscipline et de conformité avec les normes sociales permettant notamment la régulation des désirs internes. Les états mentaux reflètent un état d'esprit combinant attitudes propositionnelles et représentation mentale. Plus concrètement, dans le domaine des comportements alimentaires, cela peut se traduire par exemple par des croyances alimentaires, des préoccupations (impacts sur la santé et l'environnement, image corporelle) ou des désirs, mais également une anticipation et une représentation des bénéfices et des risques, que ce soit par exemple dans l'immédiat ou à long-terme.

4. Les Préférences temporelles

4.1. Approche générale

Les préférences temporelles regroupent un ensemble de concepts centrés autour des décisions et arbitrages impliquant une dimension temporelle. En économie comportementale, on retrouve par exemple les concepts de choix intertemporels, taux d'escompte ou taux d'actualisation, tandis que les concepts d'impulsivité et perspective temporelle sont régulièrement employés en psychologie. Ces approches partagent de fortes ressemblances conceptuelles mais sont très peu étudiées simultanément. Les quelques tentatives réalisées afin d'étudier les similitudes et différences entre ces concepts soulignent la présence de divergences (Copping et al., 2014; Daugherty and Brase, 2010; Teuscher and Mitchell, 2011), mais excluent la représentation d'une unique dimension de ces facteurs. Avant de détailler les concepts d'impulsivité et de perspective temporelle, les notions de base des préférences temporelles en lien avec les choix intertemporels seront abordées.

4.2. Choix intertemporel

Préférence pour le présent et impatience

Selon Kahneman et Riis, « le temps est l'ultime ressource finie de la vie, trouver comment l'utiliser au mieux est un vrai objectif à la fois au niveau individuel et au niveau des choix publics qui sont concernés par le bien-être humain » (de La Bruslerie and Pratlong, 2012; Kahneman and Riis, 2005). La plupart des choix impliquent un arbitrage entre plaisir et peines évalué en termes de bénéfices et coûts (Frederick et al., 2002). Le résultat de cet arbitrage fait référence à la notion d'utilité utilisée en économie à laquelle s'ajoute une dimension temporelle avec un choix entre plusieurs périodes.

Deux concepts fondamentaux du choix intertemporel sont la préférence pour le présent et l'impatience. La préférence pour le présent suppose que la plupart des individus préfèrent un bénéfice immédiat par rapport à ce même bénéfice dans le futur, justifiée par Böhm-Bawek par une incapacité à se représenter des désirs distants. Un autre aspect de cette préférence pour le présent

est la distinction entre le « moi » présent et les « moi » futurs. La préférence pour le présent est alors rapportée aux rapports existentiels entre le « moi » présent qui est favorisé par rapport aux « moi » futurs qui n'existent pas dans l'immédiat (Arrondel et al., 2004). Le degré d'empathie ou d'altruisme pour ses « moi » futurs dépend alors des projets ou des objectifs fixés par le « moi » présent. La préférence pour le présent pourrait ainsi être définie comme inverse au degré d'empathie intrapersonnelle ou d'auto-altruisme, pouvant provoquer des décisions temporellement incohérentes par un déficit d'imagination (myopie) (Strotz, 1956) ou de volonté (impatience) (Laibson, 1996).

Ce concept est lié à celui d'impaticence qui est profondément ancré dans les sciences économiques. Il fut premièrement interprété à partir du modèle d'utilité escomptée proposée par Paul Samuelson (1937), notamment suite aux travaux de Böhm-Bawerk et Fisher. L'hypothèse centrale de ce modèle est la représentation de toutes les motivations définissant les choix intertemporels par un seul paramètre, le taux d'escompte ou taux d'actualisation. Le taux d'escompte est obtenu à partir d'une fonction d'utilité intertemporelle qui synthétise les utilités instantanées d'un individu sur différentes périodes et les pondèrent grâce à une fonction d'actualisation exponentielle. Ce modèle suppose que les individus évaluent les plaisirs et les peines de la même manière que les marchés financiers évaluent les pertes et les gains, c'est-à-dire en dévaluant exponentiellement les gains/pertes selon leur distance temporelle (Berns et al., 2007). Ce modèle a longtemps été utilisé malgré le manque de recherche empirique démontrant sa validité. Plusieurs anomalies ont été documentées sur le modèle d'utilité escomptée, dont la principale étant la fonction d'actualisation exponentielle et donc la constance du taux d'escompte (Thaler, 1981). Une évolution de ce modèle fut l'utilisation d'une fonction d'actualisation hyperbolique afin d'obtenir un taux d'escompte décroissant avec le temps. Plusieurs autres modifications de ce modèle ont également été réalisées afin de prendre en compte les anomalies et de le rendre plus réaliste.

Plusieurs méthodes ont été développées afin de mesurer le taux d'escompte comme le questionnaire de choix monétaire (Kirby and Maraković, 1996; Kirby et al., 1999). Ce questionnaire propose 27 choix monétaires dans lesquels les participants doivent choisir entre une faible récompense immédiate et une récompense plus importante plus tard, par exemple : « Préférez-vous recevoir 25€ maintenant ou 60€ dans 14 jours ? ». La taille des récompenses et le

délai entre chaque question varient. Un taux moyen est alors calculé à partir de l'ensemble des réponses aux questions, plus celui-ci est élevé plus le participant est considéré comme impatient.

Incohérence temporelle et rationalité

En tenant compte de la fonction d'actualisation hyperbolique, il est possible que le choix réalisé dans le présent contredise un choix futur. Un individu sera plus impatient à réaliser un choix dont les conséquences sont à court-terme, qu'un choix dont les conséquences sont situées sur le long terme. Cette incohérence temporelle peut être formulée comme un inversement des préférences et peut entraîner des comportements non souhaitables, voir irrationnels (Frederick et al., 2002; Hoch and Loewenstein, 1991). Par exemple, un individu souhaitant perdre du poids sur le long terme pourra modifier sa préférence vers une consommation d'aliments caloriques du fait d'un plaisir hédonique à court terme. Même si initialement, cet individu avait une préférence pour une perte de poids, l'escompte hyperbolique entraîne une inversion des préférences. Cette inversion peut être provoquée par des impératifs biologiques (la faim), des émotions, des stimulations externes, ou l'absence de résistance aux tentations (Berns et al., 2007). En plus du taux d'escompte, le choix intertemporel des individus va dépendre des capacités de représentation, d'anticipation et d'autorégulation. La représentation correspond à la façon dont le cerveau interprète ou formule un ensemble de choix, l'anticipation correspond à la propension d'un individu à imaginer et éprouver les plaisirs et les peines d'une expérience future, et l'autorégulation correspond aux tensions et arbitrages ressenties en présence d'une tentation immédiate.

4.3. Impulsivité

4.3.1. Définition

L'impulsivité est classiquement définie comme la tendance à agir de façon prématurée, inutilement risquée, inappropriée à la situation menant souvent à des conséquences indésirables (Daruna and Barnes, 1993). Les actions impulsives sont donc caractérisées par peu ou une absence de prévoyance, de réflexion ou de considération des conséquences de ses actes. L'impulsivité est associée à de nombreuses psychopathologies, incluant les troubles du déficit de l'attention avec ou sans hyperactivité, les addictions, les troubles bipolaires ou encore les troubles de la personnalité (Moeller et al., 2001; Stanford, 2009).

L'impulsivité est généralement conceptualisée comme une conséquence d'une altération des fonctions exécutives, et notamment du contrôle inhibiteur. Plus spécifiquement, une action impulsive est déterminée par la co-occurrence des dysfonctionnements du processus d'inhibition et des impulsions, c'est-à-dire des fortes envies de réaliser certains actes. En effet, en l'absence de ces impulsions aucune inhibition ne serait requise, et sans dysfonctionnement des processus d'inhibition, les impulsions ne seraient pas traduites en actes. Cependant, Dickman a mis en évidence la présence d'une impulsivité fonctionnelle permettant de s'adapter à certaines situations nécessitant des réactions rapides (Dickman, 1990).

L'impulsivité est un concept multidimensionnel et de nombreuses approches ont été définies. L'impulsivité est vue comme l'incapacité à retenir, retirer ou stopper une réponse ou une pensée en présence de conséquences négatives, comme la préférence pour une récompense immédiate à la place d'une meilleure récompense dans le futur, le fait d'agir sans prévoyance ou avant d'avoir tous les éléments d'informations permettant une action réfléchie, la recherche de nouveauté et de sensation, ou encore une plus forte propension à s'engager dans des comportements à risque. Cette liste de définitions n'est pas exhaustive et montre l'ensemble du spectre comportemental pouvant se référer à ce trait. Cependant, ces définitions complexifient une approche générale de l'impulsivité car certaines de ces définitions sont conceptuellement incompatibles. De cet ensemble de concepts, deux aspects de l'impulsivité semblent toutefois se dégager du point de vue de l'inhibition comportementale : l'inhibition de réponses (actions

impulsives) et l'inhibition des choix (choix impulsifs). Ces deux formes d'inhibition sont fréquemment décrites en neuroscience cognitive. Ainsi, ces deux formes d'impulsivité correspondent plus communément à l'inhibition de réponses motrices (en retenant, stoppant ou reportant une réponse) et une inhibition des processus affectifs ou motivationnels (en reportant une récompense)

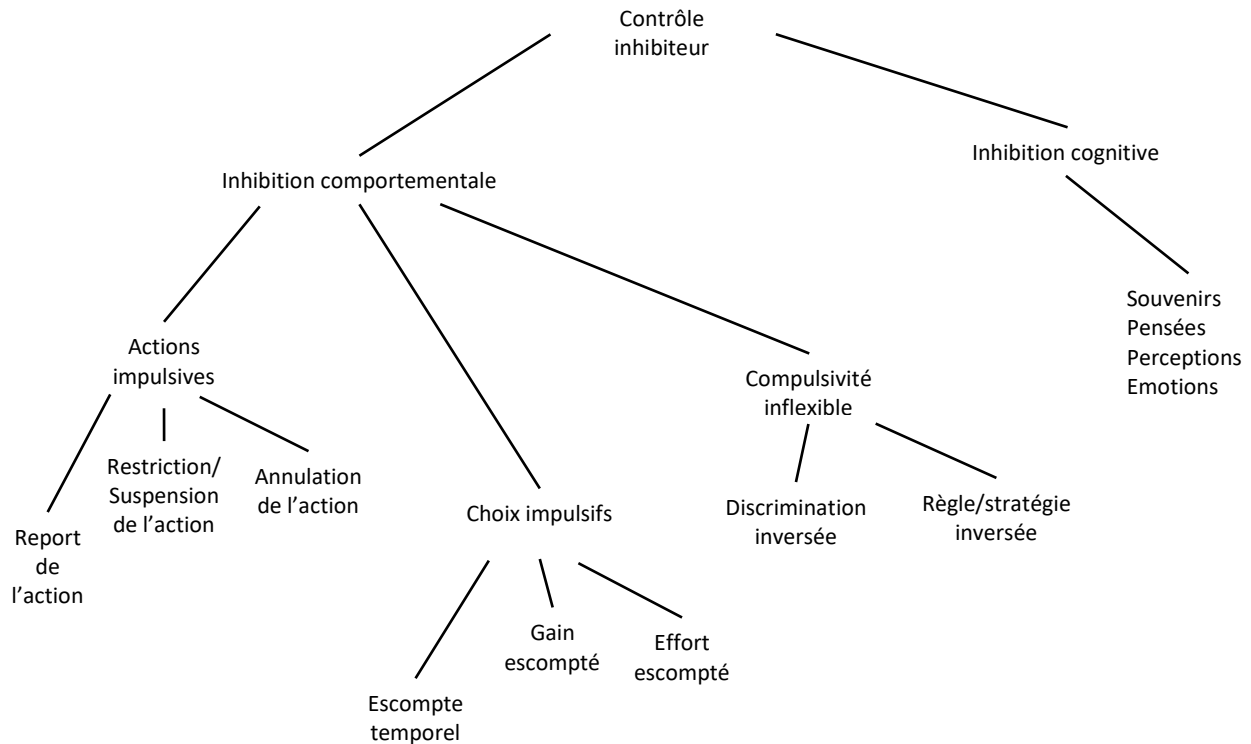


FIGURE 5 | Classification des processus d'inhibition du contrôle inhibiteur. Tirée et adaptée de Bari et Robbins, 2013

L'inhibition des processus affectifs ou motivationnels représente une forme d'inhibition dans le sens où les individus impulsifs vont par exemple avoir tendance à valoriser les conséquences positives de leurs actions plus que les avantages à éviter les conséquences négatives de ces actions. L'anticipation de la récompense positive provoque l'état impulsif où la gratification immédiate est choisie en dépit d'éventuels gains futurs. Cette forme d'impulsivité est directement liée aux choix intertemporels. Elle représente donc une tendance à dévaluer les conséquences qui ne sont pas immédiatement disponibles. L'impulsivité est alors vue comme un échec de l'inhibition

des désirs immédiats ou un manque de prévoyance, d'où l'aspect prépondérant des processus affectifs ou motivationnels.

4.3.2. Mesures

L'impulsivité peut être mesurée à partir d'auto-questionnaires ou à partir de mesures comportementales. On parle alors de trait d'impulsivité pour les auto-questionnaires ou d'état d'impulsivité pour les mesures comportementales. Il existe de nombreux outils permettant de réaliser ces mesures. Les échelles d'impulsivité les plus fréquemment utilisées sont l'échelle d'impulsivité de Barratt (Patton et al., 1995), l'échelle d'impulsivité d'Eysenck (Eysenck et al., 1985), l'échelle de Dickman (Dickman, 1990), l'échelle basée sur la théorie de Gray (Torrubia et al., 2001), ou encore l'échelle d'impulsivité comportementale UPPS (Whiteside et al., 2005). Les mesures comportementales incluent notamment les procédés suivants : tâche Go/No-go (Trommer et al., 1988), tâche *Stop-Signal*, tâche de Stroop, ou encore le *five-choice serial-reaction time task* (Robbins, 2002) pour la mesure d'actions impulsives ; et le délai de gratification (Mischel, 1974; Mischel and Ebbesen, 1970) ou l'escompte temporel (Kirby and Maraković, 1996) pour la mesure de choix impulsifs.

Cependant, les traits impulsifs mesurés à partir des auto-questionnaires présentent généralement des corrélations assez faibles avec les mesures comportementales de l'impulsivité (Lane et al., 2003; Reynolds et al., 2006; Stanford, 2009; Stanford and Barratt, 1996; White et al., 1994), à l'exception des mesures d'escompte temporel (Kirby, 2009). Plusieurs études analysant des mesures d'actions impulsives et de choix impulsifs ont également mis en évidence une absence de corrélation entre ces deux aspects (Broos et al., 2012). Ces divergences mettent en avant l'aspect multidimensionnel et la complexité de l'impulsivité. L'interprétation des résultats mesurant ce trait est donc grandement dépendante de la mesure utilisée. Les questionnaires auront tendance à mesurer un trait impulsif stable, tandis que les mesures comportementales auront tendance à mesurer un état impulsif qui dépend de facteurs contextuels et sont alors considérées comme étant beaucoup plus variables. De plus, les questionnaires ont l'avantage de prendre en compte la multidimensionnalité de l'impulsivité. L'avantage des mesures comportementales est que celles-ci reposent sur des mesures plus objectives de l'impulsivité, qui sont moins biaisées par les perceptions des individus testés et sont plus proches des modèles biologiques.

4.3.3. Echelle d'impulsivité de Barratt

L'échelle d'impulsivité de Barratt (*Barratt Impulsiveness Scale*, BIS) est un auto-questionnaire développé afin de mesurer les traits de personnalité impulsifs. Il s'agit de l'auto-questionnaire le plus utilisé dans la littérature. La version 11 de cette échelle est une échelle multidimensionnelle composée de six facteurs de premier ordre regroupés en trois facteurs de second ordre qui sont :

- l'impulsivité cognitive, composée de l'attention et l'instabilité cognitives ;
- l'impulsivité motrice, composée de l'impulsivité motrice et la persévérance ;
- la difficulté d'anticipation, composée du contrôle de soi et la complexité cognitive.

Cependant, les études utilisant cette échelle se sont le plus souvent limitées à n'utiliser que le score global de cette échelle, reflétant alors un aspect unidimensionnel de l'impulsivité ou bien seulement les facteurs de second ordre. Plusieurs études ont en effet remis en cause la structure générale de cette échelle (Ireland and Archer, 2008; Reid et al., 2014; Reise et al., 2013). De plus, cette échelle ne prend pas en compte tous les aspects de l'impulsivité. Ainsi, la recherche de sensations, qui est souvent assimilée à l'impulsivité ne fait pas partie des aspects mesurés. Les corrélations du score total du BIS avec les autres mesures d'impulsivité peuvent varier fortement. L'intervalle de corrélation du BIS avec les sous-dimensions des autres auto-questionnaires varie de -0,04 pour la dimension « sensibilité à la récompense » du *Behavioral Inhibition System/Activation Scale* (BIS/BAS), à 0,63 pour la sous-dimension « Impulsivité » de l'échelle d'impulsivité d'Eysenck (Stanford, 2009). Concernant les mesures comportementales d'impulsivités, aucune corrélation significative n'est généralement retrouvée (Reynolds et al., 2006; Stanford, 2009).

4.3.4. Influences sur les comportements alimentaires

En se basant sur la définition et les principes théoriques de l'impulsivité, l'impact de l'impulsivité sur les comportements alimentaires peut être plurifactoriel. Sous l'angle de l'inhibition de réponses, un comportement impulsif peut par exemple se traduire par l'absence d'inhibition d'une impulsion (par exemple le besoin de s'alimenter) en réponse à un stimulus (faim), ayant alors pour conséquence un acte impulsif (choix alimentaires réalisés sans réflexion,

délai ou anticipation des conséquences), voir figure 6. Les choix impulsifs peuvent se traduire par une préférence envers des aliments offrant le plus de plaisirs immédiats sans avoir envisagé les conséquences négatives de ces choix.

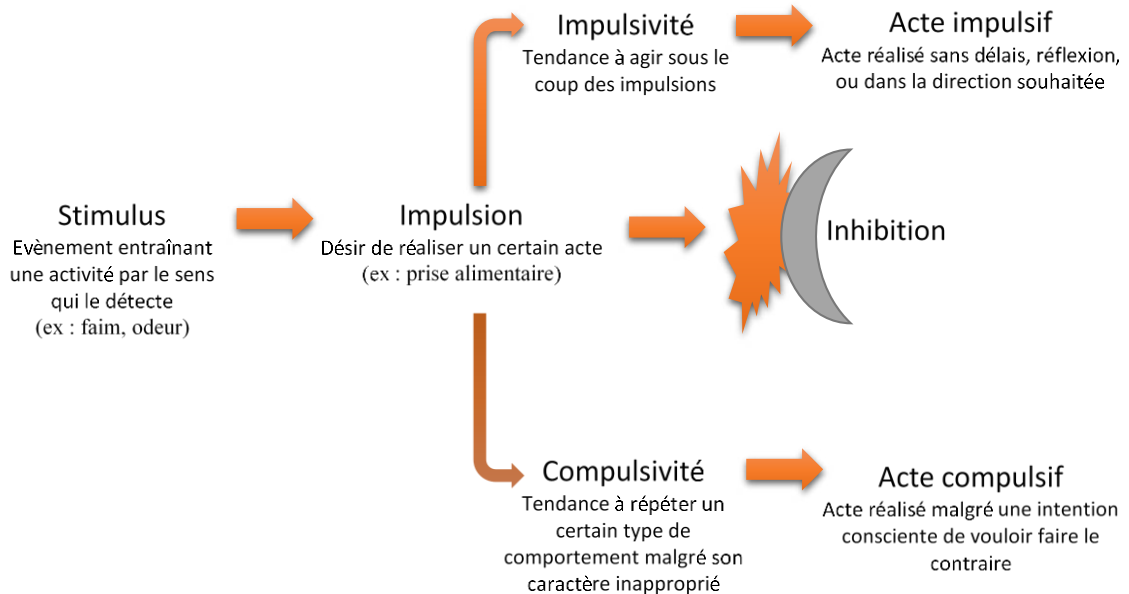


FIGURE 6 | Représentation schématique de la relation entre impulsivité et inhibition. Tirée et adaptée de Bari et Robbins, 2013

Une récente méta-analyse a mis en évidence une association positive entre l'impulsivité, mesurée par des auto-questionnaires et tâches comportementales, et IMC (Emery and Levine, 2017). Globalement, les mesures comportementales d'impulsivité ont eu un effet significativement plus important sur l'IMC ($r = 0,10$; $P < 0,0001$), par rapport aux auto-questionnaires ($r = 0,05$; $P = 0,007$). Cette étude reprend également les résultats questionnaire par questionnaire. Sur 27 sous-dimensions analysées, seules 5 étaient significativement associées à l'IMC. Le score total du BIS n'a pas été utilisé dans cette méta-analyse, mais les résultats de ses trois dimensions de second ordre avec l'IMC sont : impulsivité cognitive - $r = 0,07$ ($P = 0,29$); impulsivité motrice - $r = 0,13$ ($P = 0,26$); difficulté d'anticipation - $r = 0,13$ ($P = 0,19$). L'analyse des études ayant utilisé le score total du BIS en association avec le statut pondéral ou l'IMC montre des résultats divergents. Ces études observent par exemple une association positive (Babbs et al., 2013), ou une absence

d'association (Dietrich et al., 2014; Loeber et al., 2012; van Koningsbruggen et al., 2013). Les travaux réalisés entre l'impulsivité et l'IMC possèdent généralement plusieurs limites. Premièrement, la relation entre l'impulsivité et l'IMC a souvent été supposée comme étant linéaire dans la littérature. Or, il est également intéressant de considérer les individus se situant de l'autre côté du spectre d'impulsivité. Un score très faible d'impulsivité peut représenter un comportement très contrôlé (Stanford, 2009). Par conséquent, ce type de comportement pourrait être similaire à la restriction cognitive rigide, associée positivement à l'IMC (Hays and Roberts, 2008; Westenhoefer, 1991). Deuxièmement, ces études ne prennent généralement pas en compte d'autres déterminants individuels de l'obésité associés à l'impulsivité, et par conséquent sont susceptibles de surestimer cette relation. Notamment le sexe (Cross et al., 2011), l'âge (Steinberg et al., 2008), la position socio-économique (Chamorro et al., 2012), l'activité physique (Joseph et al., 2011), le tabac (Yi et al., 2008), l'alcool (Goldstein and Volkow, 2002; Jentsch and Taylor, 1999; Jones et al., 2016), ou la dépression (Brodsky et al., 2001; Piko and Pinczés, 2014) influencent l'impulsivité. Enfin, ces études sont rarement réalisées en population générale et possèdent généralement une surreprésentation de femmes ou d'étudiants au sein de leur échantillon.

Les traits impulsifs ont été plus spécifiquement associés à une faible qualité de l'alimentation perçue (Jasinska et al., 2012; Lumley et al., 2016), et une plus forte intention de consommer des aliments riches en acides gras saturés (Mullan et al., 2014). Les états impulsifs ont été associés à des apports caloriques plus importants (Guerrieri, 2009), ainsi que des achats plus caloriques dans des situations expérimentales (Nederkoorn et al., 2009). De par sa relation avec l'addiction (Crews and Boettiger, 2009; Swann et al., 2004) et l'agressivité (Fossati et al., 2007), l'impulsivité a fréquemment été étudiée et associée à une plus forte consommation d'alcool (Dick et al., 2010; Granö et al., 2004; Poulos et al., 1995; Verdejo-García et al., 2008; Whiteside and Lynam, 2003). Au final, aucune étude n'a été réalisée sur la relation entre impulsivité et une représentation large des consommations alimentaires (en termes de groupe d'aliments). L'impulsivité a également été associée au grignotage (Churchill et al., 2008; Haynes et al., 2015; O'Reilly et al., 2017; Pavey and Churchill, 2017, 2017), et aux TCA (Claes et al., 2002, 2005; Fahy and Eisler, 1993; Fischer et al., 2003; Schag et al., 2013; Waxman, 2009; Wu et al., 2013). L'association entre TCA et impulsivité était généralement plus forte pour les accès hyperphagiques et la boulimie par rapport à l'anorexie mentale (Claes et al., 2005; Guerrieri et al., 2008).

L'ensemble de ces études utilise principalement des mesures d'états impulsifs et présente généralement les mêmes limites que celles énoncées entre l'impulsivité et l'obésité.

4.4. Perspective temporelle

4.4.1. Définition

Certains comportements, comme ceux présents dans les domaines de la santé et de l'environnement, peuvent être qualifiés d'anticipatoires. La réalisation de ces comportements dans le présent implique une prise en compte du futur. Le concept de perspective temporelle représente « la totalité des points de vue d'un individu à un moment donné sur son futur psychologique et sur son passé psychologique » (Lewin, 1942). Cette dimension apparaît comme essentielle à la construction psychologique et sociale de la réalité via une approche socio-cognitive du temps psychologique. Le passé et le futur psychologique influencent constamment le comportement présent, par la remémoration d'expériences passées ou l'anticipation de résultats futurs. L'horizon temporel des individus repose sur trois registres : le passé, le présent et le futur (Fraisie, 1967). La perspective temporelle se caractérise alors par les interactions cognitives d'évènements passés, présents, ou futurs (Nuttin, 2014). De nombreuses études s'intéressent plus particulièrement à la perspective temporelle future et au rôle de l'anticipation d'expériences futures dans le comportement présent. Ces travaux ont pu montrer qu'une orientation dans le futur est corrélée à une meilleure atteinte des objectifs fixés, même si cela nécessitait de différer ou renoncer à des plaisirs immédiats. Ce concept psychologique repose en partie sur l'apprentissage social. Le rapport au temps des individus peut dépendre de leur évènement de vie ainsi que de leur environnement social. Si une approche personnaliste suppose un trait stable et trans-situationnel de la perspective temporelle, l'approche de Lewin suppose un construit dépendant des dynamiques sociales dans l'expérience du temps psychologique (Lewin, 1942). Le concept de perspective temporelle future possède alors une dimension motivationnelle où celle-ci représente l'anticipation présente de buts futurs (Husman and Lens, 1999), puisque les individus adoptent un comportement spécifique afin d'atteindre un objectif. Il a par exemple été montré qu'une perspective future à long terme dans l'éducation et la carrière professionnelle était associée à un plus grand investissement dans l'apprentissage (Peetsma and Van der Veen, 2011).

4.4.2. Mesures

Trois dimensions différentes de la perspective temporelle peuvent être mesurées :

- L'extension temporelle : profondeur passée ou future dans lequel se projette l'individu ;
- L'attitude temporelle : valence (positive ou négative) attribuée aux différents registres qui composent la perspective temporelle ;
- L'orientation temporelle : registre préférentiel prédominant (passé, présent, ou futur) dans lequel pense et agit l'individu ;

Il existe de nombreuses échelles validées ayant pour objectif de mesurer la perspective temporelle, telles que la *Future Time Perspective Inventory* (Heimberg, 1963), la *Daltrey Future Time Perspective Scale* (Daltrey and Langer, 1984), la *Future Time Orientation Scale* (Gjesme, 1979), la *Zimbardo Time Perspective Inventory* (Zimbardo and Boyd, 2015), et la *Consideration of Future Consequences scale* (Strathman et al., 1994). Les deux mesures les plus fréquemment utilisées sont l'inventaire de perspective temporelle de Zimbardo (*Zimbardo Time Perspective Inventory*, ZTPI) et l'échelle de considération des conséquences futures (*Consideration of future consequences scale*, CFC) (Altman, 2017). Le ZTPI est cependant conceptuellement différent du CFC car il porte essentiellement sur l'orientation et l'attitude temporelle. Le ZTPI mesure l'ampleur accordée aux différents registres temporels et en ressort le registre prédominant. La CFC mesure l'extension temporelle des individus et est particulièrement intéressante dans le contexte des comportements alimentaires car il permet d'évaluer l'ampleur du conflit entre préférences immédiates et préférences futures. C'est cette mesure du conflit qui rend la CFC particulièrement intéressant par rapport à la dimension future du ZTPI qui mesure plus spécifiquement une préoccupation pour les évènements futurs (sans arbitrage par rapport au présent).

4.4.3. Considération des conséquences futures

Introduction

La prise en considération des conséquences futures (CFC) représente un construit psychologique mesurant l'ampleur que les individus accordent aux conséquences à long terme de leurs comportements, ainsi que l'ampleur à laquelle ils sont influencés par ces conséquences futures dans leur comportement présent (Strathman et al., 1994). Cela implique un arbitrage interpersonnel sur le comportement présent avec un ensemble de conséquences immédiates et un ensemble de conséquences futures. Cette échelle se réfère à une approche motivationnelle permettant

d'appréhender de façon générale la tendance des individus à s'orienter dans le futur pour atteindre des objectifs désirés. Elle permet donc de mettre en évidence des différences interindividuelles au niveau de l'extension temporelle. Ainsi, il est supposé que les individus avec un faible niveau de CFC se focalisent plus sur des préoccupations immédiates dans le but de les satisfaire par rapport à des besoins ou préoccupations futures. De façon extrême, il est également possible qu'aucun arbitrage ne soit présent car ces personnes ne considèrent pas les conséquences futures de leurs actes. A l'inverse, les personnes avec un haut niveau de CFC sont supposées considérer les implications futures de leurs comportements et d'utiliser ces objectifs pour guider leurs comportements présents. Dans les cas extrêmes, il est possible que ces personnes ne considèrent pas les implications immédiates de leurs actes.

L'échelle de CFC est associée à de nombreux concepts en dehors de la perspective temporelle, dont certains sont très spécifiques ou au contraire très larges. Ainsi, la CFC est associée aux autres facteurs des préférences temporelles tels que l'impulsivité, le délai de gratification, l'escompte temporelle, la recherche de sensation, et la maîtrise de soi (Joireman and King, 2016). La CFC est également associée à l'optimisme, au locus de control et aux traits de la conscienciosité (Bruderer Enzler, 2015; Daugherty and Brase, 2010; Gick, 2014; Strathman et al., 1994).

Depuis le développement initial du concept de CFC par Strathman et al., plusieurs études ont cherché à améliorer l'échelle (Demarque et al., 2010; Petrocelli, 2003). Globalement, il existe deux points de vue concernant ce construit, le premier se base sur l'unidimensionnalité de ce concept (concept original) et l'autre se base sur une distinction entre une dimension future et une dimension immédiate de cette échelle. Ces différences ont une implication directe sur l'interprétation des observations et plusieurs modèles peuvent être considérés.

Modèles de conscience et de préoccupation

Les modèles de conscience et de préoccupation décrivent les processus impliqués dans la prise de décision intertemporelle à un niveau basique (Joireman et al., 2006). Le modèle de conscience suppose que la CFC détermine le comportement à travers une prise de conscience des conséquences de son comportement. Le niveau de CFC influence donc les conséquences perçues qui à leur tour influencent le comportement. Le modèle de préoccupation suggère que la CFC modère l'impact des conséquences sur le comportement. Il existe alors un effet synergique entre le

niveau de CFC et les conséquences perçues, et c'est cet effet synergique qui entraîne un changement de comportement. Entre deux personnes ayant conscience des conséquences futures, seule celle ayant un haut niveau de CFC sera susceptible de modifier son comportement en accord avec ses objectifs (dans le cas du modèle de conscience, c'est le niveau de CFC qui détermine la propension à avoir conscience des conséquences futures).

Modèles d'amortissement et de prédisposition

Les modèles d'amortissement et de prédisposition traitent la CFC comme modérateur des facteurs de risque entraînant les prises de décision dans le moment présent, voir figure 7. La distinction entre ces modèles repose sur la distinction entre une préoccupation pour les conséquences futures et une préoccupation pour les conséquences immédiates. Le modèle d'amortissement suppose un haut niveau de préoccupation pour les conséquences futures, ce qui a pour résultat d'amortir ou de réduire les comportements à risque dans le présent. A l'inverse, le modèle de prédisposition suppose un haut niveau de préoccupations pour les conséquences immédiates, prédisposant les individus vers des comportements à risque. De ce point de vue, le modèle de prédisposition possède donc une similitude avec les choix impulsifs, où le haut niveau de considération pour les conséquences immédiates pourrait être lié à l'absence d'inhibition des désirs immédiats. Même si les modèles d'amortissement et de prédisposition semblent être opposés, ces distinctions théoriques ont des implications différentes en pratique. Il est possible que le niveau de considération pour les conséquences futures n'ait aucune influence sur certains comportements à risque basés sur le modèle de prédisposition. Dans ce cas les interventions ayant pour objectif d'augmenter la prise de conscience de risques futurs de ces comportements seraient inefficaces du fait de préoccupations ou tentations immédiates trop importantes.

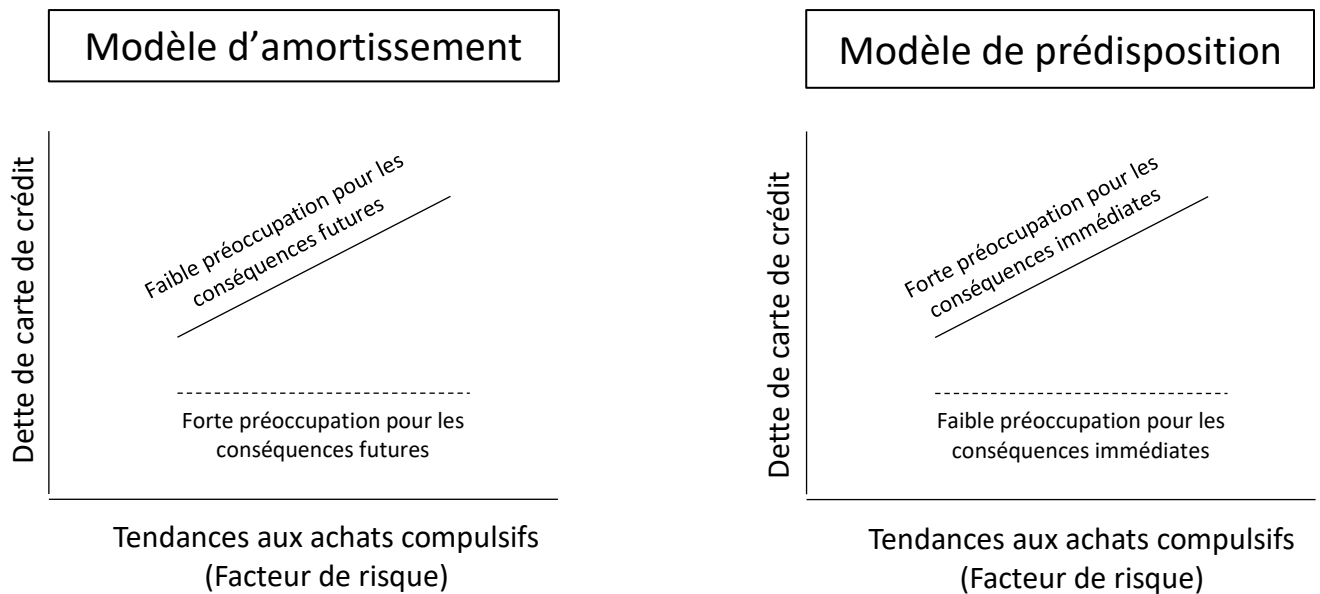


FIGURE 7 | Modèles d'amortissement et de prédisposition du CFC. Tirée et adaptée de Joireman et King, 2016

Relation avec les autres mesures des préférences temporelles

Plusieurs études ont réalisé des analyses de corrélation entre la CFC et une autre mesure des préférences temporelles. Les études de validation de l'échelle de CFC se réfèrent principalement au ZTPI, mesure la plus proche du CFC sur le plan conceptuel, afin de confirmer la validité convergente/concourante du CFC (Camus et al., 2014; Demarque et al., 2010; Strathman et al., 1994). Les mesures de corrélation entre le CFC et la dimension « future » du ZTPI varient de 0,36 à 0,60 (Altman, 2017; Demarque et al., 2010; Strathman et al., 1994). Les mesures de corrélation entre le CFC et le taux d'escompte varient entre -0,21 et -0,11 (Altman, 2017).

4.4.4. Influence sur les comportements alimentaires

Parmi les domaines comportementaux étudiés en association avec la CFC, la santé est le domaine le plus étudié (Joireman and King, 2016). Quantitativement, un nombre peu important d'études a été réalisé entre le CFC et les comportements alimentaires. Deux études ont montré une association négative entre la CFC et l'IMC (Adams, 2012; Adams and Nettle, 2009), et une étude a montré une absence d'association (Dassen et al., 2015). Plus d'études ont analysé le lien entre CFC et comportements alimentaires. La CFC était associé à une meilleure auto-évaluation de la

qualité alimentaire (Dassen et al., 2015; Joireman et al., 2012a; Piko and Brassai, 2009; van Beek et al., 2013), une faible consommation de fast-food (Dunn et al., 2011), et une faible consommation d'alcool (Beenstock et al., 2010; Daugherty and Brase, 2010; Strathman et al., 1994). Aucune étude n'a étudié l'association entre la CFC et plusieurs groupes de consommations alimentaires.

Cependant, la CFC a été associé positivement à de nombreux comportements bénéfiques pour la santé comme par exemple arrêter de fumer (Adams, 2012; Kovač and Rise, 2007), une pratique plus importante d'activité physique (Joireman et al., 2012b; van Beek et al., 2013), un meilleur sommeil, se faire vacciner contre la grippe ou faire vacciner ses proches, ou encore prendre de l'insuline pour gérer sa glycémie. La CFC a également été associé à de meilleures décisions financières, et de meilleurs comportements éthiques et environnementaux (Joireman and King, 2016; Milfont et al., 2012).

A travers la littérature et la perspective théorique des modèles de conscience et de préoccupation, un niveau élevé de CFC et les conséquences perçues des choix alimentaires pourraient entraîner un comportement dans le présent en adéquation avec des objectifs fixés (objectifs de santé, environnementaux).

5. Objectifs

Les objectifs de ce projet de thèse étaient d'étudier les relations entre les préférences temporelles, en particulier l'impulsivité et la considération des conséquences futures, et le comportement alimentaire et l'obésité. Ces objectifs étaient subdivisés en deux étapes. Le premier objectif était l'analyse de l'association entre les préférences temporelles et les comportements alimentaires. Le deuxième objectif était l'analyse de la relation entre préférences temporelles et l'obésité.

Plusieurs aspects des comportements alimentaires ont été étudiés : les consommations alimentaires, les motivations des choix alimentaires, le grignotage, et les TCA. Un aspect clé de cet objectif a été l'utilisation d'une méthodologie robuste de la mesure des consommations alimentaires afin de mettre en évidence les choix associés aux préférences temporelles. Plus spécifiquement, l'impulsivité a été étudiée en association avec les consommations de groupes d'aliments, le grignotage et les troubles des conduites alimentaires. Le grignotage et les TCA pourraient en effet être caractérisés par un manque de contrôle de soi lié à un défaut de capacité d'inhibition représenté par l'impulsivité. Quant au CFC, il a été étudié en lien avec les consommations de groupes d'aliments, la consommation d'aliments issus de l'agriculture biologique et les motivations des choix alimentaires. Une forte considération pour les conséquences pourrait être liée à des motivations alimentaires spécifiques présentant des gains sur le long terme. Ces liens entre CFC et motivations pourraient alors être observés à travers les consommations alimentaires.

La relation entre préférences temporelles et obésité est étudiée de façons transversale et longitudinale. Dans un premier temps, l'effet modérateur des préférences temporelles sur la relation entre alimentation émotionnelle et obésité est testé. Dans un second temps, les effets directs de l'impulsivité et de la considération des conséquences futures sur l'IMC sont étudiés.

METHODES

1. Cohorte NutriNet-Santé

1.1. Présentation générale

L'ensemble des études réalisées ont été conduites au sein de la cohorte NutriNet-Santé. La cohorte NutriNet-Santé est une cohorte prospective basée sur internet ayant débuté en France en Mai 2009. Ses objectifs sont d'étudier les relations entre la nutrition et la santé, ainsi que les déterminants du comportement alimentaire et du statut nutritionnel. Les participants de cette cohorte sont des volontaires adultes de la population générale française (âge ≥ 18 ans). Afin d'être inclus dans la cohorte les participants doivent également disposer d'une connexion et d'une adresse internet et avoir complété 5 questionnaires dans les 23 jours suivant le tirage au sort des dates d'enquête alimentaire, soit :

- un questionnaire alimentaire (3 enregistrements de 24h, dont au moins 2 remplis), un questionnaire anthropométrique ;
- un questionnaire sociodémographique et de mode de vie ;
- un questionnaire d'activité physique ;
- un questionnaire de santé.

Afin de recruter 250 000 participants, une campagne de recrutement a débuté au lancement de l'étude. Cette campagne s'est basée sur une communication dans les médias dans le but d'atteindre le grand public, et auprès des professionnels de santé. De nouvelles campagnes de recrutement se sont poursuivies via les médias, les réseaux sociaux et le site internet de l'étude. Ces nouvelles campagnes ont pour objectifs de poursuivre le recrutement, mais également de limiter les perdus de vue parmi les sujets inclus. Ce dernier objectif est également adressé en maintenant régulièrement les participants informés des résultats de l'étude à partir du site internet de l'étude, de newsletters et des réseaux sociaux. Des réunions scientifiques entre chercheurs et participants de l'étude sont également proposées. Les participants ne répondant pas à un questionnaire pendant plus de 6 mois sont considérés comme perdus de vue. Ces participants sont alors individuellement recontactés par e-mail, puis par contact téléphonique.

Les objectifs principaux de la cohorte NutriNet-Santé sont :

- d'étudier les relations entre les comportements alimentaires, les apports en aliments et nutriments d'une part et la mortalité spécifique par cancer et par maladies cardiovasculaires ;
- d'étudier les relations entre les apports en nutriments, aliments, comportements alimentaires et l'incidence des cancers, l'incidence des maladies cardiovasculaires, l'incidence de l'obésité et du surpoids, l'incidence du diabète de type 2, l'incidence de l'hypertension artérielle, l'incidence du syndrome métabolique, la dépression et plusieurs autres facteurs de santé.

Les objectifs secondaires de la cohorte NutriNet-Santé sont :

- d'étudier les déterminants, qu'ils soient d'ordre sociologiques, économiques, psychologiques, sensoriels ou autres, des comportements alimentaires et de l'état nutritionnel et de l'état de santé ;
- d'étudier les relations entre les apports en nutriments, aliments, comportements alimentaires et marqueurs biologiques (sur des sous-échantillons) ;
- de surveiller dans le temps l'évolution des apports alimentaires et de l'état nutritionnel de la population ;
- d'évaluer l'impact des campagnes ou d'actions de santé publique (connaissance, perception, efficacité...)

Cette cohorte se déroule en accord avec les recommandations de la déclaration d'Helsinki, et toutes les procédures ont été approuvées par le comité international de recherche de l'Institut Fédératif de Recherche Biomédicale (IRB Inserm n° 0000388FWA00005831) et la Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés (CNIL n° 908450 and n° 909216). Des formulaires de consentement électronique ont été obtenus de tous les inclus. La cohorte est enregistrée sur clinicaltrials.org (Clinical Trial no. NCT03335644).

1.2. Les questionnaires

A l'inclusion, les participants complètent sur internet un questionnaire d'inscription, ainsi qu'un ensemble de questionnaires pour évaluer leur santé, leur régime, leur activité physique, leurs

mesures anthropométriques, et leurs caractéristiques socio-économiques et de mode de vie. En dehors du questionnaire d'inscription, tous ces questionnaires sont posés annuellement aux inclus de la cohorte. Depuis 2012, les questionnaires alimentaires sont posés de façon biannuelle.

Un autre ensemble de questionnaires optionnels sont également envoyés régulièrement aux inclus de la cohorte (environ une fois par mois). Les contenus de ces questionnaires sont variés et portent sur d'éventuels nouveaux événements de santé, les déterminants du comportement alimentaire, du statut nutritionnel, des connaissances nutritionnelles ... Parmi ces questionnaires, on distingue les questionnaires « glissants » et les questionnaires « fixes ». Les questionnaires « glissants » sont ponctuellement envoyés selon la date d'inclusion des participants. Par exemple, les participants de la cohorte ne pourront recevoir le questionnaire « Attitudes Alimentaires » que 14 mois après leur inclusion, et ce quelle que soit leur date d'inclusion. Les questionnaires « fixes » sont envoyés à l'ensemble des participants à une date fixe, quelle que soit leur date d'inclusion.

2. Collecte des données

2.1. Données nutritionnelles

2.1.1. Consommation alimentaire

Saisie des données alimentaires

Les questionnaires alimentaires sont complétés sur le site internet de l'étude via une interface interactive. Les données alimentaires sont recueillies bi-annuellement à partir de 3 enregistrements de 24 heures. Les dates pour lesquelles ces données doivent être renseignées sont tirées au sort pour chaque participant. Parmi les dates sélectionnées, deux correspondent à des jours de semaine, et une correspond à un jour de week-end.

Lors du remplissage des enregistrements alimentaires, les participants précisent d'abord le type de prise alimentaire concerné, soit : petit déjeuner, déjeuner, dîner ou autre prise alimentaire. Après l'indication du type de repas concerné, ils détaillent le créneau horaire de la prise alimentaire, le lieu de la prise alimentaire (à la maison, chez des amis/famille, à la cantine, au travail, au restaurant, au fast food, en sandwicherie ou dehors), si le repas a été pris seul ou en compagnie, et si celui-ci a été pris devant la télévision ou non. Ensuite, les participants décrivent tous les aliments et boissons consommés à partir d'une base de données de plus de 2000 références. La saisie des aliments se fait à partir d'une liste catégorisée d'aliments ou à partir d'une recherche par mots clés. Lorsque l'élément recherché ne figure pas dans la base de données, une saisie en clair est alors possible. Une fois la saisie des aliments réalisée, les quantités consommées sont estimées en utilisant des mesures standardisées ou des photographies validées (Le Moullec et al., 1996). Ces photographies représentent plus de 250 aliments. Les participants peuvent choisir parmi 7 tailles de portion pour la plupart des produits (3 portions principales, 2 portions intermédiaires, et 2 portions extrêmes) et ne peuvent pas valider leur enregistrement sans avoir estimé les quantités consommées. Lors de la validation des quantités renseignées pour l'ensemble d'une prise alimentaire, il est alors demandé de préciser la conformité de ces données par rapport à une alimentation habituelle. Plus précisément, les participants peuvent indiquer s'il s'agit de quantités consommées plus élevées, plus faibles, ou égales mais de moins bonne qualité qu'habituellement.

Estimation des données alimentaires

L'estimation des données alimentaires est réalisée à partir des quantités et des portions saisies par les participants. Les aliments saisis en clair sont recodés à partir d'un logiciel de text mining et/ou validés par une équipe de diététiciens. Les quantités réellement consommées sont calculées en appliquant un coefficient déterminant la portion comestible de l'aliment. Les apports en nutriments sont estimés en utilisant la table de composition de NutriNet-Santé qui inclut plus de 2000 aliments (Nutrinet-Santé, 2013).

Afin de limiter l'estimation de valeurs aberrantes, plusieurs méthodes sont utilisées. L'identification des surconsommations dépend de valeurs maximum et standard définies pour chaque aliment. Ces valeurs permettent d'identifier les surconsommations selon si ces valeurs ont été déclarées comme étant supérieures ou inférieures à une alimentation habituelle par les participants. Pour une prise alimentaire, si plus de 10% des aliments saisis ont des quantités estimées supérieures aux valeurs maximums prédéfinies et que le participant a indiqué qu'il s'agit d'une consommation habituelle, alors l'enquête alimentaire est supprimée. Lorsque le pourcentage d'erreur des aliments saisis est inférieur ou égal à 10% et le participant a indiqué qu'il s'agit d'une consommation habituelle ou inférieure à la normale, les quantités estimées sont corrigées selon les valeurs standards prédéfinies. Quel que soit le pourcentage d'erreur, si le participant indique qu'il s'agit d'une consommation supérieure à son alimentation habituelle, alors les quantités sont corrigées selon les valeurs maximums prédéfinies. Suivant ces deux derniers cas de figure, lorsque les données corrigées entraînent malgré tout une identification de surconsommation au niveau des groupes d'aliments (et non plus des aliments) selon des seuils maximums prédéfinis, l'enquête alimentaire est alors supprimée.

Concernant l'identification des sous-déclarations, l'approche utilisée est la méthode de Black (Black, 2000). Cette méthode permet d'identifier de probables sous-déclarations en se basant sur l'estimation des apports énergétiques. Elle repose sur le calcul du métabolisme de base selon l'âge, le sexe, le poids, et la taille en utilisant les équations de Schofield (Schofield, 1984), qui permettent de déterminer les besoins énergétiques selon le niveau d'activité physique. Deux niveaux d'activité physique sont considérés : un niveau de base avec une valeur fixée à 1,55 et un niveau d'activité physique extrêmement faible fixé à 0,88. Plus le niveau d'activité physique d'un individu est élevé, plus cet individu est considéré comme étant actif. Un seuil de 0,88 correspond

à un seuil minimum d'activité physique et permet d'identifier des sous-déclarants extrêmes, tandis qu'un seuil de 1,55 est considéré comme un niveau d'activité physique conservateur, avec peu ou sans activité fatigante (Black et al., 1996). Un ratio entre les apports énergétiques et les besoins énergétiques est alors estimé. Ce ratio permet de supprimer les enquêtes alimentaires des individus ayant un ratio inférieur aux seuils de Goldberg (Goldberg et al., 1991). Les individus ayant un ratio inférieur aux seuils de Goldberg en se basant sur un niveau d'activité physique fixé à 0,88 sont identifiés comme sous-déclarants. Les individus ayant un ratio inférieur aux seuils de Goldberg en se basant sur un niveau d'activité physique fixé à 1,55 sont identifiés comme sous-déclarants si ces derniers n'ont pas déclaré : avoir eu une alimentation plus faible que d'habitude, avoir fait un régime pour perdre du poids, ou avoir perdu plus de 5 kg sur une période récente. Les enquêtes alimentaires des sous-déclarants identifiés sont supprimées. Une étude a validé cette méthode dans la cohorte NutriNet-Santé (Lassale et al., 2015).

Après vérification des données alimentaires, la consommation journalière moyenne (en gramme par jour) est pondérée selon le type de jour de la semaine des enregistrements alimentaires (jour de week-end ou autre).

Groupes alimentaires

A partir des données obtenues, des groupes de consommation alimentaires sont définis selon les hypothèses et les objectifs d'analyse. Une liste non exhaustive des principaux groupes d'aliments utilisés est détaillée dans le tableau 1.

TABLEAU 1 | Liste des groupes d'aliments constitués à partir des enregistrements de 24h

Groupes d'aliments	Aliments
Fruits et légumes	Tous les fruits frais, en conserve, en compote sans sucre ajouté ET tous les légumes, y compris en purée sans décomposition
Poissons et fruits de mer	Tous les poissons, quel que soit leur teneur en matières grasses ET tous les coquillages et crustacés
Viandes et volailles	Bœuf, veau, agneau, mouton, porc, sanglier, lapin, lièvre, cheval, bich, bison, cabri, chevreau, chevreuil, poulet, dinde, canard, caille, pintade, caneton, chapon, coquelet, faisán, oie, pigeon...
Charcuterie	Terrines, pâtés, rillettes, saucissons, saucisses sèches et toutes les saucisses
Œufs	Tous les œufs
Produits laitiers	Tous les laits de mammifères dont les laits aromatisés $\leq 12\%$ sucre, tous les yaourts $\leq 12\%$ sucre, tous les fromages blancs $\leq 12\%$ sucre, tous les petits suisses $\leq 12\%$ sucre
Fromages	Fromages et fromages allégés
Desserts lactés	Crèmes desserts, entremets, flans, milk-shakes, laits aromatisés, yaourts, fromages blancs et petits suisses $\geq 12\%$ de sucre
Féculents	Pomme de terre, manioc, patate douce, igname, marron, banane plantain, fruit à pain, etc. Pains, biscottes, céréales petits déjeuner, pâtes, riz, semoule et autre céréales (quinoa, tapioca, boulghour...), farines
Aliments complets	Groupe féculents complets
Matières grasses	Huiles, beurres, margarines et autres matières grasses (crème fraîches...)
Produits gras et sucrés	Gâteaux, biscuits, pâtisseries, viennoiseries, chocolats, barres chocolatées, glaces, barres glacées, cônes, pâtes à tartiner, mousse au chocolat, pâte d'amande
Produits sucrés	Bonbons, confiseries, miel, confiture, tous types de sucres, compotes sucrées, coulis, nappages, sirop, sorbet, lait écrémé concentré sucré, lait entier concentré sucré, mousse aux fruits (classique et allégées).
Fast food	Pizzas, hamburgers, quiches, tartes, tourtes, pâtes brisée et feuilletée, beignets salés, samoussa, cakes, feuilletés, friands, flamiche, flammenkueche, hot dog, nan au fromage, crêpes fourrées et croque-monsieur, nem, roulé au fromage, sandwich grec, cordon bleu.
Snacks	Biscuits apéritifs, bretzels, chips, taco, crackers, gougères, houmous, tahina, tapenade, tarama, canapés, petits toasts, tartare d'algues, fruits oléagineux salés et olives.
Boissons non-alcoolisées	Jus de fruits à base de concentré et nectars, sodas, limonade, boissons sans alcool sucrés, sirop, thé glacé, eau aromatisée sucrée et boissons chaudes sucrées, sodas et autres boissons light, limonade light, boissons chaudes non sucrées.
Boissons alcoolisées	Toutes les boissons contenant de l'alcool y compris le cidre, le panaché et les cocktails alcoolisés.

2.1.2. Alimentation issue de l'agriculture biologique

Un questionnaire spécifique a été utilisé afin d'évaluer la consommation alimentaire issue de l'agriculture biologique. Ce questionnaire a été posé sur une période de 5 mois, de juin à octobre sur l'année 2014. Un total de 33,384 personnes a complété ce questionnaire.

Il s'agit d'un questionnaire semi-quantitatif de fréquence alimentaire (Org-FFQ) (Baudry et al., 2015), développé à partir d'un précédent questionnaire de fréquence alimentaire validé dans une population adulte française (Kesse-Guyot et al., 2010). Dans ce dernier, les participants précisent la fréquence et la quantité consommées au cours de l'année de 264 items afin d'évaluer les apports alimentaires. La fréquence de consommation correspond à une consommation habituelle estimée à partir d'une échelle graduelle (à partir d'unités annuelles, mensuelles, hebdomadaires ou quotidiennes). Les quantités sont estimées à partir de tailles de portion standards et le nombre de fois que ces portions ont été consommées. Les 264 items sont répartis en groupes alimentaires et des questions additionnelles sont posées (des questions portant par exemple sur le type de matière grasse utilisée pour la cuisson). Pour huit groupes d'aliments qui ne sont généralement pas consommés à partir de portions prédéfinies, un ensemble de trois photographies montrant des tailles de portion différentes a été incluse afin de permettre l'estimation de quantités (Le Moullec et al., 1996). En plus de ces photographies, deux quantités intermédiaires et deux quantités extrêmes étaient proposées pour un total de 7 choix possibles. Les groupes concernés sont le fromage, le pâté, le poisson, la viande, le beurre utilisé sur du pain, les pommes de terre, les féculents et les légumes.

L'Org-FFQ est donc basé sur ce questionnaire, mais introduit également une échelle de Likert en 5 points (jamais, rarement, la moitié du temps, souvent, toujours) afin d'estimer la part de consommation issue de l'agriculture biologique pour chaque item (sauf pour les items n'existant pas sous cette forme). La consommation d'aliments bio pour chaque item a été obtenue en pondérant les 5 points de cette échelle par 0 ; 0,25 ; 0,5 ; 0,75 et 1.

Une vérification des quantités alimentaires obtenues est réalisée afin d'identifier les sur- et sous-déclarants. Cette vérification est basée sur la comparaison des apports énergétiques aux besoins énergétiques. Comme décrit précédemment, les besoins énergétiques sont calculés à partir du métabolisme de base obtenu à partir des équations de Schofield (Schofield, 1984) et du niveau

d'activité physique fixé ici à 1,55. Le ratio entre apports énergétiques et besoins énergétiques est alors calculé. Les individus présentant un ratio inférieur au 1^{er} percentile (0,35), ou supérieur au 99^{ème} percentile (1,93) sont considérés respectivement comme sous- et sur-déclarants. Ces percentiles ont été obtenus à partir d'un questionnaire de fréquence alimentaire validé utilisé dans la cohorte NutriNet-Santé.

2.1.3. Qualité du régime

La qualité du régime est mesurée à partir du score PNNS modifié (mPNNS-GS) (Estaquio et al., 2009). Il s'agit d'un score de qualité nutritionnel a priori qui mesure l'adhérence aux recommandations nutritionnelles françaises. Il est basé sur le score PNNS-GS, mais prend seulement en compte les composantes alimentaires du score, excluant alors la composante activité physique d'origine. Il y a au total 12 composantes alimentaires :

- 8 sur les portions recommandées de fruits et légumes ; féculents ; produits complets ; produits laitiers ; viande, œufs, et poissons ; produits de la mer ; matières grasses végétales ; et eau et sodas ;
- 4 sur la modération des apports de matières grasses ; de sels ; de sucre et d'alcool.

Des points sont déduits d'une surconsommation en sel (> 12 g/j) et en sucres ajoutés des aliments sucrés ($\geq 15\%$ des apports énergétiques), mais également pour un apport énergétique total dépassant les besoins énergétiques par plus de 5% (évalués à partir du niveau d'activité physique et du métabolisme de base en utilisant les équations de Schofield). Plus le score total est élevé, plus le régime possède une bonne qualité nutritionnelle. Le score total a un maximum de 13,5.

2.2. Données sur les motivations des choix alimentaires

Les données concernant les motivations des choix alimentaires ont été collectées de Juillet à Décembre 2013 à partir d'un questionnaire validé mesurant les motivations incluant des considérations de durabilité lors des achats (Sautron et al., 2015). Le questionnaire est basé sur 63 items ciblant les aliments en général (32 items) ou des groupes d'aliments spécifiques (viandes/poissons/fruits & légumes/produits laitiers) (31 items). Pour répondre aux questions, il était demandé aux participants de donner leur accord sur une échelle de Likert à 5 points allant de

« Pas du tout d'accord » à « Tout à fait d'accord ». Les participants pouvaient également répondre « Ne sais pas ». La structure du questionnaire a été explorée à partir d'une analyse factorielle exploratoire, et validée à partir d'une analyse factorielle confirmatoire. La fiabilité du questionnaire a également été évaluée avec la cohérence interne des différentes dimensions et à partir de test re-tests. Au total, 9 motivations différentes sont mesurées :

(1) éthique et environnement : 17 items portant notamment sur le gaspillage, la pollution causée par les transports, l'impact sur les ressources terrestres, l'impact environnemental et le respect des conditions de travail ;

(2) local et production traditionnelle : 12 items portant notamment sur la proximité de production, les aides pour les petits producteurs, et les produits artisanaux ;

(3) goût : 4 items portant sur le goût des aliments en général, mais également spécifiquement sur les viandes, fruits et légumes et les produits laitiers ;

(4) prix : 6 items portant sur le prix des aliments en général, mais également spécifiquement sur les viandes, fruits et légumes, les poissons, et les produits laitiers ;

(5) raisons environnementales : 4 items portant sur les raisons environnementales de ne pas acheter d'aliments de façon générale, mais également spécifiquement les poissons, les viandes et les fruits et légumes ;

(6) santé : 6 items portant sur l'impact sur la santé, la composition nutritionnelle, des motivations spécifiques sur des préoccupations de santé ;

(7) simplicité : 4 items portant sur la facilité de cuisson des aliments en général, mais également plus spécifiquement des viandes, poissons, et fruits et légumes ;

(8) innovation : 4 items portant sur l'originalité ou l'innovation des produits en général, mais également plus spécifiquement des viandes et produits laitiers, ainsi que l'innovation en matière des processus de fabrication et de conservation des aliments ;

(9) absence de contaminants : 5 items portant sur la présence d'additifs, l'exposition aux produits chimiques, et plus spécifiquement les méthodes de pêche.

Sachant que chaque dimension possédait un nombre différent d'items, les scores de ces dimensions ont été transformés afin d'obtenir des valeurs allant de 0 (absence de motivation) à 10 (très fortes motivations).

2.3. Données sur le grignotage

Un questionnaire sur les conditions des repas a été posé d'avril 2014 à septembre 2014. Ce questionnaire permet de mesurer la fréquence de grignotage des participants, par l'intermédiaire de la question « A quelle fréquence grignotez-vous dans la journée (jusqu'au coucher) ? ». Les réponses ont été évaluées à partir de 7 fréquences différentes : jamais ; moins d'une fois par semaine ; 1 à 3 fois par semaine ; 4 à 6 fois par semaine ; 1 à 2 fois par jour ; 3 à 5 fois par jour ; 6 fois ou plus par jour. Ces fréquences ont été par la suite recodées en 4 catégories : jamais, moins d'une fois par semaine ; plus d'une fois par semaine à moins d'une fois par jour ; plus d'une fois par jour.

2.4. Données sur les troubles des conduites alimentaires

La version française du questionnaire SCOFF (*Sick-Control-One-Fat-Food*) a été posée dans la cohorte en juin 2014 à novembre 2014. Ce questionnaire permet de mesurer le risque de TCA à partir de 5 questions dichotomiques (Garcia et al., 2010; Morgan et al., 1999), voir tableau 2. Le score total varie de 0 à 5 et un score supérieur ou égal à 2 indique un risque de TCA. Ce questionnaire a été validé avec de bonnes sensibilité et spécificités concernant le diagnostic de TCA. Le seuil de 2 réponses positives a une sensibilité de 88,2% et une spécificité de 92,5%. Les recommandations du NICE (National Institute for Health and Care Excellence) suggèrent d'utiliser le SCOFF comme outil diagnostique des TCA. L'algorithme Expali™ a été utilisé afin de distinguer 4 catégories de TCA selon les réponses au questionnaire et l'IMC des répondants (Tavolacci et al., 2017). Cette classification de TCA est basée sur le DSM-V : (1) les troubles restrictifs ; (2) les troubles boulimiques ; (3) les troubles hyperphagiques ; (4) les autres types de TCA ; mais présente cependant des différences. La catégorie des troubles restrictifs (restrictive disorders, RD) inclut l'anorexie mentale, mais également les restrictions alimentaires excessives et l'anorexie mentale atypique. La catégorie des troubles boulimiques (bulimic disorder, BD) inclut la boulimie et la boulimie atypique. La catégorie des troubles hyperphagiques (hyperphagic disorder, HD) inclut l'hyperphagie boulimique et l'hyperphagie boulimique atypique de faibles durée et fréquence. La

catégorie des autres types de TCA (other eating disorder, OED) inclut les comportements compensatoires sans crises de boulimie, les compulsions alimentaires nocturnes, l'orthorexie etc.

TABLEAU 2 | Version française du questionnaire SCOFF

Item	Oui	Non
1) Vous faites-vous vomir lorsque vous avez une sensation de trop plein ?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2) Etes-vous inquiet(e) d'avoir perdu le contrôle des quantités que vous mangez ?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3) Avez-vous récemment perdu plus de 6 kilos en moins de 3 mois ?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4) Vous trouvez-vous gros(se) alors même que les autres disent que vous êtes trop mince ?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
5) Diriez-vous que la nourriture domine votre vie ?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

2.5. Données anthropométriques

Les questionnaires anthropométriques posés lors de l'inclusion et annuellement permettent d'obtenir les données de poids et de taille des individus. Il est demandé aux participants de renseigner les valeurs les plus récentes et dont ils sont les plus sûrs. Pour la taille, ils peuvent indiquer par exemple la valeur issue d'une visite médicale ou celle figurant sur leur carte d'identité. Pour le poids, il leur est demandé de se peser eux-mêmes s'ils possèdent une balance. Pour réaliser cette mesure, des instructions sont données : la balance doit être placée sur une surface plane et dure, le poids doit être bien réparti sur les deux pieds, les participants doivent se peser sans chaussures et en sous-vêtements, de préférence le matin. Les mesures sont arrondies au kilogramme inférieur pour les décimales comprises entre 1 et 4, et au kilogramme supérieur pour les décimales comprises entre 5 et 9. Il existe des valeurs minimums et maximums concernant ces données. Les données de taille inférieures à 90 cm ou supérieures à 220 cm, et les données de poids inférieures à 30 kg ou supérieures à 250 kg sont corrigées dans un second temps après vérification auprès des participants concernés de l'exactitude des informations renseignées. Il est demandé aux participantes de l'étude d'indiquer si elles sont enceintes. Dans ce cas, les données de poids et de taille ne sont pas récupérées.

Les données sont par la suite analysées afin de vérifier l'apparition d'anomalies lors du suivi des participants. Ainsi, les données de taille évoluant de plus de 20 cm sont corrigées en prenant en compte la valeur de l'année précédente. Concernant les données de poids, celles-ci étaient corrigées si la variation de poids était supérieure à 70 kg d'une année à l'autre. Une

correction ou une suppression étaient appliquées au cas par cas en fonction des données disponibles au moment de l'analyse (inversion taille/poids, erreur de frappe ...).

L'indice de masse corporelle (IMC) en kg/m^2 est calculé à partir des données corrigées en faisant le ratio du poids et de la taille au carré. Si l'IMC était supérieur à $60 \text{ kg}/\text{m}^2$, inférieur à $11,5 \text{ kg}/\text{m}^2$ pour les femmes, ou inférieur à $13 \text{ kg}/\text{m}^2$ pour les hommes, alors la donnée était considérée comme manquante (Henry, 1990).

Les questionnaires anthropométriques permettent également d'obtenir des informations concernant les régimes éventuellement effectués. Il est ainsi demandé aux participants de renseigner s'ils réalisent un régime alimentaire, et le cas échéant d'indiquer la ou les raisons de ce régime en fonctions de propositions prédéfinies : raisons médicales (autres que problèmes de poids), grossesse, pour perdre du poids, pour ne pas prendre de poids, pour rester en forme, régime végétarien, régime végétalien, par conviction personnelle ou religieuse. Seul le régime pour perdre du poids sera pris en compte ici, ainsi que les réponses (Oui/Non) aux questions suivantes : « Avez-vous déjà suivi un régime pour perdre du poids ? » et « Depuis un an, avez-vous essayé de perdre du poids ? » ; la première question étant seulement posée lors du premier questionnaire anthropométrique.

2.6. Données socio-démographiques et de mode de vie

2.6.1. Données socio-démographiques

L'âge est obtenu à partir de la date de naissance des participants renseignée lors du questionnaire d'inscription. Le sexe des participants est également demandé une seule fois dans ce questionnaire.

Les informations relatives au niveau d'éducation, à la catégorie socio-professionnelle et au revenu mensuel des participants sont demandées dans le questionnaire socio-démographique. Le niveau d'éducation est défini selon quatre niveaux : primaire, secondaire, $\leq \text{BAC} / +3$, $> \text{BAC} +3$. Il est obtenu à partir des diplômes renseignés. La catégorie socio-professionnelle est obtenue selon la profession actuelle exercée ou la situation actuelle par rapport à l'emploi des participants. Les catégories socio-professionnelles ainsi définies sont :

- sans emploi (chômeur(se) indemnisé(e), chômeur(se) non indemnisé(e), allocataire du revenu minimum d’insertion, en formation, au foyer, en invalidité ou en longue maladie) ;
- étudiant(e) ;
- agriculteur, artisan, commerçant, chef d’entreprise ;
- employé(e) (fonction publique, administratif d’entreprise, commerce ou personnels de service direct aux particuliers), ouvrier (industriel, artisanal, manutention, magasinage, transport, agricole) ;
- professions intermédiaires (technicien, contremaître ou agent de maîtrise, profession intermédiaire de l’enseignement, de la santé, de la fonction publique et assimilés, profession intermédiaire administrative et commerciale des entreprises) ;
- cadre, profession intellectuelle (profession libérale et assimilée, cadre de la fonction publique, profession intellectuelle et artistique, cadre d’entreprise et ingénieur) ;
- retraité(e) (ou préretraité(e)).

Le revenu mensuel des participants correspond plus précisément au revenu mensuel du foyer. Il est calculé en fonction de la composition du foyer. Les personnes composant le foyer sont converties en unités de consommation (UC) selon le référentiel défini par l’OCDE (Organisation de Coopération et de Développement Economiques) (INSEE, 2018). La première personne adulte du foyer compte pour 1 UC, 0,5 UC est attribuée aux personnes d’au moins 14 ans et 0,3 UC est attribuée aux enfants de moins de 14 ans. Les catégories de revenus ont été définies selon les seuils suivants : <1 200 € ; 1 200-1799 € ; 1 800-2 299 € ; 2 300-2 699 € ; 2 700-3 699 € et > 3 700 € par UC. Il était également possible de ne pas souhaiter répondre à cette question.

2.6.2. Données de mode de vie

Les données de mode de vie considérées ici correspondent au niveau d’activité physique et au statut tabagique.

Le niveau d’activité physique est obtenu à partir du questionnaire d’activité physique posé à l’inscription puis annuellement. Plus précisément, le niveau d’activité physique est évalué à partir

du questionnaire IPAQ (International Physical Activity Questionnaire) (Craig et al., 2003). Ce questionnaire permet d'obtenir des niveaux de dépense énergétique exprimés en MET (MET : Metabolic Equivalent of Task). Afin de mesurer ces niveaux de dépenses, il est demandé aux participants de renseigner le temps consacré à des activités physiques intenses (port de charges lourdes, faire du football ...), le temps consacré à des activités physiques modérées (port de charges légères (5 à 10 kg), passer l'aspirateur, balade à vélo ...), le temps consacré à des activités physiques de faible intensité (marche). A chaque niveau d'activité correspond une équivalence prédéfinie de dépense énergétique (MET). Une activité physique intense correspond à 8 MET, une activité physique modérée correspond à 4 MET, et une activité physique de faible intensité correspond à 3,3 MET. Ensuite, l'activité physique est transformée en MET-minutes par semaine ($\text{MET} \cdot \text{min} \cdot \text{semaine}^{-1}$) à partir du produit de la durée de l'activité physique, de la fréquence par semaine fois, et de l'équivalent de la dépense énergétique. Enfin, 3 niveaux d'activité physique sont globalement déterminés en fonction de tous ces éléments. Un niveau d'activité physique élevé correspond à la pratique d'une activité physique intense au moins 3 fois par semaine avec un MET-minutes par semaine $\geq 1\ 500$ ou à un MET-minutes par semaine $\geq 3\ 000$. Un niveau d'activité physique modéré correspond à la pratique d'une activité physique intense au moins 3 fois par semaine d'une durée moyenne d'au moins 20 minutes, ou à la pratique d'une activité physique modérée ou de faible intensité au moins 5 fois par semaine d'une durée d'au moins 30 minutes, ou d'une pratique d'activité physique au moins 5 fois par semaine pour un MET-minutes par semaine d'au moins ≥ 600 . En dehors de ces cas, le niveau d'activité physique est considéré comme faible.

Le statut tabagique est obtenu à partir du questionnaire socio-démographique. Les participants sont classés en trois catégories distinctes : fume actuellement, a déjà fumé, n'a jamais fumé.

2.7. Alimentation émotionnelle

La mesure de l'alimentation émotionnelle est basée sur la version française du questionnaire validé Three-Factor Eating Questionnaire (TFEQ-R21) (Lluch, 1995; Stunkard and Messick, 1985; Angle et al., 2009). Ce questionnaire est un questionnaire glissant posé à tous les participants 14 mois après leur inclusion (une grande proportion des inclus ont donc complété ce questionnaire en 2010). Il permet de mesurer 3 aspects du comportement alimentaire : la restriction

cognitive (6 questions), l'alimentation émotionnelle (6 questions) et l'alimentation incontrôlée (9 questions). Les questions de chacune de ces dimensions sont globalement évaluées à partir d'une échelle de Likert en 4 points (allant de « entièrement vrai » à « complètement faux » pour la majorité des questions). Les questions de la dimension portant sur l'alimentation émotionnelle sont présentées dans le tableau 3. Le score total de l'alimentation émotionnelle est calculé en faisant la moyenne des scores de chacun des 6 items et varie donc de 1 (absence d'alimentation sous le coup des émotions) à 4 (forte tendance à manger en réponse à des émotions négatives), voir tableau 3.

TABLEAU 3 | Version française de la dimension alimentation émotionnelle du TFEQ-R21

Item	Entièrement vrai	Complètement faux
1) Quand je me sens anxieux (se), je me surprends à manger.	○	○ ○ ○ ○
2) Quand j'ai le cafard, il m'arrive souvent de manger trop.	○	○ ○ ○ ○
3) Quand je me sens tendu(e) ou crispé(e), je ressens souvent le besoin de manger.	○	○ ○ ○ ○
4) Lorsque je me sens seul (e), je me console en mangeant.	○	○ ○ ○ ○
5) Si je me sens nerveux(se), j'essaie de me calmer en mangeant.	○	○ ○ ○ ○
6) Quand je me sens déprimé(e), je veux manger.	○	○ ○ ○ ○

2.8. Données sur les préférences temporelles

Les réponses aux questionnaires d'impulsivité et de CFC sont obtenues à partir d'un questionnaire fixe optionnel envoyé aux participants de la cohorte NutriNet-Santé de juin à novembre 2014. Sur les 156 618 inclus de la cohorte NutriNet-Santé au 01 juin 2014, 50 951 participants ont répondu à ce questionnaire. Les répondants de ce questionnaire constituent l'échantillon de base de ce travail de thèse, à partir duquel l'ensemble des analyses sera réalisé. La comparaison des individus ayant répondu au questionnaire (échantillon PT (préférence temporelle)) avec le reste de la cohorte (échantillon Exclus), est présente dans le tableau 4. Les individus de l'échantillon PT étaient en moyenne plus âgés et avaient un IMC moins élevé, tandis que les individus exclus étaient plus souvent des femmes, avaient un niveau d'éducation moins élevé, étaient plus souvent sans emploi, étudiants, employés, ouvriers, et avaient des revenus plus faibles.

TABLEAU 4 | Caractéristiques générales de l'échantillon principal PT et des participants exclus
au 01 Juin 2014

	PT (N=50 951)	Exclus (N=105 667)	P ¹
Age (années) ²	50,37 ± 14,60	43,54 ± 14,23	<0,0001
Sexe (%)			<0,0001
Femme	76,8	78,2	
Homme	23,2	21,8	
Niveau d'éducation (%)			<0,0001
Primaire	2,4	3,6	
Secondaire	28,9	36,2	
BAC +2, +3	31,2	29,5	
> BAC +3	37,5	29,8	
Données manquantes	0,1	0,9	
Catégorie socio-professionnelle (%)			<0,0001
Sans emploi	9,6	12,8	
Etudiant	1,9	22,7	
Agriculteur, artisan, commerçant, chef d'entreprise	2,0	2,9	
Employé, ouvrier	15,4	32,0	
Professions intermédiaires	15,5	6,4	
Cadre, profession intellectuelle	23,5	7,1	
Retraité	32,0	15,6	
Données manquantes	0,0	0,5	
Revenu mensuel par foyer (%) ³			<0,0001
<1200€	11,1	14,3	
1200-1799€	21,1	7,4	
1800-2299€	15,1	24,8	
2300-2699€	10,1	13,1	
2700-3699€	17,0	7,3	
>3700€	12,6	10,6	
Ne souhaite pas répondre	12,5	7,3	
Données manquantes	0,4	3,7	
IMC (kg/m ²) ²	24,00 ± 4,54	24,33 ± 5,06	<0,0001

PT : participants ayant répondu au questionnaire sur les préférences temporelles ; Exclus : échantillon n'ayant pas répondu au questionnaire sur les préférences temporelles.

¹valeurs de p basées sur des tests t pour les variables continues et des tests du chi-2 pour les variables catégorielles.

²moyenne ± écart-type

³le revenu mensuel par foyer correspond à un revenu par unité de consommation (UC), qui pondère le revenu selon la taille des ménages. Une UC est attribuée au premier adulte du ménage, 0,5 UC pour les autres membres âgés d'au moins 14 ans et 0,3 UC pour les enfants de moins de 14 ans.

2.8.1. Impulsivité

L'impulsivité est évaluée avec la version française du questionnaire d'impulsivité Barratt (Bayle et al., 2000). La 11ème version (BIS-11) (Patton et al., 1995) est dérivée de la validation de la 10ème version (Bayle et al., 2000). Elle contient 30 questions mesurées à partir d'une échelle de Likert en 4 points (allant de jamais à toujours/presque toujours), voir tableau 5. Le score total est obtenu en faisant la somme des items et varie de 30 à 120. Plus le score est élevé plus l'individu est considéré comme impulsif.

TABLEAU 5 | Version française du questionnaire d'impulsivité de Barratt

Item	Rarement/ Jamais	Occasionn ellement	Rarement	Toujours/ Presque toujours
1) Je prépare soigneusement les tâches à accomplir (R)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2) Je fais les choses sans réfléchir	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3) Je me décide rapidement	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4) Je suis insouciant	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
5) Je ne fais pas attention	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
6) Mes pensées défilent très vite	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
7) Je programme mes voyages longtemps à l'avance (R)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
8) Je suis maître de moi (R)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
9) Je me concentre facilement (R)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
10) Je mets de l'argent de côté raisonnablement (R)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
11) Je ne tiens pas en place aux spectacles ou aux conférences	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
12) Je réfléchis soigneusement (R)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
13) Je veille à ma sécurité d'emploi (R)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
14) Je dis les choses sans réfléchir	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
15) J'aime réfléchir à des problèmes complexes (R)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
16) Je change d'emploi	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
17) J'agis sur un "coup de tête"	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
18) Réfléchir sur un problème m'ennuie vite	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
19) J'agis selon l'inspiration du moment	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
20) Je réfléchis posément (R)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
21) Je change de logement	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
22) J'achète les choses sur un "coup de tête"	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
23) Je ne peux penser qu'à un problème à la fois	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
24) Je change de loisir	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
25) Je dépense ou paye à crédit plus que ce que je ne gagne	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
26) Lorsque je réfléchis d'autres pensées me viennent à l'esprit	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
27) Je m'intéresse plus au présent qu'à l'avenir	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
28) Je m'impatiente lors de conférences ou de discussions	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
29) J'aime les "casse-têtes" (R)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
30) Je fais des projets d'avenir (R)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

(R) : item avec un codage inversé

2.8.2. Considération des conséquences futures

La considération des conséquences futures est évaluée à partir de la version française du CFC-12 (Demarque et al., 2010; Strathman et al., 1994). Il s'agit d'un questionnaire de 12 questions sur une échelle de Likert en 5 points (« Ne s'applique pas du tout à moi » à « S'applique tout à fait à moi »), voir tableau 6. Le score total varie de 12 à 60. Plus le score est élevé plus l'individu considère les conséquences futures de ses actes.

TABEAU 6 | Version française du questionnaire de considération des conséquences futures

Item	Ne s'applique pas du tout à moi				S'applique tout à fait à moi
1) J'envisage comment pourraient être les choses dans le futur et j'essaie de les influencer par mon comportement quotidien	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2) Souvent, j'adopte un comportement particulier pour atteindre des objectifs qui ne se réaliseront peut-être pas avant des années	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3) Je n'agis que pour répondre à des préoccupations immédiates, en pensant que le futur s'arrangera de lui-même (R)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4) Mon comportement n'est influencé que par les conséquences immédiates de mes actes (dans les jours ou semaines qui suivent) (R)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
5) Mon confort est un facteur important dans les décisions que je prends ou dans les actions que je réalise (R)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
6) Je suis prêt(e) à sacrifier mon bonheur ou mon bien-être immédiats afin d'atteindre des objectifs futurs	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
7) Je pense qu'il est important de prendre au sérieux les mises en garde contre les conséquences négatives de mes actes, même si ces conséquences négatives n'interviendront pas avant plusieurs années	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
8) Je pense qu'il vaut mieux adopter un comportement dont les conséquences lointaines seront bénéfiques, plutôt qu'un comportement entraînant des conséquences immédiates moins bénéfiques	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
9) Je ne tiens généralement pas compte des mises en garde contre d'éventuels problèmes futurs car je pense que ces problèmes seront résolus avant d'avoir atteint un niveau critique (R)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
10) Je pense qu'il n'est généralement pas nécessaire de faire des sacrifices dans le présent puisque je peux m'occuper des conséquences futures plus tard (R)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
11) Je n'agis que pour répondre à des préoccupations immédiates, en pensant que je m'occuperai plus tard des problèmes qui surviendront éventuellement dans l'avenir (R)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
12) Puisque mes actions quotidiennes ont des résultats précis, elles sont plus importantes pour moi qu'un comportement ayant des conséquences lointaines (R)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

(R) : item avec un codage inversé

3. Analyses psychométriques

Dans le but d'évaluer et de confirmer les échelles psychométriques d'impulsivité et de considération des conséquences futures dans notre échantillon, des analyses psychométriques portant sur plusieurs propriétés de ces questionnaires ont été réalisées. Ces analyses sont importantes car elles permettent de vérifier que les concepts mesurés correspondent à ceux définis dans la littérature. Comme souligné précédemment, plusieurs études ont par exemple remis en cause la structure de l'échelle d'impulsivité de Barratt (Haden and Shiva, 2008; Ireland and Archer, 2008; Reid et al., 2014; Reise et al., 2013), et souligné la difficulté de compréhension des questions du CFC-12 (Crockett et al., 2009; McKay et al., 2012). De plus ces études sont généralement réalisées dans des populations spécifiques, en particulier pour l'impulsivité (étudiants, prisonniers, sujets avec des troubles psychiatriques etc).

3.1. Biais de réponse

Tout d'abord, afin de prendre en compte d'éventuels biais de réponse dans les questionnaires, une analyse des patterns de réponse a été réalisée. Celle-ci consiste à considérer les items inversés dans leur tournure afin d'explorer d'éventuels biais d'acquiescence : c'est-à-dire des personnes ayant répondu la même modalité (ex : totalement d'accord), que l'item soit normal ou inversé, et ce, pour l'ensemble des items des questionnaires considérés. Ainsi, les données des participants avec la même réponse à tous les items (les 30 items du BIS-11 ou les 12 items du CFC-12) sont supprimées. Au total, 26 participants ont présenté un biais d'acquiescence dans leurs réponses au BIS-11 et 439 participants ont présenté ce biais pour le CFC-12.

3.2. Analyses descriptives

Les analyses descriptives des échelles consistent à explorer la distribution des items des questionnaires afin de vérifier d'éventuels effets seuil/plancher, et à analyser les corrélations inter-items à partir de coefficients de corrélation polychoriques (variables ordinales supposant une distribution continue latente).

Echelle d'impulsivité de Barratt

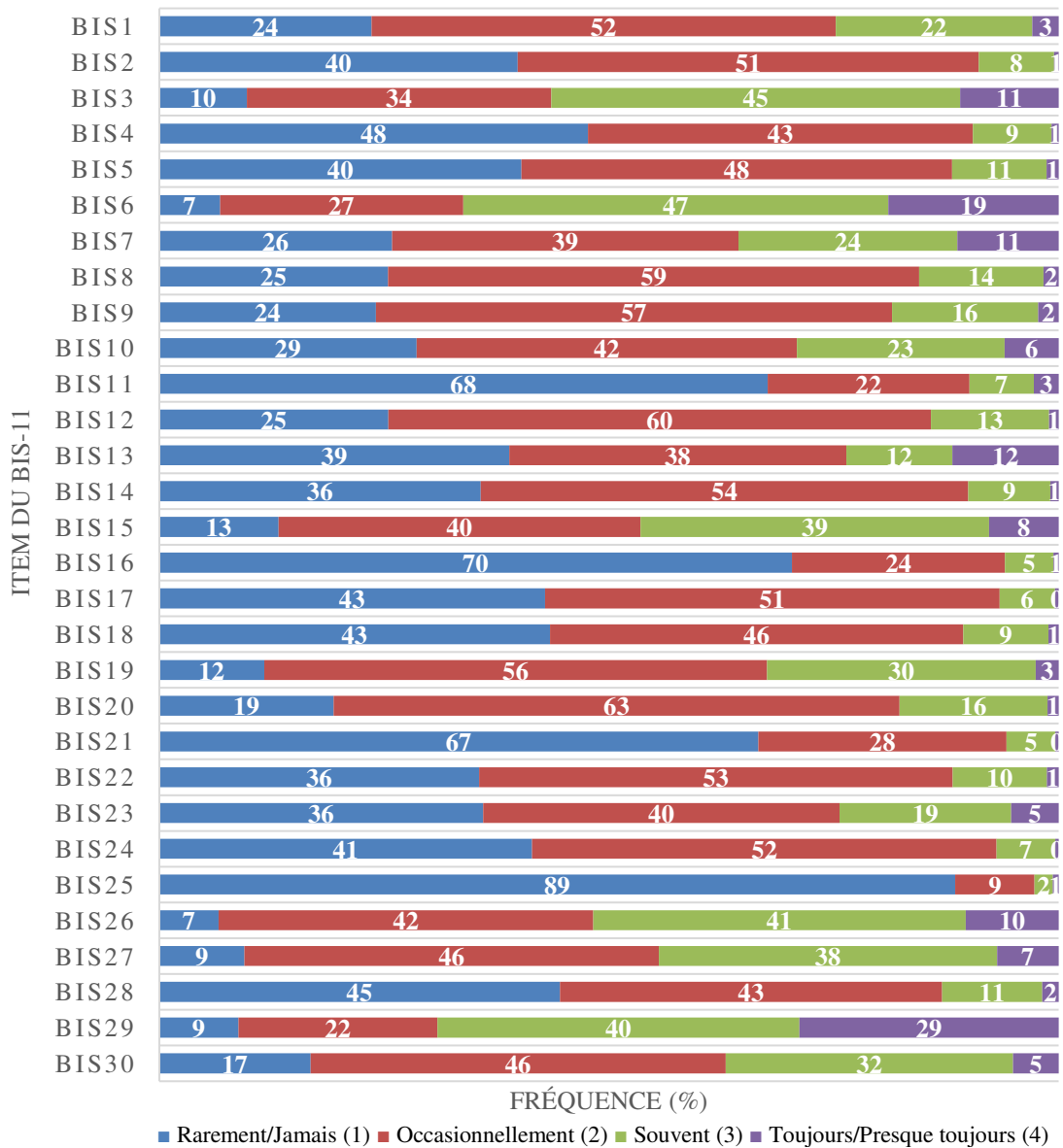


FIGURE 8 | Fréquences de réponse de l'échelle d'impulsivité de Barratt

La figure 8 montre la distribution des réponses au questionnaire d'impulsivité de Barratt. Globalement, la modalité « Toujours/Presque » est la modalité avec la proportion de réponse la plus faible, en particulier pour les items 2, 4, 5, 12, 14, 16, 17, 18, 20, 21, 22, 24 et 25, suggérant un léger effet plancher.

Le tableau décrit les corrélations inter-items, ainsi que la corrélation moyenne de chaque item avec l'ensemble des items restants. Ces observations permettent de vérifier que chaque item corrèle au moins légèrement ($> 0,20$) et ne corrèle pas excessivement ($< 0,80$) avec les autres items de l'échelle (Falissard, 2008). Globalement, les corrélations entre items sont relativement faibles.

Echelle de considération des conséquences futures

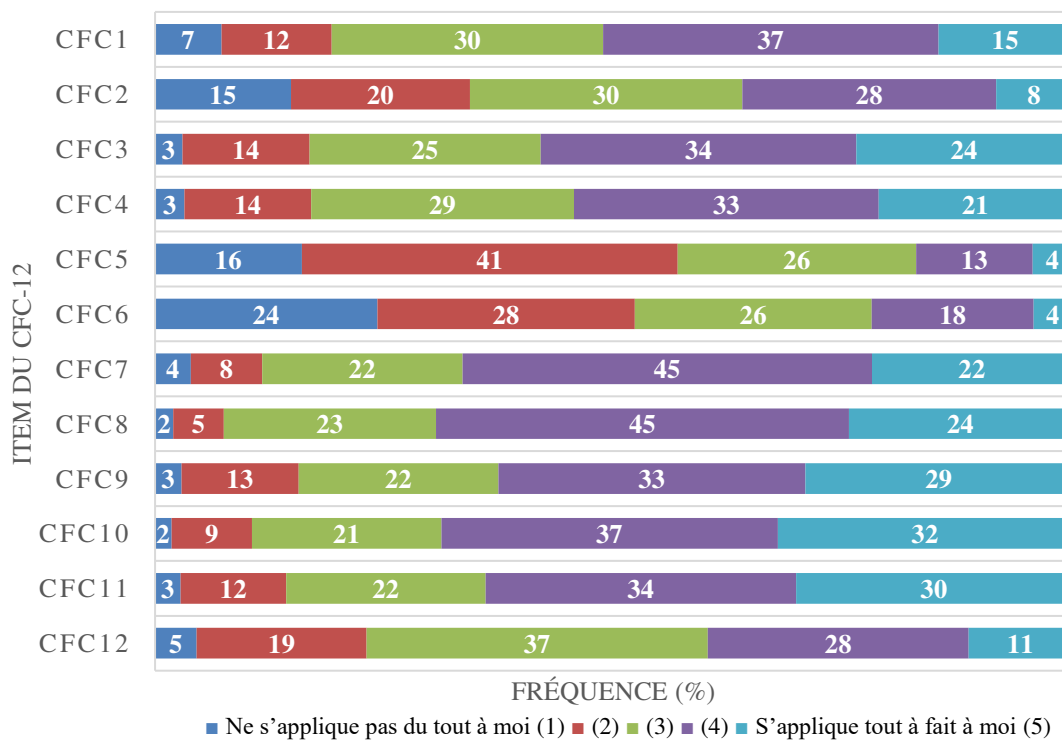


FIGURE 9 | Fréquences de réponse de l'échelle de considération des conséquences futures

La figure 9 montre la distribution des réponses de l'échelle de considération des conséquences futures. La répartition des réponses semble correcte. Seuls les items 8 et 10 présentent de faibles proportions de réponse pour la modalité « Ne s'applique pas du tout à moi ».

Le tableau montre les corrélations inter-items et les corrélations moyenne de l'échelle de considération des conséquences futures. Globalement, les corrélations moyennes sont satisfaisantes, à part pour l'item 5 qui corrèle faiblement avec les autres items de l'échelle.

TABLEAU 8 | Corrélations polychoriques entre l'ensemble des items du CFC-12

	CFC1	CFC2	CFC3	CFC4	CFC5	CFC6	CFC7	CFC8	CFC9	CFC10	CFC11	CFC12
CFC1	1,00											
CFC2	0,73	1,00										
CFC3	0,36	0,33	1,00									
CFC4	0,25	0,22	0,57	1,00								
CFC5	-0,08	-0,04	0,09	0,16	1,00							
CFC6	0,30	0,35	0,14	0,12	0,11	1,00						
CFC7	0,38	0,33	0,21	0,15	-0,11	0,22	1,00					
CFC8	0,39	0,36	0,23	0,17	-0,06	0,22	0,61	1,00				
CFC9	0,24	0,20	0,36	0,29	0,02	0,08	0,36	0,34	1,00			
CFC10	0,25	0,22	0,38	0,31	0,05	0,13	0,32	0,34	0,56	1,00		
CFC11	0,34	0,30	0,52	0,45	0,07	0,15	0,31	0,34	0,49	0,58	1,00	
CFC12	0,25	0,25	0,38	0,39	0,12	0,18	0,20	0,21	0,35	0,40	0,54	1,00
r_m	0,31	0,30	0,33	0,28	0,03	0,18	0,27	0,29	0,30	0,32	0,37	0,30

r_m : moyenne des corrélations d'un item avec tous les autres items

3.3. Analyses factorielles confirmatoires et fiabilité

Afin de tester les structures initiales des différentes échelles, une analyse factorielle confirmatoire a été testée en utilisant un estimateur des moindres carrés pondérés sur la moyenne et la variance (WLSMV). Il s'agit d'un estimateur équivalent à l'estimateur des moindres carrés pondérés diagonalement avec des erreurs standards robustes et des tests statistiques ajustés sur les moyennes et variances. Cette méthode utilise la matrice des coefficients de corrélation polychoriques et est mieux adaptée pour les variables catégorielles pour lesquelles une distribution normale et continue est supposée par rapport au maximum de vraisemblance qui biaise les données. Dans ce modèle, chaque item assume donc une variable continue latente représentant la véritable distribution de ces items. Des valeurs seuils de ces variables latentes sont alors calculées afin de prendre en compte l'espérance de ces variables latentes continues qui déterminent la catégorie d'une personne sur la variable indicatrice. La variance des facteurs est fixée à 1.0 et la covariance entre les facteurs est libre. Les indices d'adéquation des modèles incluent le ratio entre le khi2 et les degrés de liberté du modèle (X^2/df); le *Comparative Fit Index* (CFI), le *Tucker-Lewis Index* (TLI); le *Root Mean Square Error of Approximation* (RMSEA) ; et le *Standardized Root Mean Square Residual* (SRMR). Les seuils choisis pour les validations sont les suivants : $X^2/df < 5$; CFI > 0,95 ; TLI > 0,95 ; RMSEA < 0,06 et SRMR < 0,08 (Hoyle, 2012). Afin d'identifier les potentielles sources de mauvaises spécifications, les indices de modification ont été explorés.

La fiabilité test-retest des échelles a été mesurée à partir du coefficient de corrélation intraclasse, calculé comme le ratio de la variance des sujets divisé par la somme de la variance des sujets et de la variance résiduelle.

La cohérence interne des questionnaires a été évaluée à partir du coefficient alpha de Cronbach et du coefficient omega. Le coefficient alpha de Cronbach assume un modèle tau-équivalent (équivalence des vrais scores) sans corrélation des erreurs. Les intervalles de confiance à 95% de ces coefficients ont été obtenus à partir d'un bootstrap (*bias corrected and accelerated intervals*, BCa).

Echelle d'impulsivité de Barratt

Les résultats de l'analyse factorielle confirmatoire de l'échelle d'impulsivité de Barratt ont été comparés à plusieurs modèles. Parmi ces modèles figurent les modèles de Reise (Reise et al., 2013). Ces modèles ont été choisis car ils ont été réalisés au sein d'une population générale à partir d'une analyse factorielle confirmatoire (plusieurs études dans la littérature ont utilisé des analyses en composantes principales pour valider cette échelle). Plusieurs modèles ont été testés au sein de l'échantillon de l'étude NutriNet-Santé afin de répondre à plusieurs objectifs. Dans un premier temps, l'objectif était de tester les structures précédemment utilisées au sein de la littérature à partir de l'estimateur du maximum de vraisemblance (ML) : un modèle unidimensionnel, un modèle à 3 facteurs corrélés, et un modèle à 6 facteurs corrélés. Dans un second temps, l'objectif était d'utiliser l'estimation WLSMV plus adaptée pour des variables observées ordinales. Par la suite, une autre étape reposait sur l'optimisation du modèle en spécifiant les éventuelles covariances entre items. Ces covariances correspondent à des erreurs corrélées entre des items. L'origine de ces erreurs corrélées peut par exemple provenir d'items possédant la même signification ou d'items phrasés de façon similaire. Le tableau 9 est simplifié en incluant uniquement les modèles d'intérêt.

Un dernier aspect concerne la corrélation entre les scores totaux calculés en réalisant la somme des items et les scores prédits par le modèle structurel de l'échelle. En effet, la somme des items est une méthode très fréquemment utilisée pour mesurer les concepts en psychologie. Cependant, cette méthode ne prend pas en compte le poids de chaque item. Ainsi, si le modèle structurel de l'échelle est complexe (notamment avec l'ajout de covariance) ou si les estimations des variables manifestes sont très différentes, il peut exister un écart plus ou moins important entre le concept mesuré via l'analyse factorielle confirmatoire et le score obtenu via la somme des items.

L'ensemble des résultats est présenté dans le tableau 9. Les modèles 1 (unidimensionnel) et 2 (6 facteurs corrélés) de Reise sont proches des modèles 3 et 5 (résultats NutriNet-Santé). Les indices montrent une adéquation médiocre des modèles structurels évalués. Le modèle 4 (3 facteurs corrélés, NutriNet-Santé) ne présente également aucune amélioration au niveau des indices par rapport à ces modèles. Cependant, il est possible d'observer une amélioration concernant les indices CFI et TLI lorsque l'estimation via WLSMV est utilisée (voir par exemple le modèle 6), et lorsque des covariances entre items étaient ajoutées (voir par exemple le modèle 7). Concernant les corrélations entre les différentes dimensions analysées des modèles 4 et 5, celles-ci étaient relativement élevées ($> 0,70$, voir $> 0,90$ pour le modèle 4), même lorsque ces modèles étaient estimés via WLSMV. Ces résultats suggèrent une forte similitude entre les différentes variables latentes analysées. Enfin, les corrélations entre les scores prédits et les scores totaux étaient en moyenne plus élevées lorsque l'estimation ML était utilisée, mais plus faibles lorsque le nombre de dimensions analysées augmentait. Par exemple, la corrélation entre le score prédit de la sous-dimension Persévérance du modèle 5 et le score total est de 0,62.

Concernant la cohérence interne, les résultats comparés à ceux de la littérature sont présentés dans le tableau 10. Les résultats 1, 2, et 3 sont basés sur les corrélations de Pearson, tandis que le résultat 4 est basé sur les corrélations polychoriques. Un coefficient supérieur à 0,70 est considéré comme satisfaisant. Globalement, les résultats de l'échantillon de NutriNet sont plus faibles que ceux de la littérature, en particulier ceux des sous-dimensions. Seul le score total possédait une cohérence interne satisfaisante parmi les coefficients estimés avec les corrélations de Pearson.

Par conséquent, ne pouvant valider les structures complexes, seul le score total a été utilisé au sein des analyses. Celui-ci apparaissait comme étant le plus proche du modèle structurel. Les loadings de cette structure sont représentés sur la figure 10.

Enfin, le test re-test du score total était de 0,89 sur un délai moyen de 46 jours et est donc satisfaisant. Ce calcul a été effectué sur un échantillon de 641 participants.

TABLEAU 9 | Indices des analyses factorielles confirmatoires réalisées dans la littérature et dans l'échantillon NutriNet (2014) pour l'échelle d'impulsivité de Barratt

	Modèle 1 (Reise et al., 2013)	Modèle 2 (Reise et al., 2013)	Modèle 3 (NutriNet, 2014)	Modèle 4 (NutriNet, 2014)	Modèle 5 (NutriNet, 2014)	Modèle 6 (NutriNet, 2014)	Modèle 7 (NutriNet, 2014)
Méthode d'estimation/rotation	ML	ML	ML	ML	ML	WLSMV	WLSMV
Programme	EQS	EQS	Lavaan 0.6-1	Lavaan 0.6-1	Lavaan 0.6-1	Lavaan 0.6-1	Lavaan 0.6-1
Type	Unidimensionnel	6 facteurs corrélés	Unidimensionnel	3 facteurs corrélés	6 facteurs corrélés	Unidimensionnel	Unidimensionnel
n	691	691	50951	50951	50915	50951	50951
X ²	2443,1	1948,2	127854,9	105873,7	93519,6	193561,2	120009,0
df	405	390	405	402	390	405	398
Covariance	0	15	0	3	15	0	7 ¹
X ² /df							
GFI	-	-	-	-	-	-	-
CFI	0,49	0,61	0,52	0,55	0,65	0,76	0,85
TLI	-	-	0,48	0,51	0,61	0,74	0,84
NNFI	-	-	-	-	-	-	-
RMSEA	0,09	0,08	0,08	0,08	0,07	0,10	0,08
SRMR	0,09	0,09	0,08	0,08	0,07	0,10	0,08

ML : Maximum Likelihood estimator; WLSMV : Mean & Variance adjusted Weighted Least Squares estimator; df : degrees of freedom; GFI : Goodness of Fit Index ; CFI : Comparative Fit Index; TLI : Tucker-Lewis Index; NNFI : Non-Normed Fit Index; RMSEA : Root Mean Square Error of Approximation; SRMR : Standardized Root Mean Square Residual

¹*Les spécifications de covariance d'erreur ont été réalisées entre les items CFC6~CFC26, les items BIS10~BIS25, les items BIS11~BIS28, les items BIS12~BIS20, les items BIS15~BIS18, les items BIS15~BIS29, et les items BIS16~BIS21*

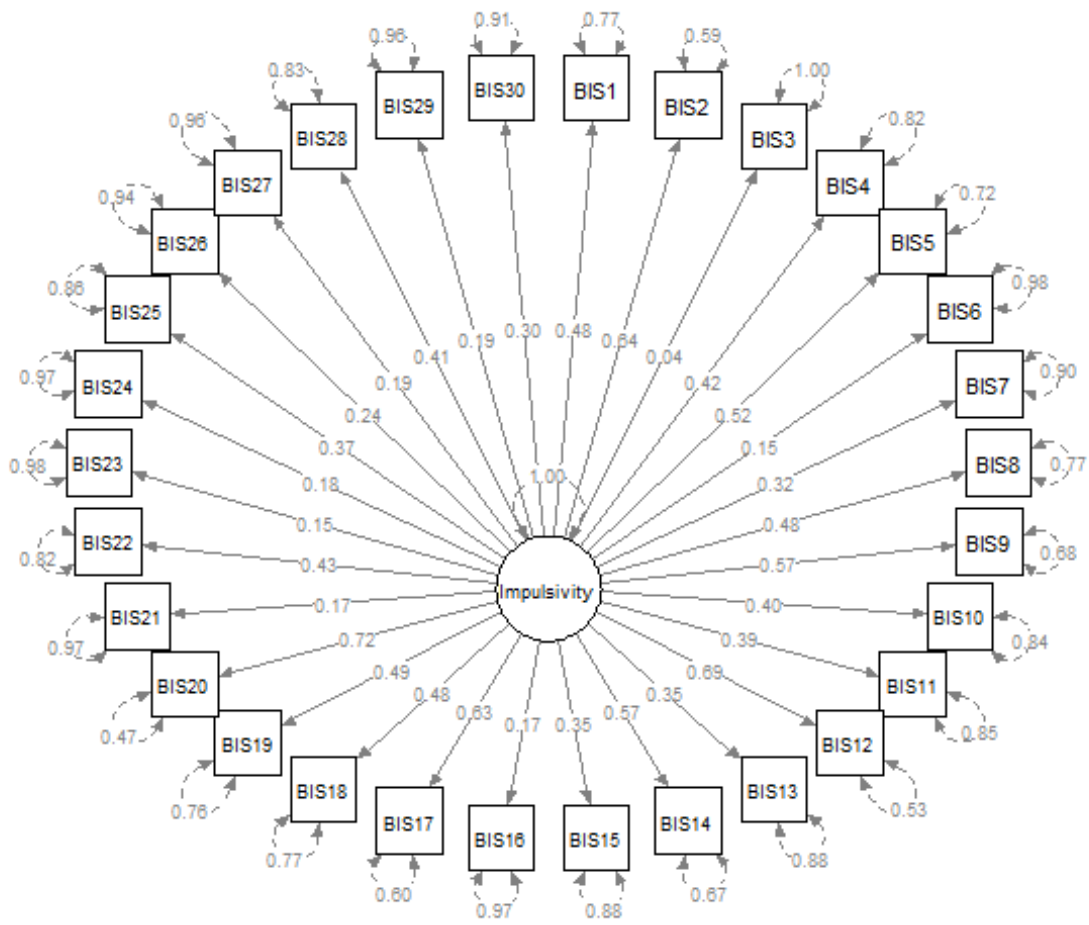


FIGURE 10 | Analyse Factorielle Confirmatoire de l'échelle d'impulsivité de Barratt

TABLEAU 10 | Coefficient alpha de Cronbach de l'échelle d'impulsivité de Barratt

	Résultat 1 (Stanford et al., 2009)	Résultat 2 (Reise et al., 2013)	Résultat 3 (NutriNet, 2014)	Résultat 4 ¹ (NutriNet, 2014)
n	1577	691	50951	50951
Total				
Impulsivité	0,83	0,80	0,78	0,83
Deuxième ordre				
Impulsivité cognitive	0,74	0,70	0,58	0,64
Impulsivité motrice	0,59	0,60	0,57	0,65
Difficulté d'anticipation	0,72	0,67	0,64	0,70
Troisième ordre				
Attention	0,72	0,65	0,58	0,66
Instabilité Cognitive	0,64	0,54	0,41	0,46
Motrice	0,72	0,61	0,64	0,72
Persévérance	0,48	0,32	0,17	0,21
Complexité cognitive	0,27	0,65	0,47	0,53
Contrôle de soi	0,55	0,40	0,59	0,66

¹Coefficients α de Cronbach basés sur des corrélations polychoriques

Echelle de considération des conséquences futures

L'échelle de considération des conséquences futures est comparée aux résultats de 3 études différentes dans le tableau 11. Le modèle 5 (NutriNet-Santé) estimé à partir de l'estimation ML a des indices inférieurs aux modèles 1,2,3 et 4 (modèles de la littérature). Cependant, le modèle 6 (NutriNet-Santé) estimé par le WLSMV possède des indices satisfaisants. Le modèle 7 (NutriNet-Santé) est également estimé par le WLSMV et comprend 5 erreurs corrélées. Les indices de ce modèle sont bons et les loadings obtenus sont représentés sur la figure 12. De plus, les coefficients alpha de Cronbach et coefficient de corrélation intra-classe sont également bons. La structure unidimensionnelle du CFC est donc confirmée dans notre échantillon.

TABLEAU 11 | Indices des analyses factorielles confirmatoires réalisées dans la littérature et dans l'échantillon NutriNet (2014) pour l'échelle de considération des conséquences futures

	Modèle 1 (Strathman et al.,1994)	Modèle 2 (Demarque et al., 2010)	Modèle 3 (Camus, 2014)	Modèle 4 (Camus, 2014)	Modèle 5 (NutriNet, 2014)	Modèle 6 (NutriNet, 2014)	Modèle 7 (NutriNet, 2014)
Méthode d'estimation	ML	ML	ML	ML	ML	WLSMV	WLSMV
Programme	LISREL VII	LISREL 8.80	AMOS 20.0	AMOS 20.0	Lavaan 0.6-1	Lavaan 0.6-1	Lavaan 0.6-1
n	323	402	331	331	50951	50951	50951
X ²	222,4	197,6	228,4	232,1	51624,7	75389,1	19214,9
df	54	54	54	52	54	54	49
Covariance	0	0	0	2 ¹	0	0	5 ²
X ² /df	4,1	3,7	4,2	4,5	956,0	1396,1	392,1
GFI	-	0,92	0,87	0,88	-	-	-
CFI	-	0,90	0,78	0,83	0,67	0,89	0,97
TLI	-	-	-	-	0,60	0,86	0,96
NNFI	-	0,88	-	-	-	-	-
RMSEA	-	0,08	0,12	0,08	0,14	0,16	0,08
SRMR	0,06	0,07	0,08	0,08	0,09	0,10	0,06
Cronbach's α^3	0,80	0,74	-	-	0,79	0,82	0,82
Test re-test ⁴	0,72	0,67	0,70	0,70	0,71	0,71	0,71
n (test-retest)	102	19	219	219	629	629	629
Durée	5 semaines	2 semaines	2 semaines	2 semaines	46 jours	46 jours	46 jours

ML : Maximum Likelihood estimator; WLSMV : Mean & Variance adjusted Weighted Least Squares estimator; df : degrees of freedom; GFI : Goodness of Fit Index ; CFI : Comparative Fit Index; TLI : Tucker-Lewis Index; NNFI : Non-Normed Fit Index; RMSEA : Root Mean Square Error of Approximation; SRMR : Standardized Root Mean Square Residual

¹Les spécifications de covariance d'erreur ont été réalisées entre les items CFC4~CFC5 et les items CFC7~CFC9

²Les spécifications de covariance d'erreur ont été réalisées entre les items CFC1~CFC2, les items CFC2~CFC6, les items CFC3~CFC4, les items CFC7~CFC8, et les items CFC9~CFC10

³Le coefficient α de Cronbach est basé sur les corrélations polychoriques lorsque l'estimateur WLSMV est utilisé

⁴Le test re-test est basé sur un coefficient de corrélation pour les modèles de la littérature et un coefficient de corrélation intra-classe pour les modèles 5,6 et 7. Il correspond à deux sous-dimensions différentes pour Camus.

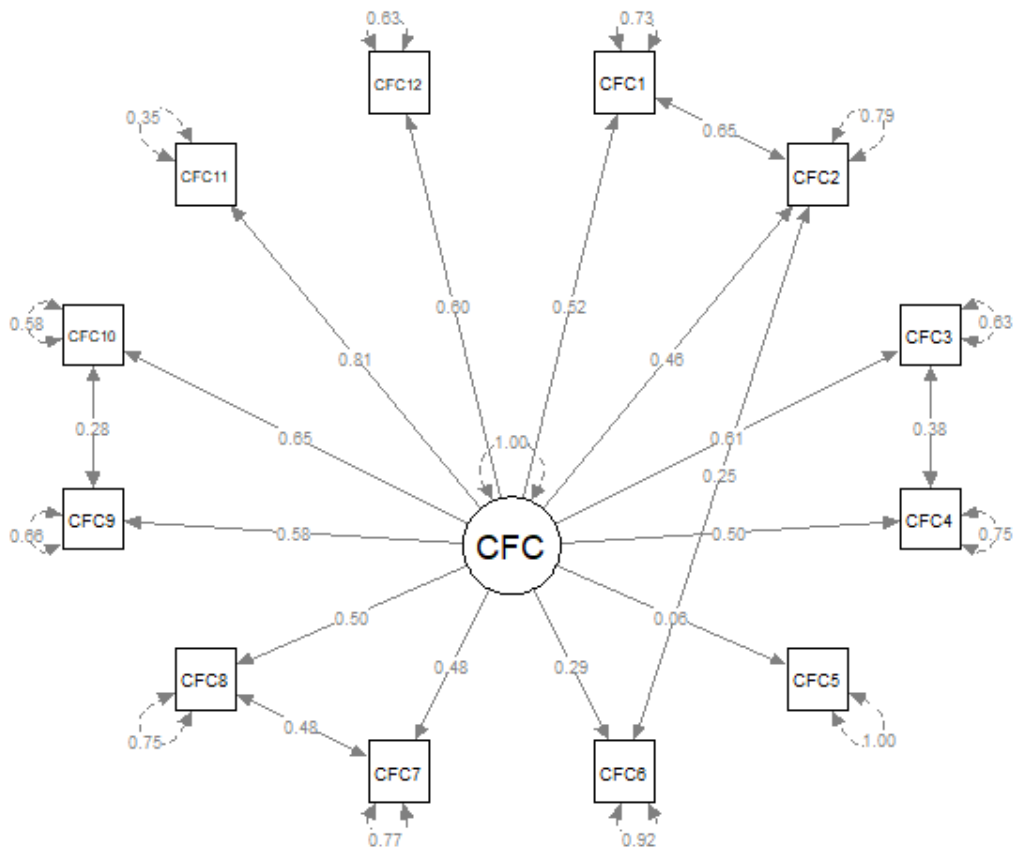


FIGURE 11 | Analyse Factorielle Confirmatoire de l'échelle de considération des conséquences futures

4. Analyses statistiques

4.1. Analyse de médiation

Les analyses de médiation réfèrent à l'effet intermédiaire venant d'une variable médiatrice (M) sur la relation entre une variable d'exposition (X) et une variable réponse d'intérêt (Y) (Fairchild and McDaniel, 2017). La recherche d'un effet médiateur a ici pour objectif de quantifier l'effet médié entre X et Y. Afin de tester ces effets, plusieurs approches ont été utilisées dans la littérature scientifique. Nous utilisons ici l'approche des modèles d'équations structurelles qui offre une certaine flexibilité. Via cette approche, la médiation est mesurée en testant l'effet indirect (sous l'hypothèse nulle d'un effet indirect égal à 0) selon le produit des coefficients a et b et/ou la différence des coefficients c et c' (effet total et effet direct), voir figure 12. Le coefficient a correspond à l'équation : $M = aX + e$. Les coefficients b et c' correspondent à l'équation : $Y = bM + c'X + e$. Le coefficient c correspond à l'équation : $Y = cX + e$. Le coefficient c' correspond plus précisément à l'effet direct de la variable d'exposition X sur la variable réponse Y, tandis que c mesure l'effet total de X sur Y, l'effet total (c) étant égal à l'effet indirect (a+b) plus l'effet direct (c'). La significativité des effets indirects est estimée selon les intervalles de confiance calculés à partir de bootstrap (bootstrap biais corrigé). La taille d'effet d'un effet indirect est notamment mesurée grâce au pourcentage de médiation, calculé en réalisant le ratio de l'effet indirect sur l'effet total, multiplié par 100. Un pourcentage de médiation positif indique un effet médiateur (effets indirect et total de même signe), tandis qu'un pourcentage de médiation négatif indique un effet supprimeur (MacKinnon et al., 2000). En présence d'un effet supprimeur, la magnitude de l'effet total de la variable d'exposition devient plus importante (en valeur absolue, l'effet direct devient supérieur à l'effet total).

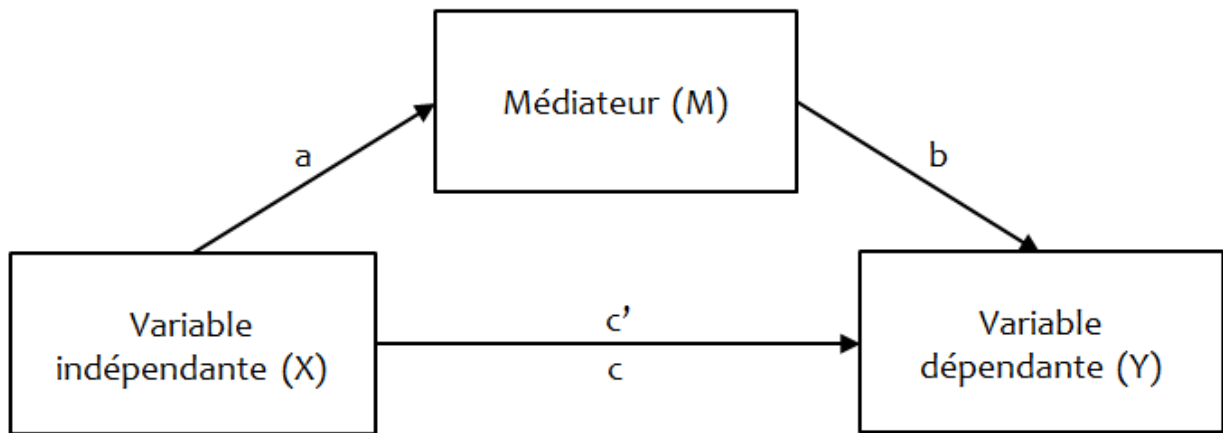


FIGURE 12 | Analyse de médiation

L'analyse de médiation peut également être réalisée dans une situation plus complexe, avec par exemple plusieurs effets médiateurs mesurés en parallèle ou en série, voir figure 13. Dans cette situation, l'objectif devient de décomposer l'effet indirect total en plusieurs effets indirects indépendants les uns des autres. L'approche de l'analyse de médiation multiple en parallèle permet donc de considérer l'ensemble des médiateurs potentiels avec un seul modèle d'analyse sans surestimation des effets mesurés. L'approche en série est plus particulièrement intéressante lorsque les médiateurs peuvent être « ordonnés ».

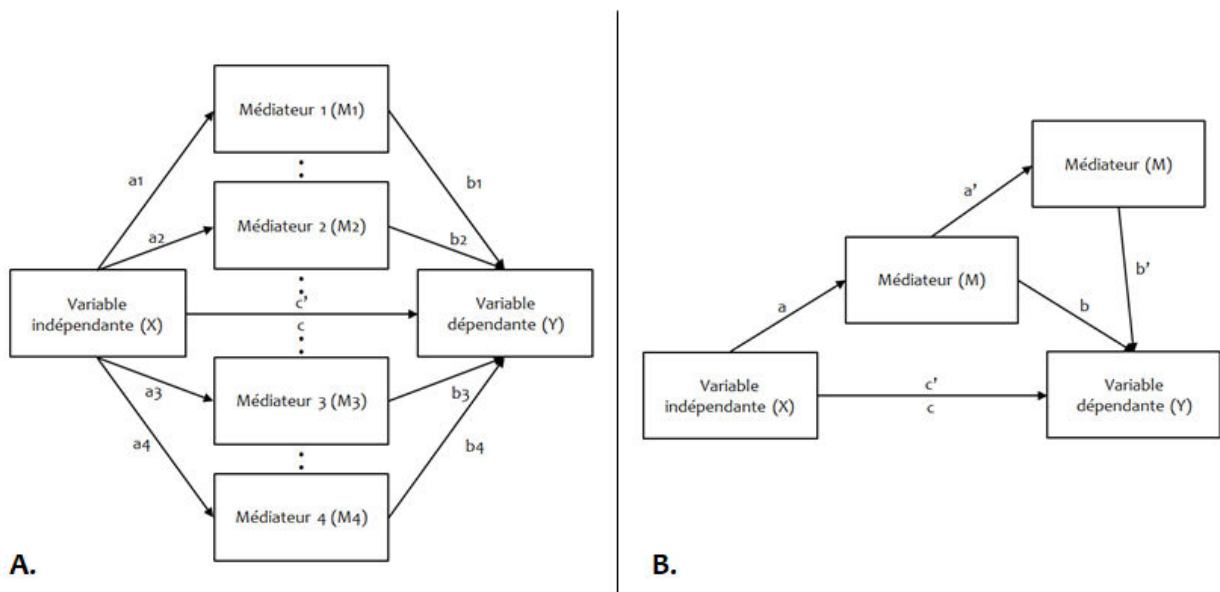


FIGURE 13 | Analyse de médiation multiple (A : en parallèle ; B : en série)

Enfin, les analyses de médiations peuvent également être réalisées dans le cadre d'analyses longitudinales. En effet, à partir de l'approche par modèles d'équations structurelles, il est possible de combiner l'analyse de médiation avec le modèle de développement latent curvilinéaire (*latent growth curve modeling*). Le modèle de développement latent curvilinéaire s'apparente au modèle mixte, mais utilise les principes des modèles d'équations structurelles afin de modéliser les effets aléatoires et les erreurs corrélées des mesures non indépendantes.

4.2. Analyse en composantes principales

L'analyse en composantes principales (ACP) est une méthode d'analyse de réduction de dimensions. A partir d'un ensemble de variables corrélées entre elles, il est possible d'obtenir des composantes, c'est-à-dire des combinaisons linéaires des variables observées. Ces composantes expliquent le maximum de variance des variables observées. Cette méthode est très utilisée en épidémiologie nutritionnelle puisqu'elle permet d'obtenir des combinaisons linéaires de variables nutritionnelles. Ces combinaisons correspondent alors à des profils nutritionnels qui s'interprètent en fonction des coefficients (ou *loadings*) associés à chaque variable nutritionnelle. De plus, une rotation orthogonale varimax est appliquée afin de maximiser la dispersion des coefficients au sein des composantes, ce qui permet de faciliter l'interprétation des profils nutritionnels.

4.3. Gestion des données manquantes

Les questionnaires d'intérêt tels que les questionnaires d'impulsivité de Barratt et de considération des conséquences futures ne peuvent être validés sans avoir complété toutes les questions. Il n'y a donc pas de données manquantes au sein des questionnaires. Les participants n'ayant pas de données sur les variables dépendantes analysées sont exclus selon les hypothèses d'étude considérées. Le reste des données manquantes concerne les covariables issues des questionnaires anthropométriques, sociodémographiques et de mode de vie qui sont dans un premier temps gérées à partir d'une imputation de la dernière valeur disponible (méthode LOCF : *Last Observation Carried Forward*) puis par imputation multiple si aucune donnée n'est disponible (selon les équations en chaîne tel que spécifié par Van Buuren) (Van Buuren, 2007). Les variables catégorielles ont été imputées à partir d'analyses discriminantes tandis que les variables linéaires ont été imputées à partir de régressions linéaires pour les variables continues avec une distribution normale, et « *Predictive Mean Matching* » pour les variables non normales. Pour chacune des

analyses, un total de 20 imputations a été réalisé. Les variables intégrées dans les modèles d'imputation correspondent aux variables des modèles considérés pour chacune des analyses.

4.4. Tests multiples

Dans l'objectif de gérer la multiplicité des tests et le *family wise error rate* des tests, une correction des valeurs p brutes est apportée avec la méthode Hochberg ou la méthode Holm-Bonferroni dans le cas d'une présence de tests dépendants dans les analyses. Afin de prendre en compte la multiplicité des tests lorsque les analyses sont basées sur des *bootstraps*, les intervalles de confiance sont calculés à 99,9%.

4.5. Logiciels d'analyses statistiques

Les analyses statistiques ont été réalisées à partir du logiciel SAS (v9.3 et v9.4). Les analyses psychométriques et modèles d'équations structurelles ont été réalisées sur R à partir des packages lavaan (Rosseel, 2012).

RESULTATS

1. Associations entre les préférences temporelles et les comportements alimentaires

1.1. Association entre l'impulsivité, les consommations alimentaires, le grignotage et les troubles des conduites alimentaires

Impulsivity is associated with food intake, snacking and eating disorders in a general population

Authors: Marc Bénard¹, France Bellisle¹, Emmanuelle Kesse-Guyot¹, Chantal Julia^{1,6}, Valentina A. Andreeva¹, Fabrice Etilé², Gérard Reach³, Pierre Dechelotte⁴, Marie-Pierre Tivolacci⁵, Serge Hercberg^{1,6}, Sandrine Péneau¹

Names for PubMed indexing: Bénard, Bellisle, Kesse-Guyot, Julia, Andreeva, Etilé, Reach, Déchelotte, Tivolacci, Hercberg, Péneau

¹Nutritional Epidemiology Research Team (EREN), Centre of Research in Epidemiology and Statistics Sorbonne Paris Cité (CRESS), Inserm U1153, Inra U1125, Cnam, Paris 13 University, Bobigny, France

²Paris School of Economics and INRA, UMR1393 PjSE, 48 Boulevard Jourdan, Paris 75014, France

³Department of Endocrinology, Diabetes and Metabolic Diseases, Avicenne Hospital, Bobigny, France

⁴Rouen University Hospital, Nutrition Department and Inserm U 1073, F-76000, Rouen, France

⁵Rouen University Hospital, Clinical Investigation Center 1404 and Normandie Univ, UNIROUEN, Inserm U 1073, F-76000, Rouen, France

⁶Public Health Department, Avicenne Hospital, Bobigny, France

Corresponding author:

Marc Bénard
Equipe de Recherche en Epidémiologie Nutritionnelle, Université Paris 13
74, rue Marcel Cachin, 93017 Bobigny, France

E-mail: m.benard@eren.smbh.univ-paris13.fr

Telephone: +33 (0)1 48 38 89 08 / Fax: +33 (0)1 48 38 89 31

Sources of support: The NutriNet-Santé Study is supported by the French Ministry of Health (DGS), the Santé Publique France agency, the French National Institute for Health and Medical Research (INSERM), the French National Institute for Agricultural Research (INRA), the National Conservatory for Arts and Crafts (CNAM), the Medical Research Foundation (FRM), and the University of Paris 13. This research was part of the FOODPOL project, which was supported by the French National Institute for Agricultural Research (Institut National de la Recherche Agronomique) in the context of the 2013-2017 Metaprogramme “Diet impacts and determinants: Interactions and Transitions”.

Running title: Impulsivity, Food Intake and Eating Disorders

Keywords: Impulsivity, Food Intake, Snacking, Eating Disorders, Psychology

Abbreviations: EDs, Eating Disorders; BIS-11, 11th version of the Barratt Impulsiveness Scale; SCOFF, Sick-Control-One-Fat-Food questionnaire; mPNNS-GS, modified Programme National Nutrition Santé - Guideline Score; IRB, Institute for Health and Medical Research; CNIL, Commission Nationale de l’Informatique et des Libertés ; BMI, Body Mass Index; DSM, The Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders; CU, Consumption Unit; OECD, Organization for Economic Cooperation and Development; IPAQ, International Physical Activity Questionnaire; MET, Metabolic Equivalent of Task; CES-D, Center for Epidemiology Studies Depression scale;

Word count in abstract: 294/300

Number of tables: 6

Number of figures: 0

ABSTRACT

Background: Impulsivity is a psychological trait linked with health issues such as obesity. However, few studies have explored the relationship between impulsivity, dietary intake and eating disorders (EDs) in a general population.

Objective: The objective of this cross-sectional study was to assess whether impulsivity was associated with energy intake, food group consumption, snacking, and risk of EDs.

Design: In 2014, 51,368 adult participants from the NutriNet-Santé study completed the Barratt Impulsiveness Scale (BIS-11) which assesses impulsivity. Food group consumption and diet quality were evaluated using at least three self-reported 24-h dietary records (N = 35,830), while snacking behavior was evaluated by an ad-hoc question (N = 48,562). Risk of EDs was assessed with the Sick-Control-One-Fat-Food (SCOFF) questionnaire and categories of ED (restrictive, bulimic, hyperphagic, and other types of EDs) were determined with the Expali algorithm (N = 48,824). Logistic and linear regressions were used to analyze the associations between impulsivity and energy intake, food group consumption, diet quality, snacking, and risk of EDs, taking into account socio-demographic and lifestyle factors.

Results: Positive associations were found between impulsivity and consumption of alcoholic beverages and appetizers; whereas negative associations were found for fruits and vegetables, meat and poultry, processed meat, dairy products, milk-based desserts, and starchy foods. Impulsivity was positively associated with energy intake and negatively associated with diet quality. Impulsivity was also positively associated with snacking (OR = 3.32, 95% CI: 2.99, 3.68) and risk of EDs (OR = 3.02, 95% CI: 2.74, 3.33). The strongest associations were found for bulimic

disorders (OR = 4.38, 95% CI: 3.66, 5.23) and hyperphagic disorders (OR = 2.91, 95% CI: 2.56, 3.31).

Conclusions: Impulsivity was associated with food intakes, snacking and risk of EDs and could be taken into account in the promotion of a healthy eating behavior.

INTRODUCTION

Psychological factors are important determinants of food choices and individual differences in specific psychological traits could therefore lead to different eating behaviors (1–3). In particular, trait impulsivity is an interesting construct to explore in this context. Impulsivity is a personality trait that is defined as “a predisposition toward rapid unplanned reactions to internal or external stimuli without regard to the negative consequences of these reactions to the impulsive individuals or to others” (4). Trait impulsivity is linked to deficient inhibitory processes (5) and impulsive individuals could therefore make rash decisions toward food or in extreme cases could have an impaired dietary behavior leading to eating disorders (EDs).

Both trait impulsivity (measured by self-report questionnaires) and state impulsivity (measured by behavioral tasks) have been linked to overeating and obesity (6). Higher state impulsivity also led to higher caloric intake measured with a bogus taste test (7) and higher caloric purchases (8), whereas trait impulsivity was found associated with overall unhealthy eating based on self-perception (9,10) and self-reported intentions to consume saturated fats (11). Trait and state impulsivity were also linked to higher alcohol consumption (12–16). However, none of these studies has looked at the association with all food groups of the diet. Impulsivity has also been associated with preferences for immediate rewards (17). Thus, we expect individuals with a high level of impulsivity to be more sensitive to palatable foods, which are generally sugary and fatty.

Snack consumption has been associated with lower nutrient density and higher energy density compared to main meals (18), while it has also been associated with both healthy and unhealthy food choices (19). Trait and state impulsivity have been positively associated with snacking (20–24), and with a lower tendency to choose healthy snacks (9). However, these studies

were often performed on small or specific samples essentially composed of adolescents, students or overweight participants.

Impulsivity could also be associated with EDs, which are disturbances of eating habits or weight-control behavior that can result in a clinically significant impairment of physical health and/or psychosocial functioning (25). EDs are particularly prevalent in western countries, more specifically in women and in adolescents or young adults (26,27). Previous studies showed an association between impulsivity and EDs (28–35). However, a systematic review (34) pointed out the lack of research performed on general populations and taking into account potential confounders such as socioeconomic status. Sociodemographic variables represent important confounders since they are associated with dietary intake (36), EDs (26,27), and impulsivity (37,38).

The main objectives of this study were to explore how impulsivity was associated with dietary intake, snacking behavior, and risk of EDs in a large sample of the general population, considering sociodemographic, lifestyle and anthropometric measures.

METHODS

Population

This study was conducted as part of the NutriNet-Santé study, which is a large ongoing web-based prospective cohort launched in France in May 2009. The rationale, design and methods of the study have been described elsewhere (39). Its overall aim is to explore the relationships between nutrition and health, as well as the determinants of eating behavior and nutritional status. Participants are adult volunteers (age ≥ 18 years) of the general French population. At inclusion, participants complete several self-report web-based questionnaires to assess their diet, physical activity,

anthropometric measures, lifestyle characteristics, socioeconomic conditions and health status. Participants then complete this same set of questionnaires every year after inclusion. Another set of optional questionnaires related to determinants of eating behaviors, nutritional status, and specific health-related aspects are sent to every participant each month.

This study was conducted in accordance with the guidelines of the Declaration of Helsinki, and all procedures were approved by the International Research Board of the French Institute for Health and Medical Research (IRB Inserm n° 0000388FWA00005831) and the Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés (CNIL n° 908450 and n° 909216). Electronic informed consent was obtained from all participants. The study was registered at clinicaltrial.org (Clinical Trial no. NCT03335644).

Data collection

Impulsivity

Impulsivity was assessed with the eleventh version of the Barratt Impulsiveness Scale (BIS-11) (40) (derived from the French version of the BIS-10 questionnaire). The BIS-11 (41) is one of the most often used self-report questionnaires to assess impulsivity (42). This questionnaire was administered between June and December 2014. It is a 30-item self-report questionnaire with each item scored on a 4-point Likert scale ranging from “rarely/never” to “almost always/always”. Impulsivity is measured by summing all the item ratings and by dividing the result by 30 for a final score ranging from 1 to 4, with higher scores indicating higher impulsivity. In our population, the BIS-11 displayed good internal consistency (Cronbach's $\alpha = 0.78$), which was close to the results observed in another adult population (0.83 (42)).

Assessment of food group consumption and diet quality

For the present analysis, we selected participants who had completed at least three dietary records between the 2 years preceding and the 2 years following the completion of the BIS-11 questionnaire. The dietary record is completed by using an interactive interface and is designed for self-administration on the Internet (43). Participants report all foods and beverages consumed at breakfast, lunch, dinner, and other eating occasions. They estimate the amounts eaten using standard measurements or using validated photographs (44). These photographs represent > 250 foods (corresponding to 1,000 generic foods). Participants can choose among 7 portion sizes for most food products: 3 main portion sizes plus 2 intermediate and 2 extreme sizes. The participants cannot submit the record if no estimate for each food or beverage previously listed is provided. Nutrient intakes are estimated by using the published NutriNet-Santé food composition table including > 2,000 foods (45). Mean daily food intake (in grams per day) is weighted for the type of day of the week (weekday or weekend). Participants with unlikely estimates of energy intake were identified as under-reporters by using the method proposed by Black (46). Briefly, basal metabolic rate was calculated according to age, gender, weight and height using Schofield's equations (47). Energy requirement was based on basal metabolic rate and physical activity level. The ratio between energy intake and estimated energy requirement was calculated and individuals with ratios below Goldberg cut-off were excluded (48). This method has been validated in the NutriNet-Santé cohort in a previous study (49). For the present study, we defined 17 food groups: fruit and vegetables; seafood (fish and shellfish); meat and poultry; dairy products (e.g. milk, yogurts with less than 12% of added sugar); cheese; milk-based desserts (e.g. sweetened yogurts, flan, cottage cheese, cream desserts); starchy foods; whole-grain foods; fats (oil, butter, and margarine); sugary and fatty foods (e.g. cakes, chocolate, ice cream, pancakes); confectionery (e.g.

honey, jelly, sugar, candy); non-alcoholic beverages (excluding water); alcoholic beverages; processed meat; eggs; fast food (e.g. pizzas, hamburgers, sandwiches, hot dogs) ; and appetizers (e.g. crisps, salted biscuits).

The modified French National Nutrition and Health Program Guideline Score (mPNNS-GS), which is an a priori nutritional diet quality score reflecting adherence to the French nutritional recommendations was calculated. It is based on the PNNS-GS score (50), but accounts for dietary component only, excluding the physical activity component (51). The score includes 12 components: eight refer to food serving recommendations (fruit and vegetables; starchy foods; whole-grain products; dairy products; meat, eggs and fish; seafood; vegetable fat; water vs soda) and four refer to moderation of intake (added fat; salt; sweets; and alcohol). Points are deducted for overconsumptions of salt and added sugars from sweetened foods, and when energy intake exceeds the energy requirement (as assessed by physical activity level and basal metabolic rate calculated using Schofield equations (47) by more than 5%. The score has a maximum of 13.5 points, with a higher score indicating a better overall nutritional quality of the diet.

Assessment of snacking

A meal pattern questionnaire was administered in April 2014 where snacking (defined as eating food between meals) was assessed. Participants were asked “How often do you usually snack in the daytime?” Responses were rated on a 7-point scale from “never” to “6 times or more per day, each day” and further classified into 4 categories: never, snacking < 1 time/week, ≥ 1 time/week to < 1 time/day, and ≥ 1 time/day. A binary variable was also computed with participants who never snacked against the others.

Assessment of Eating Disorders

The French version of the SCOFF (Sick-Control-One-Fat-Food) (52) questionnaire was administered in June 2014. It is a self-report questionnaire with five dichotomous questions designed to screen for EDs (53). The total score varies from 0 to 5 and a score equal or greater than 2 indicates risk of ED. This questionnaire has been validated, displaying good sensitivity and specificity regarding the diagnostic of EDs (52–54). At least 2 positive answers indicate a positive SCOFF with a sensitivity of 88.2% and a specificity of 92.5% (54). The National Institute for Health and Care Excellence (NICE) guidelines suggest using the SCOFF test as a screening tool for ED in primary care (55). The Expali algorithm was used in order to allow the distinction between ED categories (56). It takes into account each SCOFF response and the participant's body mass index (BMI), and thus differentiates participants with an ED into four broad categories. These ED categories, similar to that previously reported for DSM-IV (The Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders), were created based on the DSM-V categories of ED (Annex A): (1) Restrictive disorders category including anorexia nervosa, restrictive food intake disorder, and atypical anorexia nervosa; (2) Bulimic disorders category including Bulimia nervosa or Bulimia nervosa of low frequency or duration; (3) Hyperphagic disorders category including Binge-Eating Disorder and Binge-Eating Disorder of low frequency or duration; (4) Other eating disorders: category including Purging disorder, and Night Eating Syndrome and any other ED.

Covariates

Potential confounders of the relationship between BIS-11, food group consumption, energy intake, snacking and EDs were collected. These data are provided yearly by the participants after their inclusion. We used the data closest to the date of completion of the BIS-11. Selected confounders were the following: age (years), gender, education level (primary, secondary, undergraduate, and

postgraduate), occupational status (unemployed, student, self-employed and farmer, employee and manual worker, intermediate profession, managerial staff and intellectual profession, and retired), monthly income per household unit, smoking status (never smoker, former smoker, and current smoker), level of physical activity, history of dieting (never dieter, former dieter, and current dieter), BMI (kg/m²), and depressive symptomatology. More precisely, monthly income per household unit was calculated with information about income and household composition. The number of people in the household was converted into number of consumption units (CU) according to the OECD (Organization for Economic Cooperation and Development) equivalence scale: one CU is attributed for the first adult in the household, 0.5 for other persons aged 14 or older, and 0.3 for children under 14 (57). Categories of monthly income were defined as followed: < 1,200; 1,200-1,799; 1,800-2,299; 2,300-2,699; 2,700-3,699; and \geq 3,700 euros per household unit as well as “unwilling to answer”. Physical activity was assessed using the short form of the French version of the International Physical Activity Questionnaire (IPAQ) (58). Energy expenditure expressed in Metabolic Equivalent of Task (MET-minutes/week) was estimated and three levels of physical activity were constituted (low (< 30min/day), moderate (30-60min/day), and high (\geq 60min/day)). BMI (kg/m²) was calculated based on self-reported weight and height. Depressive symptomatology was assessed with the French version of the CES-D (Center for Epidemiology Studies Depression scale) (59,60). It is a 20-item questionnaire rated on a 4-point scale with higher scores indicating higher depressive symptomatology. The CES-D had a good internal consistency (Cronbach’s $\alpha = 0.91$) in our sample.

Statistical analysis

The relationships between impulsivity and participants' characteristics were described with Pearson correlations for continuous variables and linear regressions for categorical variables. Linear regressions were used to study the association between impulsivity, diet quality, energy and macronutrient intake, and food groups that displayed a normal distribution. Multinomial and ordinal logistic regressions were performed between impulsivity and food groups that did not display a normal distribution based on histograms (processed meat, eggs, fast food, and appetizers). Three levels were defined for these food groups: no intake, < median of intake of the food group (Low), > median of intake of the food group (High), with the no intake level as reference. Medians were calculated based on positive values of the distributions. Binary, multinomial and ordinal logistic regressions were also performed between impulsivity and snacking (with the binary and the 4-category dependent variables), and between impulsivity and risk of EDs (overall risk of EDs and risk of EDs by category). The strength of the association was estimated by calculating odds ratios (ORs) and 95% confidence intervals (95% CI). Analyses were not stratified by gender since the interactions with impulsivity were non-significant ($P > 0.05$ for most groups (except meat and poultry, whole-grain foods, confectionery, and alcoholic beverages), $P = 0.88$ for snacking and $P = 0.88$ for EDs). All models had impulsivity as a continuous independent variable. Analyses were performed with and without confounding variables. Models were adjusted for age, gender, education level, occupational status, monthly income per household unit, smoking status, physical activity, as well as history of dieting and BMI (except when EDs were the outcomes), and energy intake (except when energy intake, snacking, and EDs were the outcomes). In addition, two sensitivity analyses were performed. One took into account individuals who completed at least three 24h records over a 2-year period (1 year preceding and 1 year following the BIS-11

completion) in order to assess the consistency of the results. In the other sensitivity analysis, depressive symptomatology was added as a covariate. This analysis was performed on a subsample of individuals (40% of the original sample) who also completed the optional CES-D. Missing data regarding confounders were handled with multiple imputation by fully conditional specification (20 imputed datasets). All tests of statistical significance were 2-sided and significance was set at 5%. Holm-Bonferroni method was applied to control the familywise error rate for multiple testing. Statistical analyses were performed using SAS software (SAS Institute Inc., version 9.4).

RESULTS

Individual characteristics of the participants

A total of 51,394 participants of the NutriNet-Santé cohort study completed the BIS-11 questionnaire from the 125,377 subjects who received it. Among them, 26 participants were excluded because they presented an acquiescence bias (agreeing to all questions without consideration of reversed items). From the 51,368 remaining participants, 35,830 participants had completed at least three dietary records (excluding under-reporters), 48,562 had completed the snacking assessment, and 48,824 had completed the SCOFF questionnaire, **see Supplemental Figure 1**. Therefore, each analysis was carried on a different subsample to make better use of available data. Compared with excluded participants of the NutriNet-Santé cohort who did not complete the BIS-11, included participants were older, had a higher proportion of men, had a higher proportion of individuals with university education, and had a lower mean BMI (all P values < 0.0001).

Table 1 shows the relationships between individual characteristics of the overall sample and impulsivity. Impulsivity was negatively correlated with age and positively correlated with

BMI. In average, impulsivity was higher in men, in participants with a low level of education, in unemployed individuals or students, in participants with a low monthly income, in smokers, in participants with a low level of physical activity, and in current dieters.

Diet quality, energy and macronutrient intake, food group consumption, snacking and eating disorders

Descriptive characteristics of diet quality, energy and macronutrient intake, food group consumption, and snacking are detailed in **Table 2**. Around four-fifth of the participants declared to snack, and a majority snacked more than once a week (and less than once a day). A high percentage of the participants had no risk of EDs. Among participants with risk of EDs, hyperphagic disorders were the most prevalent whereas restrictive disorders were the least prevalent.

Association between impulsivity, diet quality, intakes of energy and macronutrient and food group consumption

Tables 3 and 4 describe the associations between impulsivity and dietary intakes. After adjustment, impulsivity was negatively associated with diet quality and positively associated with energy intake (even when alcohol was excluded from energy intake calculation). Greater impulsivity was associated with higher intake of lipids (% of energy), and lower intake of proteins and carbohydrates. Considering food groups, greater impulsivity was associated as expected with higher consumptions of alcoholic beverages and appetizers, and with a lower consumption of fruits and vegetables, meat and poultry, processed meat, dairy products, and milk-based desserts. Sensitivity analyses showed overall equivalent results compared with the main observations (data not shown).

Association between impulsivity and snacking

The results of the logistic regressions between impulsivity and snacking behavior are presented in **Table 5**. Impulsive participants were more likely to snack no matter the snacking frequency reported, and the association increased with snacking frequency. Sensitivity analyses showed overall equivalent results compared with the main observations (data not shown).

Association between impulsivity and eating disorder

The results of the logistic regressions between impulsivity and risk of EDs are shown in **Table 6**. Impulsivity was significantly associated with risk of EDs overall, and more specifically, with every category of EDs. The strongest association was found for the bulimic disorders category whereas the weakest association was found for the restrictive disorders category. Sensitivity analyses showed similar results apart from an absence of association between impulsivity, restrictive disorders and other type of EDs when depressive symptomatology was taken into account (data not shown).

DISCUSSION

The present study is the first to investigate in a large adult general population the association between trait impulsivity and all food groups using 24h records and taking sociodemographic and lifestyle factors into account. Trait impulsivity was associated with a lower overall diet quality. In particular, impulsivity was associated with a greater consumption of alcoholic beverages and appetizers, and with a lower consumption of fruits and vegetables, meat and poultry, processed meat, dairy products, and milk-based desserts and starchy foods. It was associated with greater intake of energy and lipids (as percentage of energy), and lower intake of proteins and carbohydrates. In addition, impulsivity was associated with snacking and snacking frequency.

Finally, impulsivity was associated with EDs, and more specifically with bulimic and hyperphagic disorders.

Impulsivity and diet quality, energy and macronutrient intake, and food group consumption

The association between trait impulsivity and lower diet quality observed in our study support previous data suggesting an overall unhealthy eating (9), and a Western-style diet (10) in impulsive individuals. Participants with an impulsive personality could make food decisions without forethought or planning regarding the negative consequences of their behavior. Previous studies also indicated that impulsivity was linked to higher intentions to consume saturated fats (11) and higher alcohol intake (12–16). Our data indicated that impulsive individuals had higher energy intake. Mixed findings were found in the literature, with either positive association between impulsivity and overall energy intake (6–8), or no association between emotion-driven impulsivity and energy intake at snacking occasions (21). Accordingly, interventions aiming at decreasing impulsive processes of eating behavior showed a reduction of self-selected portion size (61). However, although a positive relationship between trait impulsivity and the consumption of palatable and high caloric foods was expected (17), no difference in impulsivity for food groups such as cheese, fats, sugary and fatty foods, confectionery, and fast food was found. One possibility is that the consumption of these food groups rather depends on the impulsive state of the individuals, which relies on the environment and contextual cues (5) leading for example to only punctual increased consumptions of these food groups, and/or depends on specific mechanisms not measured by self-report questionnaires.

Impulsivity and snacking

Our results showed that impulsive individuals were more likely to snack, in agreement with previous observations (9,20,21,24,62). More precisely, impulsivity was positively associated with snacking frequency. Impulsive individuals have been shown to have greater difficulties at inhibiting urges to eat (17) and would be more likely to eat when having the opportunity (6). Consequently, impulsive restrained eaters had been found more likely to overeat (7,63), and less likely to report a high level of success in dieting (64). Moreover, hunger has been shown to interact with impulsivity to predict higher purchases of snack food (8). Several strategies have emerged to reduce impulsive behaviors toward snacking, such as targeting inhibitory control (65–67), or use of temporally framed health messages regarding immediate health consequences of food decisions (24). These strategies are expected to increase control over food-related decisions and temptations in order to reduce snack consumption and improve overall diet quality overall.

Impulsivity and eating disorders

The observed percentage of individuals presenting risk of EDs in our study (15.9% for women, and 8.1% in men) is similar to previous studies using the SCOFF questionnaires among university students (68). Overall, women were more likely to have an ED compared with men and hyperphagic disorders category was the most prevalent type of EDs, which is consistent with previous findings (25–27).

In agreement with the literature (28,29,32–35), we found a positive association between impulsivity and risk of EDs. In our study, gender did not moderate the association between impulsivity and EDs, suggesting that the same mechanisms operate in both genders. The strongest associations were found with bulimic and hyperphagic disorders, supporting previous data showing

main associations with bulimia nervosa and binge eating disorder (1,28,29,32,33). Individuals with a binge eating trait typically show high reward sensitivity and deficit in inhibitory control in response to food stimuli (32), and could therefore present recurrent episodes of uncontrolled overeating. Our results showed a particularly strong association with bulimic disorders. It is possible that the purging act is another characteristic of an impulsive personality since it could be considered a rash behavior in response to loss of control. Finally, we found a positive association between impulsivity, restrictive disorders, and other types of EDs, but these associations were no longer significant once depressive symptomatology was accounted for. Previous studies showed that individuals with restrictive anorexia nervosa had lower levels of impulsivity compared to persons with binge-purging type (6,29).

Strengths and limitations

The relationship between impulsivity and overall dietary intakes has not been fully explored in the literature. The main strength of this study was the use of at least three 24-h dietary records provided over a 4-year period that allowed us to have a good representation of the participants' usual diet. A sensitivity analysis over a 2-year period was performed and the results were overall equivalent to the main observations. Other strengths include the large sample size with subjects with various socio-demographic characteristics, adjustment for confounding factors, and use of the Expali algorithm to discriminate among the main categories of EDs based on the DSM-V using the SCOFF questionnaire. However, we cannot rule out the possibility that other important confounders were not taken into account. One limitation of our study was its cross-sectional design, which does not allow causality inference. Reverse causation could also explain the observed results. In particular, several studies showed that alcohol lead to impairments in impulsivity and inhibitory control (69–71). Nutritional quality of the snacks was not assessed in the present study, although previous data

of the NutriNet-Santé cohort suggested a lower nutrient density and higher energy density of snacks compared to main meals (62). Our study could also present a selection bias because of the method used to recruit participants, which was based on volunteering. Consequently, our subjects are likely to have high health awareness and a higher interest in nutrition compared to the French population. Impulsivity can be measured with various methods (self-reported questionnaires and behavioral tasks), therefore caution is needed when interpreting and extrapolating our results (72). Trait impulsivity generally correlates poorly with state impulsivity measured by behavioral tasks (5,6). It is regarded as a stable personality characteristic and depends less on the context of the measure compared with state impulsivity (5). However, it relies on the subject's self-perception and comprehension of the questionnaire, and limits the understanding of the underlying mechanisms of impulsivity. In addition, impulsivity was measured as a general trait and was not specific of the food choice domain which could have provided better explanation on the mechanisms of impulsivity. The average score of the BIS-11 in our study was consistent with previous studies (42,73). Finally, the SCOFF questionnaire is considered as a robust screening tool for EDs (54), however the actual diagnosis of EDs, like other psychiatric conditions, can only be ascertained in a clinical setting. We cannot rule out a certain number of false positives or other misclassifications in our study.

CONCLUSIONS

This study provided detailed results on the relationships between trait impulsivity and dietary intakes. More precisely, impulsivity was negatively associated with diet quality and positively associated with energy intake. Impulsivity was also associated with a greater consumption of several food groups such as fatty sweets and alcoholic beverages and a lower consumption of some food groups such as dairy products and meat and poultry, and processed meat. An impulsive

personality was also associated with snacking frequency and risk of EDs (in particular with bulimic and hyperphagic disorders). Reducing impulsive behaviors may therefore represent a potential public health lever regarding the prevention of EDs and nutrition-related chronic diseases. Longitudinal and experimental studies are needed to obtain a better understanding of these relationships.

ACKNOWLEDGEMENTS

We thank Younes Esseddik, Thi Hong Van Duong, Frédéric Coffinieres, Régis Gatibelza, Maithily Sivapalan and Paul Flanzky (computer scientists); Nathalie Arnault, Véronique Gourlet, Dr. Fabien Szabo, Julien Allegre and Laurent Bourhis (data-manager/biostatisticians); Cédric Agaesse and Anne-Elise Dussolier (dieticians) for their technical contribution to the NutriNet-Santé study and Nathalie Druesne-Pecollo (operational coordination). We thank all the volunteers of the NutriNet-Santé cohort. M.B. conducted the literature review and drafted the manuscript. M.B. performed analyses. M.B. conducted the literature review and drafted the manuscript. M.B. performed analyses. M.B., F.B., E.K.-G., C.J., V.A.A., F.E., G.R., P.D., M.-P.T., S.H., and S.P. were involved in interpreting results and critically reviewed the manuscript. E.K.-G., S.H., and S.P. were responsible for developing the design and protocol of the study. M.B., F.B., E.K.-G., C.J., V.A.A., F.E., G.R., P.D., M.-P.T., S.H., and S.P. report no conflict of interest.

REFERENCES

1. Gerlach G, Herpertz S, Löber S. Personality traits and obesity: a systematic review. *Obes Rev.* 2015;16:32–63.
2. Keller C, Siegrist M. Does personality influence eating styles and food choices? Direct and indirect effects. *Appetite.* 2015;84:128–138.
3. Lunn TE, Nowson CA, Worsley A, Torres SJ. Does personality affect dietary intake? *Nutrition.* 2014;30:403–409.
4. Moeller FG, Barratt ES, Dougherty DM, Schmitz JM, Swann AC. Psychiatric aspects of impulsivity. *Am J Psychiatry.* 2001;158:1783–93.
5. Bari A, Robbins TW. Inhibition and impulsivity: Behavioral and neural basis of response control. *Prog Neurobiol.* 2013;108:44–79.
6. Guerrieri R, Nederkoorn C, Jansen A. The effect of an impulsive personality on overeating and obesity: Current state of affairs. *Psihol Teme.* 2008;17:265–286.
7. Guerrieri R, Nederkoorn C, Schrooten M, Martijn C, Jansen A. Inducing impulsivity leads high and low restrained eaters into overeating, whereas current dieters stick to their diet. *Appetite.* 2009;53:93–100.
8. Nederkoorn C, Guerrieri R, Havermans RC, Roefs A, Jansen A. The interactive effect of hunger and impulsivity on food intake and purchase in a virtual supermarket. *Int J Obes.* 2009;33:905–12.
9. Jasinska AJ, Yasuda M, Burant CF, Gregor N, Khatri S, Sweet M, Falk EB. Impulsivity and inhibitory control deficits are associated with unhealthy eating in young adults. *Appetite.* 2012;59:738–47.
10. Lumley J, Stevenson RJ, Oaten MJ, Mahmut M, Yeomans MR. Individual differences in impulsivity and their relationship to a Western-style diet. *Personal Individ Differ.* 2016;97:178–185.
11. Mullan B, Allom V, Brogan A, Kothe E, Todd J. Self-regulation and the intention behaviour gap. Exploring dietary behaviours in university students. *Appetite.* 2014;73:7–14.
12. Dick DM, Smith G, Olausson P, Mitchell SH, Leeman RF, O'Malley SS, Sher K. Understanding the construct of impulsivity and its relationship to alcohol use disorders. *Addict Biol.* 2010;15:217–226.
13. Poulos CX, Le AD, Parker JL. Impulsivity predicts individual susceptibility to high levels of alcohol self-administration. *Behav Pharmacol.* 1995;6:810–814.

14. Whiteside SP, Lynam DR. Understanding the role of impulsivity and externalizing psychopathology in alcohol abuse: application of the UPPS impulsive behavior scale. *Exp Clin Psychopharmacol*. 2003;11:210.
15. Verdejo-García A, Lawrence AJ, Clark L. Impulsivity as a vulnerability marker for substance-use disorders: review of findings from high-risk research, problem gamblers and genetic association studies. *Neurosci Biobehav Rev*. 2008;32:777–810.
16. Granö N, Virtanen M, Vahtera J, Elovainio M, Kivimäki M. Impulsivity as a predictor of smoking and alcohol consumption. *Personal Individ Differ*. 2004;37:1693–1700.
17. French SA, Epstein LH, Jeffery RW, Blundell JE, Wardle J. Eating behavior dimensions. Associations with energy intake and body weight. A review. *Appetite*. 2012;59:541–549.
18. Hassen WS, Castetbon K, Tichit C, Péneau S, Nechba A, Ducrot P, Lampuré A, Bellisle F, Hercberg S, Méjean C. Energy, nutrient and food content of snacks in French adults. *Nutr J*. 2018;17:33.
19. Hartmann C, Siegrist M, van der Horst K. Snack frequency: associations with healthy and unhealthy food choices. *Public Health Nutr*. 2013;16:1487–1496.
20. Churchill S, Jessop D, Sparks P. Impulsive and/or planned behaviour: Can impulsivity contribute to the predictive utility of the theory of planned behaviour? *Br J Soc Psychol*. 2008;47:631–646.
21. Coumans MJM, Danner UN, Intemann T, De Decker A, Hadjigeorgiou C, Hunsberger M, Moreno LA, Russo P, Stomfai S, Veidebaum T, et al. Emotion-driven impulsiveness and snack food consumption of European adolescents: Results from the I.Family study. *Appetite*. 2018;123:152–9.
22. Haynes A, Kemps E, Moffitt R. The moderating role of state inhibitory control in the effect of evaluative conditioning on temptation and unhealthy snacking. *Physiol Behav*. 2015;152:135–42.
23. O'Reilly GA, Black DS, Huh J, Davis JN, Unger J, Spruijt-Metz D. Sugar Restriction Leads to Increased Ad Libitum Sugar Intake by Overweight Adolescents in an Experimental Test Meal Setting. *J Acad Nutr Diet*. 2017;117:1041–8.
24. Pavey L, Churchill S. Impulsivity and temporal frame: Reducing frequency of snacking by highlighting immediate health benefits. *Eat Behav*. 2017;26:1–5.
25. Fairburn CG, Harrison PJ. Eating disorders. *The Lancet*. 2003;361:407–416.
26. Nielsen S. Epidemiology and mortality of eating disorders. *Psychiatr Clin North Am*. 2001;24:201–214.

27. Smink FR, Van Hoeken D, Hoek HW. Epidemiology of eating disorders: incidence, prevalence and mortality rates. *Curr Psychiatry Rep.* 2012;14:406–414.
28. Claes L, Vandereycken W, Vertommen H. Impulsive and compulsive traits in eating disordered patients compared with controls. *Personal Individ Differ.* 2002;32:707–14.
29. Claes L, Vandereycken W, Vertommen H. Impulsivity-related traits in eating disorder patients. *Personal Individ Differ.* 2005;39:739–49.
30. Fahy T, Eisler I. Impulsivity and eating disorders. *Br J Psychiatry.* 1993;162:193–197.
31. Fischer S, Smith GT, Anderson KG. Clarifying the role of impulsivity in bulimia nervosa. *Int J Eat Disord.* 2003;33:406–411.
32. Schag K, Schönleber J, Teufel M, Zipfel S, Giel KE. Food-related impulsivity in obesity and Binge Eating Disorder – a systematic review. *Obes Rev.* 2013;14:477–95.
33. Schag K, Teufel M, Junne F, Preissl H, Hautzinger M, Zipfel S, Giel KE. Impulsivity in binge eating disorder: food cues elicit increased reward responses and disinhibition. *PLoS One.* 2013;8:e76542.
34. Waxman SE. A systematic review of impulsivity in eating disorders. *Eur Eat Disord Rev.* 2009;17:408–425.
35. Wu M, Giel KE, Skunde M, Schag K, Rudofsky G, de Zwaan M, Zipfel S, Herzog W, Friederich HC. Inhibitory control and decision making under risk in bulimia nervosa and binge-eating disorder. *Int J Eat Disord.* 2013;46:721–8.
36. Hulshof KF a. M, Brussaard JH, Kruizinga AG, Telman J, Löwik MRH. Socio-economic status, dietary intake and 10 y trends: the Dutch National Food Consumption Survey. *Eur J Clin Nutr.* 2003;57:128–37.
37. Chamorro J, Bernardi S, Potenza MN, Grant JE, Marsh R, Wang S, Blanco C. Impulsivity in the general population: a national study. *J Psychiatr Res.* 2012;46:994–1001.
38. Bénard M, Camilleri GM, Etilé F, Méjean C, Bellisle F, Reach G, Hercberg S, Péneau S. Association between impulsivity and weight status in a general population. *Nutrients.* 2017;9:217.
39. Hercberg S, Castetbon K, Czernichow S, Malon A, Mejean C, Kesse E, Touvier M, Galan P. The Nutrinet-Santé Study: a web-based prospective study on the relationship between nutrition and health and determinants of dietary patterns and nutritional status. *BMC Public Health.* 2010;10:242.
40. Baylé FJ, Bourdel MC, Caci H, Gorwood P, Chignon JM, Adés J, L  o H. [Factor analysis of french translation of the Barratt impulsivity scale (BIS-10)]. *Can J Psychiatry Rev Can Psychiatr.* 2000;45:156–65.

41. Patton JH, Stanford MS, Barratt ES. Factor structure of the Barratt impulsiveness scale. *J Clin Psychol.* 1995;51:768–74.
42. Stanford MS, Mathias CW, Dougherty DM, Lake SL, Anderson NE, Patton JH. Fifty years of the Barratt Impulsiveness Scale: An update and review. *Personal Individ Differ.* 2009;47:385–395.
43. Touvier M, Kesse-Guyot E, Méjean C, Pollet C, Malon A, Castetbon K, Hercberg S. Comparison between an interactive web-based self-administered 24 h dietary record and an interview by a dietitian for large-scale epidemiological studies. *Br J Nutr.* 2011;105:1055–1064.
44. Le Moullec N, Deheeger M, Preziosi P, Monteiro P, Valeix P, Rolland-Cachera MF, Potier de Courcy G, Christides JP, Cherouvrier F, Galan P, et al. Validation of the photo manual used for the collection of dietary data in the SU. VI. MAX. study. *Cah Nutr Diet.* 1996;31:158–164.
45. Nutrinet-Santé E. Table de composition des aliments de l'étude Nutrinet-Santé. Paris Econ. 2013;
46. Black AE. Critical evaluation of energy intake using the Goldberg cut-off for energy intake: basal metabolic rate. A practical guide to its calculation, use and limitations. *Int J Obes.* 2000;24:1119.
47. Schofield WN. Predicting basal metabolic rate, new standards and review of previous work. *Hum Nutr Clin Nutr.* 1984;39:5–41.
48. Goldberg GR, Black AE, Jebb SA, Cole TJ, Murgatroyd PR, Coward WA, Prentice AM. Critical evaluation of energy intake data using fundamental principles of energy physiology: 1. Derivation of cut-off limits to identify under-recording. *Eur J Clin Nutr.* 1991;45:569–581.
49. Lassale C, Castetbon K, Laporte F, Camilleri GM, Deschamps V, Vernay M, Faure P, Hercberg S, Galan P, Kesse-Guyot E. Validation of a Web-based, self-administered, non-consecutive-day dietary record tool against urinary biomarkers. *Br J Nutr.* 2015;113:953–962.
50. Estaquio C, Kesse-Guyot E, Deschamps V, Bertrais S, Dauchet L, Galan P, Hercberg S, Castetbon K. Adherence to the French Programme National Nutrition Sante Guideline Score is associated with better nutrient intake and nutritional status. *J Am Diet Assoc.* 2009;109:1031–1041.
51. Assmann KE, Andreeva VA, Camilleri GM, Verger EO, Jeandel C, Hercberg S, Galan P, Kesse-Guyot E. Dietary scores at midlife and healthy ageing in a French prospective cohort. *Br J Nutr.* 2016;116:666–676.
52. Garcia FD, Grigioni S, Chelali S, Meyrignac G, Thibaut F, Dechelotte P. Validation of the French version of SCOFF questionnaire for screening of eating disorders among adults. *World J Biol Psychiatry.* 2010;11:888–893.

53. Morgan JF, Reid F, Lacey JH. The SCOFF questionnaire: assessment of a new screening tool for eating disorders. *Bmj*. 1999;319:1467–1468.
54. Botella J, Sepúlveda AR, Huang H, Gambará H. A meta-analysis of the diagnostic accuracy of the SCOFF. *Span J Psychol*. 2013;16.
55. NICE Guideline [NG69]. Eating disorders: recognition and treatment. Version current May 2017. Internet: <https://www.nice.org.uk/guidance/NG69> (accessed 13 August 2018).
56. Tavolacci M-P, Gillibert A, ZhuSoubise A, Grigioni S, Déchelotte P. Dépistage et orientation diagnostique des troubles du comportement alimentaire. *JFN* 2017 (13 Décembre), Nantes, France.
57. INSEE (Institut national de la statistique et des études économiques) [National Institute of Statistics and Economic Studies]. Consumption unit. Version current 13 October 2016. Internet: <https://www.insee.fr/en/metadonnees/definition/c1802> (accessed 13 August 2018).
58. Craig CL, Marshall AL, Sjöström M, Bauman AE, Booth ML, Ainsworth BE, Pratt M, Ekelund U, Yngve A, Sallis JF, et al. International physical activity questionnaire: 12-country reliability and validity. *Med Sci Sports Exerc*. 2003;35:1381–95.
59. Fuhrer R, Rouillon F. La Version française de l'échelle CES-D (Center for Epidemiologic Studies-Depression Scale). Description et traduction de l'échelle d'autoévaluation. *Psychiatr Psychobiol*. 1989;
60. Radloff LS. The CES-D scale: A self-report depression scale for research in the general population. *Appl Psychol Meas*. 1977;1:385–401.
61. Koningsbruggen GM, Veling H, Stroebe W, Aarts H. Comparing two psychological interventions in reducing impulsive processes of eating behaviour: Effects on self-selected portion size. *Br J Health Psychol*. 2014;19:767–782.
62. Honkanen P, Olsen SO, Verplanken B, Tuu HH. Reflective and impulsive influences on unhealthy snacking. The moderating effects of food related self-control. *Appetite*. 2012;58:616–622.
63. Jansen A, Nederkoorn C, van Baak L, Keirse C, Guerrieri R, Havermans R. High-restrained eaters only overeat when they are also impulsive. *Behav Res Ther*. 2009;47:105–10.
64. van Koningsbruggen GM, Stroebe W, Aarts H. Successful restrained eating and trait impulsiveness. *Appetite*. 2013;60:81–84.
65. Houben K, Jansen A. Training inhibitory control. A recipe for resisting sweet temptations. *Appetite*. 2011;56:345–349.

66. Jones A, Di Lemma LC, Robinson E, Christiansen P, Nolan S, Tudur-Smith C, Field M. Inhibitory control training for appetitive behaviour change: A meta-analytic investigation of mechanisms of action and moderators of effectiveness. *Appetite*. 2016;97:16–28.
67. Lawrence NS, O’Sullivan J, Parslow D, Javaid M, Adams RC, Chambers CD, Kos K, Verbruggen F. Training response inhibition to food is associated with weight loss and reduced energy intake. *Appetite*. 2015;95:17–28.
68. Tavoracci MP, Ladner J, Grigioni S, Richard L, Villet H, Dechelotte P. Prevalence and association of perceived stress, substance use and behavioral addictions: a cross-sectional study among university students in France, 2009–2011. *BMC Public Health*. 2013;13:724.
69. Jones A, Robinson E, Duckworth J, Kersbergen I, Clarke N, Field M. The effects of exposure to appetitive cues on inhibitory control: A meta-analytic investigation. *Appetite*. 2018;
70. Jentsch JD, Taylor JR. Impulsivity resulting from frontostriatal dysfunction in drug abuse: implications for the control of behavior by reward-related stimuli. *Psychopharmacology (Berl)*. 1999;146:373–390.
71. Goldstein RZ, Volkow ND. Drug addiction and its underlying neurobiological basis: neuroimaging evidence for the involvement of the frontal cortex. *Am J Psychiatry*. 2002;159:1642–1652.
72. Guerrieri R, Nederkoorn C, Jansen A. The effect of an impulsive personality on overeating and obesity: Current state of affairs. *Psihol Teme*. 2008;17:265–286.
73. Reise SP, Moore TM, Sabb FW, Brown AK, London ED. The Barratt Impulsiveness Scale-11: reassessment of its structure in a community sample. *Psychol Assess*. 2013;25:631–42.

Table 1. Individual characteristics of 51,368 participants (NutriNet-Santé study, 2014)

	Mean \pm SD and/or %	BIS-11	<i>P</i> ¹
All		1.96 \pm 0.27 ²	
Age, y	50.4 \pm 14.6	-0.017 (-0.026, -0.008) ³	0.0001
Gender (%)			<0.0001
Female	76.8	1.92 \pm 0.27	
Male	23.2	1.97 \pm 0.27	
Educational level (%)			<0.0001
Primary	2.4	2.05 \pm 0.30	
Secondary	29.0	2.00 \pm 0.28	
Undergraduate	31.1	1.96 \pm 0.26	
Postgraduate	37.4	1.92 \pm 0.26	
Missing data	0.1		
Occupational status (%)			<0.0001
Unemployed	9.6	2.03 \pm 0.29	
Student	1.9	2.02 \pm 0.29	
Self-employed, farmer	2.0	1.99 \pm 0.27	
Employee, manual worker	15.5	1.99 \pm 0.27	
Intermediate professions	15.5	1.95 \pm 0.25	
Managerial staff, intellectual profession	23.4	1.91 \pm 0.25	
Retired	32.1	1.96 \pm 0.27	
Monthly income ⁴ (%)			<0.0001
< 1,200€	11.2	2.03 \pm 0.29	
1,200-1,799€	21.1	1.98 \pm 0.27	
1,800-2,299€	15.1	1.96 \pm 0.26	
2,300-2,699€	10.0	1.95 \pm 0.26	
2,700-3,699€	17.0	1.92 \pm 0.25	
> 3,700€	12.5	1.91 \pm 0.25	
Unwilling to answer	12.6	1.95 \pm 0.27	
Missing data	0.4		
Smoking status (%)			<0.0001
Never smokers	50.2	1.93 \pm 0.26	
Former smokers	38.5	1.98 \pm 0.27	
Current smokers	11.4	2.03 \pm 0.28	
Physical activity (%)			<0.0001
Low	23.4	1.97 \pm 0.27	
Moderate	41.0	1.96 \pm 0.26	
High	35.5	1.95 \pm 0.27	
Missing data	0.1		
History of dieting (%)			<0.0001
Never dieter	67.3	1.95 \pm 0.26	
Former dieter	25.7	1.97 \pm 0.27	
Current dieter	7.0	2.00 \pm 0.28	

BMI, kg/m ²	24.0 ± 4.5	0.047 (0.039, 0.056)	<0.0001
------------------------	------------	----------------------	---------

BIS-11, Barratt Impulsiveness Scale (11th version), score ranges from 1 to 4.

¹p-value based on linear regressions for categorical variables or Fisher's z transformation for continuous variables (corrected for multiple testing with the Holm-Bonferroni method)

²Mean ± SD, all such values

³Pearson correlations (95% CI), all such values

⁴Monthly income represents the household income per month calculated by consumption unit (CU). The number of people of the household was converted into a number of CU according to a weighting system: one CU is attributed for the first adult in the household, 0.5 for other persons aged 14 or older and 0.3 for children under 14.

Table 2. Descriptive characteristics of diet quality, energy and macronutrient intake, food group consumption, and snacking (NutriNet-Santé study, 2014)

	Mean \pm SD and/or %
Diet quality (N=35,586)	
mPNNS-GS ¹	7.61 \pm 1.45
Energy and macronutrient intake (N=35,830)	
Energy intake, kcal/d	2282.55 \pm 439.81
Energy intake without alcohol, kcal/d	2176.79 \pm 429.36
Protein, % energy	16.02 \pm 2.57
Lipids, % energy	37.75 \pm 5.30
Carbohydrates, % energy	41.40 \pm 6.60
Food group consumption (N=35,830)	
Fruit and vegetables, g/d	412.10 \pm 218.73
Seafood, g/d	41.82 \pm 33.83
Meat and poultry, g/d	86.59 \pm 47.49
Dairy products, g/d	152.53 \pm 144.75
Cheese, g/d	43.75 \pm 29.56
Milk-based desserts, g/d	33.36 \pm 42.30
Starchy foods, g/d	280.65 \pm 99.64
Whole-grain foods, g/d	45.84 \pm 56.45
Fats, g/d	24.01 \pm 14.77
Sugary and fatty foods, g/d	80.67 \pm 56.63
Confectionery, g/d	35.12 \pm 29.19
Non-alcoholic beverages, g/d	411.38 \pm 286.84
Alcoholic beverages, g/d	180.77 \pm 190.39
Processed meat, g/d	13.75 [4.53; 25.67] ²
Eggs, g/d	8.93 [1.85; 18.66]
Fast food, g/d	23.57 [5.67; 47.36]
Appetizers, g/d	2.62 [0.00; 7.14]
Snacking behavior (N=48,562)	
Snacking (%)	
No	14.2
Yes	85.8
Snacking frequencies (%)	
Never	14.2
< once a week	23.3
\geq once a week (and < once a day)	43.4
\geq once a day	19.1
Eating disorders (N=48,824)	
Eating disorders (%)	
No	85.9
Yes	14.1
Categories of eating disorders (%)	

No eating disorders	85.9
Restrictive disorders	1.0
Bulimic disorders	3.6
Hyperphagic disorders	7.5
Other eating disorders	2.0

¹*mPNNS-GS, modified French National Nutrition and Health Program Guideline Score.*

²*Median [IQRs] (all such values)*

Table 3. Association between impulsivity and diet quality, energy and macronutrient intake and food group consumption in 35,830 participants (NutriNet-Santé study, 2014).

	Raw model		Adjusted model	
	BIS-11 Slope (95% CI)	<i>P</i> ¹	BIS-11 Slope (95% CI)	<i>P</i> ²
mPNNS-GS ³	-0.42 (-0.48, -0.37)	<0.0001	-0.25 (-0.30, -0.19)	<0.0001
Energy intake, kcal/d	-18.05 (-34.54, -1.56)	0.51	54.58 (40.03, 69.14)	<0.0001
Energy intake without alcohol, kcal/d	-30.84 (-46.64, -15.05)	0.004	41.21 (26.93, 55.48)	<0.0001
Protein, % energy	-0.54 (-0.65, -0.43)	<0.0001	-0.64 (-0.75, -0.54)	<0.0001
Lipids, % energy	1.18 (0.97, 1.39)	<0.0001	0.71 (0.50, 0.92)	<0.0001
Carbohydrates, % energy	-1.30 (-1.55, -1.06)	<0.0001	-0.63 (-0.87, -0.39)	<0.0001
Fruit and vegetables, g/d	-35.06 (-42.79, -27.34)	<0.0001	-17.49 (-24.93, -10.05)	0.0001
Seafood, g/d	-2.75 (-3.94, -1.55)	0.0002	-1.09 (-2.27, 0.08)	0.75
Meat and poultry, g/d	-3.62 (-5.28, -1.95)	0.0007	-5.85 (-7.44, -4.26)	<0.0001
Dairy products, g/d	-37.31 (-42.56, -32.06)	<0.0001	-35.33 (-40.66, -29.99)	<0.0001
Cheese, g/d	-0.58 (-1.54, 0.38)	1.00	-0.29 (-1.19, 0.61)	1.00
Milk-based desserts, g/d	-4.11 (-5.64, -2.58)	<0.0001	-4.33 (-5.88, -2.78)	<0.0001
Starchy foods, g/d	-6.43 (-9.81, -3.05)	0.005	-0.85 (-3.66, 1.97)	1.00
Whole-grain foods, g/d	-0.05 (-1.77, 1.67)	1.00	2.27 (0.53, 4.00)	0.22
Fats, g/d	1.59 (1.09, 2.10)	<0.0001	0.63 (0.15, 1.11)	0.22
Sugary and fatty foods, g/d	2.08 (0.07, 4.10)	0.56	2.66 (0.86, 4.46)	0.08
Confectionery, g/d	-2.51 (-3.51, -1.50)	<0.0001	-0.83 (-1.80, 0.15)	0.96
Non-alcoholic beverages, g/d	14.45 (1.20, 27.71)	0.51	7.29 (-5.89, 20.48)	1.00
Alcoholic beverages, g/d	24.00 (18.69, 29.30)	<0.0001	21.84 (16.95, 26.73)	<0.0001

¹*P* value based on linear regressions (corrected for multiple testing with the Holm-Bonferroni method), with impulsivity as a continuous independent variable.

²*P* value based on linear regressions (corrected for multiple testing with the Holm-Bonferroni method) adjusted for age, gender, education level, occupational status, monthly income per household unit, smoking status, physical activity, history of dieting, BMI, and energy intake (except for the model where energy intake was the outcome), with impulsivity as a continuous independent variable.

³mPNNS-GS, modified French National Nutrition and Health Program Guideline Score, results for 35,586 participants.

Table 4. Association between impulsivity and food group consumption in 35,830 participants (NutriNet-Santé study, 2014).

	Raw model			Adjusted model ¹		
	BIS-11 OR (95% CI)	<i>P</i> ²	<i>P</i> ³	BIS-11 OR (95% CI)	<i>P</i> ²	<i>P</i> ³
Processed meat			<0.0001			0.0009
No intake	Ref			Ref		
Low	0.63 (0.56, 0.70)	<0.0001		0.68 (0.61, 0.77)	<0.0001	
High	0.63 (0.56, 0.70)	<0.0001		0.64 (0.56, 0.72)	<0.0001	
Eggs			<0.0001			0.003
No intake	Ref			Ref		
Low	0.72 (0.64, 0.81)	<0.0001		0.83 (0.74, 0.93)	0.03	
High	0.92 (0.82, 1.03)	1.00		0.96 (0.86, 1.08)	1.00	
Fast food			0.0009			0.48
No intake	Ref			Ref		
Low	0.79 (0.71, 0.88)	0.0007		0.87 (0.78, 0.97)	0.26	
High	0.88 (0.79, 0.97)	0.26		0.89 (0.79, 0.99)	0.51	
Appetizers			0.002			0.96
No intake	Ref			Ref		
Low	0.83 (0.75, 0.91)	0.004		0.93 (0.84, 1.03)	1.00	
High	1.10 (1.00, 1.22)	0.56		1.21 (1.09, 1.34)	0.01	

(*P* values are adjusted for multiple testing with the Holm-Bonferroni method)

¹adjusted for age, gender, education level, occupational status, monthly income per household unit, smoking status, physical activity, history of dieting, BMI, and energy intake, with impulsivity as a continuous independent variable.

²*P* value based on multinomial logistic regressions, with impulsivity as a continuous independent variable.

³*P* value based on ordinal logistic regressions, with impulsivity as a continuous independent variable.

Table 5. Multiple logistic regression analyses showing the association between impulsivity and snacking in 48,562 participants (NutriNet-Santé study, 2014).

	Raw model			Adjusted model ¹		
	BIS-11 OR (95% CI)	<i>P</i> ²	<i>P</i> ³	BIS-11 OR (95% CI) ³	<i>P</i> ²	<i>P</i> ³
Overall Snacking						
No	Ref			Ref		
Yes	3.21 (2.90, 3.55)	<0.0001		3.32 (2.99, 3.68)	<0.0001	
Snacking frequencies			<0.0001			<0.0001
Never	Ref			Ref		
< once a week	2.02 (1.79, 2.27)	<0.0001		2.11 (1.87, 2.38)	<0.0001	
≥ once a week (and < once a day)	3.23 (2.90, 3.59)	<0.0001		3.50 (3.13, 3.91)	<0.0001	
≥ once a day	5.71 (5.06, 6.45)	<0.0001		5.64 (4.97, 6.40)	<0.0001	

(*P* values are adjusted for multiple testing with the Holm-Bonferroni method)

¹adjusted for age, gender, education level, occupational status, monthly income per household unit, smoking status, physical activity, history of dieting, and BMI, with impulsivity as a continuous independent variable.

²*P* value based on logistic regressions, with impulsivity as a continuous independent variable.

³*P* value based on ordinal logistic regressions, with impulsivity as a continuous independent variable.

Table 6. Multiple logistic regression analyses showing the association between impulsivity and eating disorders in 48,824 participants (NutriNet-Santé study, 2014).

	Raw model		Adjusted model ¹	
	BIS-11 OR (95% CI)	<i>P</i> ²	BIS-11 OR (95% CI)	<i>P</i> ²
Eating Disorders³				
No	Ref		Ref	
Yes	3.70 (3.36, 4.06)	<0.0001	3.02 (2.74, 3.33)	<0.0001
Type of Eating Disorder				
No Eating Disorder	Ref		Ref	
Restrictive Disorders	2.23 (1.61, 3.09)	0.0001	1.72 (1.23, 2.42)	0.04
Bulimic Disorders	5.30 (4.47, 6.28)	<0.0001	4.38 (3.66, 5.23)	<0.0001
Hyperphagic Disorders	3.53 (3.12, 4.00)	<0.0001	2.91 (2.56, 3.31)	<0.0001
Other Eating Disorders	2.93 (2.32, 3.70)	<0.0001	2.27 (1.79, 2.88)	<0.0001

(*P* values are adjusted for multiple testing with the Holm-Bonferroni method)

¹adjusted for age, gender, education level, occupational status, monthly income per household unit, smoking status, and physical activity, with impulsivity as a continuous independent variable.

²*P* value based on logistic regressions, with impulsivity as a continuous independent variable.

³Eating disorders correspond to participants with 2 positive answers based on the SCOFF questionnaire

1.2. Association entre la perspective temporelle, les consommations alimentaires et les motivations des choix alimentaires

The association between consideration of future consequences and food intake is mediated by food choice motives

Authors: Marc Bénard¹, Caroline Méjean^{1,2}, Benjamin Allès¹, Emmanuelle Kesse-Guyot¹, France Bellisle¹, Fabrice Etilé³, Gérard Reach⁴, Serge Hercberg^{1,5}, Sandrine Péneau¹

Names for PubMed indexing: Bénard, Méjean, Allès, Kesse-Guyot, Bellisle, Etilé, Reach, Hercberg, Péneau

¹Nutritional Epidemiology Research Team (EREN), Centre of Research in Epidemiology and Statistics Sorbonne Paris Cité (CRESS), Inserm U1153, Inra U1125, Cnam, Paris 13 University, Bobigny, France

²MOISA, Univ Montpellier, INRA, CIRAD, CIHEAM-IAMM, Montpellier SupAgro, 34000 Montpellier, France

³Paris School of Economics and INRA, UMR1393 PjSE, 48 Boulevard Jourdan, Paris 75014, France

⁴Department of Endocrinology, Diabetes and Metabolic Diseases, Avicenne Hospital, Bobigny, France

⁵Public Health Department, Avicenne Hospital, Bobigny, France

Corresponding author:

Marc Bénard
Equipe de Recherche en Epidémiologie Nutritionnelle, Université Paris 13
74, rue Marcel Cachin, 93017 Bobigny, France
E-mail: m.benard@eren.smbh.univ-paris13.fr
Telephone: +33 (0)1 48 38 89 08 / Fax: +33 (0)1 48 38 89 31

Sources of support: The NutriNet-Santé Study is supported by the French Ministry of Health (DGS), the Santé Publique France agency, the French National Institute for Health and Medical Research (INSERM), the French National Institute for Agricultural Research (INRA), the National Conservatory for Arts and Crafts (CNAM), the Medical Research Foundation (FRM), and the University of Paris 13. This research was part of the FOODPOL project, which was

supported by the French National Institute for Agricultural Research (Institut National de la Recherche Agronomique) in the context of the 2013-2017 Metaprogramme “Diet impacts and determinants: Interactions and Transitions”.

Running title: Time perspective and Dietary Behavior

Keywords: Consideration of Future Consequences, Food Intake, Food choice motives, Psychology

Abbreviations: CFC, Consideration of Future Consequences; mPNNS-GS, modified Programme National Nutrition Santé - Guideline Score; IRB, Institute for Health and Medical Research; CNIL, Commission Nationale de l’Informatique et des Libertés ; CU, Consumption Unit; OECD, Organization for Economic Cooperation and Development.

Word count in abstract: 299/300

Number of tables: 4

Number of figures: 0

ABSTRACT

Background: Consideration of future consequences (CFC) distinguishes individuals who adopt behaviors based on immediate needs and concerns from individuals who consider the future consequences of their behavior. Little is known about the relationships between this psychological construct and dietary behaviors.

Objective: To analyze the association between CFC, diet quality, and food group consumption, and to test the mediating role of food choice motives on this relationship.

Design: A sample of 27,330 participants from the NutriNet-Santé cohort study completed the CFC-12 questionnaire, a validated questionnaire assessing 9 food choice motives, and at least three self-administered 24-h dietary records. Diet quality was assessed with the modified French National Nutrition and Health Program Guideline Score (mPNNS-GS), which is an a priori nutritional diet quality score. A multiple mediator analysis was used to analyze the mediating role of food choice motives on the association between CFC, diet quality, and food group consumption taking into account socio-demographic factors.

Results: CFC was associated with all food choice motives ($P < 0.001$), with the strongest positive associations observed for avoidance for environmental reasons, absence of contaminants and health motives, and the strongest negative associations for innovation and convenience. Significant positive total effects were found between CFC and the consumption of food groups such as fruits and vegetables, whole-grain foods and legumes; and negative associations for food groups such as alcohol, meat and poultry and processed meat. Overall, CFC was positively associated with diet quality ($P < 0.001$). Across food groups, the major mediators of these relationships were higher health and environmental concerns and lower innovation concerns, while taste had a suppression effect with an increased magnitude of the relationship between CFC and several food groups.

Conclusions: CFC was associated with greater diet quality. This association was essentially mediated by distant concerns such health and environment and lower concerns for innovation.

INTRODUCTION

Current western eating patterns, which are characterized by high dietary fat and sugar and low fruits and vegetables consumption, can lead to undesirable impacts on health and environment (1). To encourage healthy food choices, there is therefore a need to better understand the determinants of consumer motives when purchasing food as well as the determinants of dietary intake. Psychological factors represent important determinants of food choice (2). Consideration of future consequences (CFC) in particular is a psychological construct which measures “the extent to which individuals consider the potential distant outcomes of their current behaviors and the extent by which they are influenced by these potential outcomes” (3). Individuals with a high CFC are expected to adopt a future-oriented lifestyle that favors their distant goals and long-term concerns over immediate needs.

CFC is associated with health decision-making behaviors (4), such as less smoking (5,6), more physical exercise (6,7) self-perceived healthy eating behaviors (7–10), and preventive behaviors such as getting tested for diabetes (11) or higher intentions to get screened for colorectal cancer (12). Individual differences in consideration of future consequences may therefore explain differences in dietary behaviors. However yet, to our knowledge no study has assessed the potential link between CFC and dietary intakes measured by validated food records. We hypothesized that individuals with a high CFC would have higher consumptions of healthier food groups compared with individuals who favor act on immediate rewards.

Food choices are influenced by various motives such as healthiness (13), taste (13,14), or price (15). Lately, environmental motives (16) have been shown to play an increasingly role in food choice decisions (15) and therefore on dietary intake (17). Besides all the previously identified factors influencing motivations regarding food decisions (such as biological, social, and cultural factors) (2), individual differences of CFC could also explain differences in food

choice motives. However, to our knowledge CFC has not been explored in the literature in association with food choice motives. We hypothesize that specific food choice motives may be resulting from the consideration of immediate (e.g.: taste or price) or future (e.g.: health or environment) consequences. Food choice motives could therefore be mediators of the association between CFC and food group consumption.

The purpose of the present study was to analyze the mediating role played by food choice motives in the association between CFC, diet quality and food group consumption in a large sample of the general population taking into account socio-demographic factors.

METHODS

Population

This study was conducted as part of the NutriNet-Santé study, which is a large ongoing web-based prospective cohort started in France in May 2009. The rationale, design and methods of the study have been described elsewhere (18). Its overall aim is to explore the relationships between nutrition and health, as well as the determinants of eating behavior and nutritional status. Participants are adult volunteers (age ≥ 18 years) of the general French population. At inclusion, participants have to complete several web-based questionnaires to assess their diet, physical activity, anthropometric measures, lifestyle characteristics, socioeconomic conditions and health status. Participants then complete this same set of questionnaires every year after inclusion. Another set of optional questionnaires related to determinants of eating behaviors, nutritional status, and specific health-related aspects are sent to every participant each month.

This study was conducted in accordance with the guidelines of the Declaration of Helsinki, and all procedures were approved by the International Research Board of the French Institute for Health and Medical Research (IRB Inserm n° 0000388FWA00005831) and the

Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés (CNIL n° 908450 and n° 909216). Electronic informed consent was obtained from all participants. The study was registered at clinicaltrials.org (Clinical Trial no. NCT03335644).

Data collection

Consideration of Future Consequences

Consideration of Future Consequences was assessed with the French version of the CFC-12 questionnaire (19) completed from June to November 2014. The CFC-12 is a 12-item self-report questionnaire (3) developed to measure the extent to which individuals consider distant versus immediate consequences of their behavior. Each item is measured on a 5-point Likert scale ranging from “extremely uncharacteristic” to “extremely characteristic”. An example of the items of the CFC-12 is as follows: *I consider how things might be in the future, and try to influence those things with my day to day behavior.* The total score is obtained by summing all the item ratings and by dividing the result by 12 for a final score ranging from 1 to 5 (higher scores indicating greater consideration of future consequences). Good internal consistency was obtained in our sample with a Cronbach's α of 0.79.

Assessment of food choice motives

Data regarding food choice motives were collected from July to December 2013 using a validated questionnaire to measure food choice motives including sustainability concerns at the time of purchase (20). The questionnaire was based on 63 items with items focusing on food in general (32 items) or on specific food groups (meat/fish/fruits and vegetables/dairy products) (31 items). Questions are formulated as follows: “When I purchase food/meat/fish/fruits and vegetables/dairy products, I take into account...”. Participants are asked to rate their level of agreement on a 5-point Likert scale from “I strongly disagree” to “I strongly agree”.

Respondents can also indicate that they do not know. The underlying structure of the questionnaire was determined by exploratory factor analysis and then internally validated by confirmatory factor analysis. Reliability was also assessed by internal consistency of selected dimensions and test–retest repeatability. Nine food choice dimensions were identified: (1) ethics and environment (18 items, e.g.: production waste, impact on earth’s resources), (2) local and traditional production (12 items, e.g.: proximity of production, support for small-scale producers), (3) taste (4 items), (4) price (6 items); (5) avoidance for environmental reasons (4 items, e.g.: not buying meat for environmental reasons), (6) health (6 items, e.g.: health impact, nutritional composition); (7) convenience (4 items, e.g.: cooking convenience), (8) innovation (4 items, e.g.: original of innovative product, innovative fabrication/conservation process), and (9) absence of contaminants (5 items, e.g.: additives, exposure to chemicals). The “avoidance for environmental reasons” dimension is different from the motivation “ethics and environment” as it implies a radical commitment for conserving the environment. Since each dimension consisted of different number of items (from 17 to 4 items), all dimensions of food motives were linearly transformed into values ranging from 0 (no concern) to 10 (strong concern) to standardize ratings.

Assessment of food group consumption and diet quality

We selected participants who completed at least three dietary records between the 2 years preceding and the 2 years following the completion of the CFC-12 questionnaire. The dietary record is completed by using an interactive interface and is designed for self-administration on the Internet (21). Participants report all foods and beverages consumed at breakfast, lunch, dinner, and other eating occasions. They estimate the amounts eaten using standard measurements or using validated photographs (22). These photographs represent > 250 foods (corresponding to 1,000 generic foods). Participants can choose between 7 portion sizes for most food products: 3 main portion sizes plus 2 intermediate and 2 extreme sizes. The

participants cannot submit the record if no portion size estimate for each food or beverage previously listed is provided. Nutrient intakes are estimated by using the published NutriNet-Santé food composition table including > 2,000 foods (23). Mean daily food intake (in grams per day) is weighted for the type of day of the week (weekday or weekend). Under reporters were identified by using the method proposed by Black (24), and were then excluded. The use of the 24h dietary record has been validated in the NutriNet-Santé cohort (21,25). For the present study, we defined 17 food groups: fruit and vegetables; seafood (e.g. fish and shellfish); meat and poultry; processed meat; eggs; dairy products (e.g. milk, yogurts with less than 12% of added sugar, cheese); milk-based desserts (e.g. sweet yogurts, flan, cottage cheese, cream desserts); starchy foods; whole-grain foods; legumes; fats (oil, butter, and margarines); sugary and fatty foods (e.g. cakes, chocolate, ice cream, pancakes); sugars and confectionery (e.g. honey, jelly, sugar, candy); fast food (e.g. pizzas, hamburgers, sandwiches, hot dogs) ; appetizers (e.g. crisps, salted biscuits); non-alcoholic beverages (excluding water); and alcoholic beverages.

The modified French National Nutrition and Health Program Guideline Score (mPNNS-GS), which is an a priori nutritional diet quality score reflecting the adherence to the French nutritional recommendations was assessed. It is based on the PNNS-GS score (26), but accounts for dietary component only, excluding the physical activity component (27). The score includes 12 components: eight refer to food serving recommendations (fruit and vegetables; starchy foods; whole-grain products; dairy products; meat, eggs and fish; seafood; vegetable fat; water vs soda) and four refer to moderation of nutrients or food (added fat; salt; sweets; and alcohol). Points are deducted for overconsumptions of salt and added sugars from sweetened foods, and when energy intake exceeds the energy requirement (as assessed by physical activity level and basal metabolic rate calculated using Schofield equations (28)) by more than 5%. The score has

a maximum of 13.5 points, with a higher score indicating a better overall nutritional quality of the diet.

Socioeconomic and demographic data

Potential confounders of the relationship between CFC, food choice motives and dietary data were collected based on the latest data to the date of completion of the CFC-12, which are provided yearly by the participants after their inclusion: age (years), gender (men, women), education level (primary, secondary, undergraduate, and postgraduate), occupational status (unemployed, student, self-employed and farmer, employee and manual worker, intermediate profession, managerial staff and intellectual profession, and retired) and monthly income per household unit. Monthly income per household unit was calculated using information about income and household composition. The number of people in the household was converted into a number of consumption units (CU) according to the OECD (Organization for Economic Cooperation and Development) equivalence scale: one CU is attributed for the first adult in the household, 0.5 for other persons aged 14 or older and 0.3 for children under 14 (29). Categories of monthly income were defined as followed: < 1,200; 1,200-1,799; 1,800-2,299; 2,300-2,699; 2,700-3,699; and > 3,700 euros per household unit as well as “unwilling to answer”.

Statistical analysis

A total of 51,394 participants of the NutriNet-Santé cohort study completed the CFC-12 questionnaire. Among them, 439 participants were excluded because they presented an acquiescence bias (agreeing or disagreeing to all questions without consideration of reversed items). From the 50,955 remaining participants, 27,396 participants completed the questionnaire on food choice motives and at least the three dietary records to compose the final sample. Compared with excluded participants (the 23,559 participants who only completed the CFC-12 questionnaire), included individuals were older, had a higher proportion of women,

had a higher proportion of individuals with university education, and had a lower body mass index (all P values < 0.0001).

Relationships between CFC and individual characteristics were described with Pearson correlations for continuous variables and linear regressions for categorical variables. Multiple mediator analyses were performed using structural equation modeling to test the mediation of food choice motives on the relationship between CFC and dietary data. Multiple mediator analyses were used instead of several single mediator analyses because of correlations between food choice motives (30,31). Indirect effects were computed as products of overall effects of CFC on food choice motives by overall effects of food choice motives on dietary data. The estimation of mediation effects was based on the significance of the indirect effects with 99.9% confidence intervals to take into account multiple testing (32). Confidence intervals were based on bias corrected bootstrapping ($n = 10,000$). Effect size for mediation was calculated as a ratio of the indirect effect to the total effect, multiplied by 100 (only when the total effect was significant). Positive effect sizes were interpreted as mediation and negative effect sizes were interpreted as suppression (or inconsistent mediation). Suppression effect appears in a mediation model when direct and indirect effects have opposite signs (33). While it is assumed that a mediation effect reduces the relationship between the independent and dependent variables (by partially explaining this relationship), suppression effect increases the magnitude of this relationship.

All models were fit with the maximum likelihood estimator and were adjusted on age, education level, occupational status, monthly income per household unit, and energy intake (except when energy intake was the outcome). Analyses were not stratified on gender since the interactions between CFC and gender were non-significant considering total effects ($P > 0.05$ for all food choice motives, $P > 0.05$ for most food groups (except fruits and vegetables, meat,

poultry, and processed meat, whole-grain foods, confectionery, and alcoholic beverages). Since frequencies of missing data on confounders were low (< 0.2%), complete-case analyses were carried out. Statistical analyses were performed using the lavaan package version 0.5-22 (34) (R software).

RESULTS

Individual characteristics of the sample

Table 1 shows relationships between individual characteristics of the participants and CFC. CFC was negatively correlated with age, and CFC scores were higher in men, in participants with a higher level of education, in participants with a managerial or intellectual profession or in students, and in participants with a higher monthly income.

Food choice motives, diet quality, energy intake and food group consumption

Descriptive characteristics of food choice motives, diet quality, energy intake and food group consumption are presented in **Table 2**. The highest score regarding food choice motives was found for taste whereas the lowest score was found for innovation.

Association between consideration of future consequences and food choice motives

Table 3 presents the results of the association between the CFC and the nine food choice motives with adjustments on confounders. All dimensions were significantly associated with CFC. Positive associations were the highest with avoidance for environmental reasons, absence of contaminants, and health, while they were more limited with local and traditional production, ethics and environment, and taste. Negative associations were the highest with convenience and innovation and more limited with price.

Association between consideration of future consequences, diet quality and food group consumption

Table 4 presents the results of the associations between CFC, diet quality and food group consumption. Considering the total effects, CFC was positively associated with diet quality, as well as positively associated with higher consumptions of fruits and vegetables, starchy foods, whole-grain foods, legumes, sugars and confectionery and non-alcoholic beverages; and negatively associated with the consumption of meat and poultry, processed meat, milk-based desserts, sugary and fatty foods, fast food, appetizers, and alcoholic beverages. Overall, CFC was not associated with energy intake. When considering the direct effects solely, CFC became associated with dairy products and fats while the associations between CFC and the consumptions of milk-based desserts, sugary and fatty foods, appetizers, and non-alcoholic beverages became non-significant.

Indirect effects of food choice motives

Table 4 also presents the results of the mediation effects of food choice motives on the relationship between CFC, diet quality and food group consumption. Food choice motives either mediated or suppressed (inconsistent mediation) the positive relationship between CFC and diet quality, apart from ethics and environment and convenience. Health was the mediator with the strongest effect. Overall, higher concerns for motivations such as health, ethics and environment, and avoidance for environmental reasons, as well as lower concerns for innovation were consistent mediators of the relationship between CFC and food group consumption. Taste appeared to be a consistent suppressor of this relationship. The mediation or suppression effects of other food choice motives were more inconsistent across food groups. Absence of contaminants was the motivation with the least significant indirect effects.

DISCUSSION

In the present study, CFC was associated with a better nutritional quality of the diet, reflected by higher intakes of food groups such as fruits and vegetables, whole-grain foods, and legumes, and lower intakes of food groups such as alcoholic beverages, meat and poultry, and processed meat. Overall, the main mediators of these relationships were higher concerns for health and the environment (avoidance for environmental reasons and ethics and environment), as well as lower concerns for innovation, whereas taste was the main suppressor.

Consideration of future consequences and food choice motives

Our results showed that individuals with a high consideration for the future were more concerned about the environment including avoidance for environmental reasons, and ethics and environment dimensions when purchasing food. They also had higher concerns for their health, as reflected by higher association with health and absence of contaminants dimensions. These future-oriented participants were also more interested in local and traditional production and, to a lesser extent, with taste compared to individuals with a low CFC. Future-oriented individuals were less interested in convenience, innovation and price of the food products. In agreement with these observations, CFC was found associated with attitudes toward conservation and protection of the environment and the utilization of natural resources (35,36). CFC also showed associations with ethical decision-making, such as displaying stronger moral reasoning (37) and more ethical negotiations strategies (38). In addition, CFC is associated with health behaviors such exercising more (6,7), or preventive health behaviors such as getting tested for diabetes (11) and higher intentions to get screened for colorectal cancer (12). All these behaviors are characteristics of long-term goals (4). CFC was also found associated with financial decision-making such as higher level of savings (39), which contrasts with our results. The negative association between CFC and price observed in the present study could be the

result of a lack of perceived intertemporal dilemma regarding food financial decisions. Our results suggest that future-oriented individuals would tend to make food choices according to potential future outcomes of their behavior, whether this behavior lead to more self-centered outcomes (e.g. oriented toward better health) or more altruistic outcomes (e.g. oriented toward the environment).

Consideration of future consequences, diet quality and food group consumption

The present analysis showed that future-oriented individuals had a healthier diet overall compared with less future-oriented individuals. More specifically, higher CFC was associated with higher intakes of fruits and vegetables, starchy foods, whole-grain foods, legumes, sugars and confectionery, and non-alcoholic beverages; and lower intakes of meat and poultry, processed meat, milk-based desserts, sugary and fatty foods, fast food, appetizers, and alcoholic beverages. Individuals high in CFC were previously found to be more likely to report self-perceived healthy eating behaviors (7–10), less likely to have intentions to consume fast-food (40), and less likely to drink alcohol (3,6,41).

Mediating role of food choice motives

The exploration of the mediating role of food choice motives allows us to propose explanations to these relationships. For example, health was the main mediator of the associations between CFC and intakes of fruits and vegetables, processed meat, whole-grain foods, sugary and fatty foods, fast food, appetizers, and alcoholic beverages, which suggests that individuals with higher CFC are more likely to comply with nutritional health guidelines. In France, nutritional guidelines recommend a greater consumption of fruit and vegetables, whole-grain foods, and a lower consumption of milk-based desserts (high in sugar), sugary and fatty foods, alcohol, processed meat, fast food, and appetizers (43).

Environmental concerns (avoidance for environmental reasons and ethics and environment) were also significant mediators of the consumptions of several food groups such as seafood, meat and poultry, and processed meat. Reduction of meat, poultry and processed meat consumption would lead to lower nitrogen emissions (44) and lower greenhouse emissions (44–46) which is likely to encourage individuals with greater future orientation to decrease their intake of such products. Vegetarianism is characterized by no or low consumption of these foods for reasons related to animals' health and ethical treatment, as well as the environmental protection (Fox and Ward, 2008). Environmental motivations are linked to higher organic food consumptions (47), which were previously found to be associated with CFC (48).

Innovation was another consistent mediator. Since CFC is negatively associated with innovation, these results suggest that the lack of interest of future oriented individuals toward innovation, which can be seen as a weak response to food marketing, contributes extensively to the differences in intakes of these food groups. Moreover, taste, which can be considered an immediate reward of food intake, was a consistent suppressor although the effect sizes were small. Motivation for taste suppressed higher diet quality, as well as higher intakes of fruits and vegetables, starchy foods, whole-grain foods, legumes, and lower intakes of meat and poultry, processed meat, milk-based desserts, sugary and fatty foods, fast food and alcoholic beverages of individuals with a high CFC. These results support previous data suggesting that higher taste preferences are linked with a poor diet quality (49). Weak mediations effects were found for price, which is consistent with the weak relationship observed between CFC and price.

Several motivations were involved simultaneously in most of the associations, showing a complex relationship between all these factors. For example, in the case of seafood, a negative indirect effect was found for environmental concerns while a positive indirect effect was found for health concerns. These indirect effects with opposite signs could potentially explain the non-

significant total and direct effects between CFC and seafood, suggesting potential dilemmas in individuals regarding food choices, as previously reported (50). Conflicting health and environmental recommendations exist for some food groups, as a high nutritional quality is not always associated with a low environmental impact (51).

Strengths and limitations

The main strength of this study is the use of three 24-h dietary records twice a year over a 4-year period, which allowed us to have a good representation of our participants' food consumption. Another strength is its large sample size with subjects of various socio-demographic characteristics and nutritional status, which allows the use of multiple covariates to adjust for confounding factors and confers a great statistical power to detect significant differences. However, we cannot rule out the possibility that other important confounders were not taken into account. In addition, the multiple mediator analysis allowed us to differentiate individual indirect effects from the multiple mediators. One limitation of our study is its cross-sectional design, which does not allow us to assess causality and undermines the presumption of the temporal ordering in the mediation model. Our study could also present a selection bias because of the method used to recruit participants, which was based on volunteering. Consequently, our subjects may have high health awareness compared to the global population, and may not be representative of the French population. The CFC-12 questionnaire, which has been widely used with health and environmental outcomes, and the use of the validated food choice motive questionnaire with motives rarely described in the literature in particular: "avoidance for environmental reasons", "local and traditional production" and "innovation" dimensions, represent other strengths of the present study.

CONCLUSIONS

CFC has been shown to be associated with a better diet quality and healthier dietary intake such as higher intakes of fruits and vegetables, whole-grain foods, legumes and lower intakes of alcohol, meat and poultry and processed. Major mediators of these relationships were a greater motivation of future-oriented participants for both self-centered and altruistic outcomes, including health and environment, but also a lower motivation for innovation. Focusing on the awareness of future benefits in public health interventions might lead to healthier food choices and dietary behaviors. Additional researches such as longitudinal studies are needed to understand how individual CFC level can be influenced.

ACKNOWLEDGEMENTS

We thank Younes Esseddik, Thi Hong Van Duong, Frédéric Coffinieres, Régis Gatibelza, Maithyly Sivapalan and Paul Flanzky (computer scientists); Nathalie Arnault, Véronique Gourlet, Dr. Fabien Szabo, Julien Allegre and Laurent Bourhis (data-manager/biostatisticians); Cédric Agaesse and Anne-Elise Dussolier (dieticians) for their technical contribution to the NutriNet-Santé study and Nathalie Druesne-Pecollo (operational coordination). We thank all the volunteers of the NutriNet-Santé cohort. M.B. conducted the literature review and drafted the manuscript. M.B. performed analyses. M.B., C.M., B.A., E.K.-G., F.B., F.E., G.R., S.H., and S.P. were involved in interpreting results and critically reviewed the manuscript. C.M., E.K.-G., S.H., and S.P. were responsible for developing the design and protocol of the study. M.B., C.M., B.A., E.K.-G., F.B., F.E., G.R., S.H., and S.P. report no conflict of interest.

REFERENCES

1. Johnston JL, Fanzo JC, Cogill B. Understanding Sustainable Diets: A Descriptive Analysis of the Determinants and Processes That Influence Diets and Their Impact on Health, Food Security, and Environmental Sustainability-. *Adv Nutr.* 2014;5:418–429.
2. Shepherd R, Raats M. *The Psychology of Food Choice.* CABI; 2006. 411 p.
3. Strathman A, Gleicher F, Boninger DS, Edwards CS. The consideration of future consequences: Weighing immediate and distant outcomes of behavior. *J Pers Soc Psychol.* 1994;66:742–52.
4. Joireman J, King S. Individual differences in the consideration of future and (more) immediate consequences: A review and directions for future research. *Soc Personal Psychol Compass.* 2016;10:313–326.
5. Adams J, Nettle D. Time perspective, personality and smoking, body mass, and physical activity: An empirical study. *Br J Health Psychol.* 2009;14:83–105.
6. Daugherty JR, Brase GL. Taking time to be healthy: Predicting health behaviors with delay discounting and time perspective. *Personal Individ Differ.* 2010;48:202–7.
7. Joireman J, Shaffer MJ, Balliet D, Strathman A. Promotion orientation explains why future-oriented people exercise and eat healthy evidence from the two-factor consideration of future consequences-14 scale. *Pers Soc Psychol Bull.* 2012;38:1272–1287.
8. van Beek J, Antonides G, Handgraaf MJ. Eat now, exercise later: The relation between consideration of immediate and future consequences and healthy behavior. *Personal Individ Differ.* 2013;54:785–791.
9. Dassen FC, Houben K, Jansen A. Time orientation and eating behavior: Unhealthy eaters consider immediate consequences, while healthy eaters focus on future health. *Appetite.* 2015;91:13–19.
10. Piko BF, Brassai L. The Role of Individual and Familial Protective Factors in Adolescents' Diet Control. *J Health Psychol.* 2009;14:810–9.
11. Orbell S, Hagger M. Temporal framing and the decision to take part in type 2 diabetes screening: Effects of individual differences in consideration of future consequences on persuasion. *Health Psychol.* 2006;25:537.
12. Orbell S, Perugini M, Rakow T. Individual differences in sensitivity to health communications: consideration of future consequences. *Health Psychol.* 2004;23:388.
13. Glanz K, Basil M, Maibach E, Goldberg J, Snyder DAN. Why Americans eat what they do: taste, nutrition, cost, convenience, and weight control concerns as influences on food consumption. *J Am Diet Assoc.* 1998;98:1118–1126.

14. Solheim R, Lawless HT. Consumer purchase probability affected by attitude towards low-fat foods, liking, private body consciousness and information on fat and price. *Food Qual Prefer.* 1996;7:137–143.
15. Steptoe A, Pollard TM, Wardle J. Development of a measure of the motives underlying the selection of food: the food choice questionnaire. *Appetite.* 1995;25:267–284.
16. Hughner RS, McDonagh P, Prothero A, Shultz CJ, Stanton J. Who are organic food consumers? A compilation and review of why people purchase organic food. *J Consum Behav.* 2007;6:94–110.
17. Allès B, Péneau S, Kesse-Guyot E, Baudry J, Hercberg S, Méjean C. Food choice motives including sustainability during purchasing are associated with a healthy dietary pattern in French adults. *Nutr J.* 2017;16:58.
18. Hercberg S, Castetbon K, Czernichow S, Malon A, Mejean C, Kesse E, Touvier M, Galan P. The Nutrinet-Santé Study: a web-based prospective study on the relationship between nutrition and health and determinants of dietary patterns and nutritional status. *BMC Public Health.* 2010;10:242.
19. Demarque C, Apostolidis T, Chagnard A, Dany L. Adaptation et validation française de l'échelle de perspective temporelle «Consideration of future consequences»(CFC). *Bull Psychol.* 2010;351–360.
20. Sautron V, Péneau S, Camilleri GM, Muller L, Ruffieux B, Hercberg S, Méjean C. Validity of a questionnaire measuring motives for choosing foods including sustainable concerns. *Appetite.* 2015;87:90–97.
21. Touvier M, Kesse-Guyot E, Méjean C, Pollet C, Malon A, Castetbon K, Hercberg S. Comparison between an interactive web-based self-administered 24 h dietary record and an interview by a dietitian for large-scale epidemiological studies. *Br J Nutr.* 2011;105:1055–1064.
22. Le Moullec N, Deheeger M, Preziosi P, Monteiro P, Valeix P, Rolland-Cachera MF, Potier de Courcy G, Christides JP, Cherouvrier F, Galan P, et al. Validation of the photo manual used for the collection of dietary data in the SU. VI. MAX. study. *Cah Nutr Diet.* 1996;31:158–164.
23. Nutrinet-Santé E. Table de composition des aliments de l'étude Nutrinet-Santé. Paris Econ. 2013;
24. Black AE. Critical evaluation of energy intake using the Goldberg cut-off for energy intake: basal metabolic rate. A practical guide to its calculation, use and limitations. *Int J Obes.* 2000;24:1119.

25. Lassale C, Castetbon K, Laporte F, Camilleri GM, Deschamps V, Vernay M, Faure P, Hercberg S, Galan P, Kesse-Guyot E. Validation of a Web-based, self-administered, non-consecutive-day dietary record tool against urinary biomarkers. *Br J Nutr.* 2015;113:953–962.
26. Estaquio C, Kesse-Guyot E, Deschamps V, Bertrais S, Dauchet L, Galan P, Hercberg S, Castetbon K. Adherence to the French Programme National Nutrition Sante Guideline Score is associated with better nutrient intake and nutritional status. *J Am Diet Assoc.* 2009;109:1031–1041.
27. Assmann KE, Andreeva VA, Camilleri GM, Verger EO, Jeandel C, Hercberg S, Galan P, Kesse-Guyot E. Dietary scores at midlife and healthy ageing in a French prospective cohort. *Br J Nutr.* 2016;116:666–676.
28. Schofield WN. Predicting basal metabolic rate, new standards and review of previous work. *Hum Nutr Clin Nutr.* 1984;39:5–41.
29. INSEE. INSEE (Institut national de la statistique et des études économiques) [National Institute of Statistics and Economic Studies]. Unités de consommation [consumption units] [Internet]. [cited 2016 Jan 25]. Available from: <http://www.insee.fr/en/methodes/default.asp?page=definitions/unite-consommation.htm>
30. Preacher KJ, Hayes AF. Asymptotic and resampling strategies for assessing and comparing indirect effects in multiple mediator models. *Behav Res Methods.* 2008;40:879–891.
31. VanderWeele T, Vansteelandt S. Mediation analysis with multiple mediators. *Epidemiol Methods.* 2014;2:95–115.
32. Fairchild AJ, McDaniel HL. Best (but oft-forgotten) practices: mediation analysis. *Am J Clin Nutr.* 2017;105:1259–1271.
33. MacKinnon DP, Krull JL, Lockwood CM. Equivalence of the mediation, confounding and suppression effect. *Prev Sci.* 2000;1:173–181.
34. Rosseel Y. lavaan: An R Package for Structural Equation Modeling. *J Stat Softw.* 2012;48:1–36.
35. Milfont TL, Gouveia VV. Time perspective and values: An exploratory study of their relations to environmental attitudes. *J Environ Psychol.* 2006;26:72–82.
36. Milfont TL, Wilson J, Diniz P. Time perspective and environmental engagement: A meta-analysis. *Int J Psychol.* 2012;47:325–34.
37. Hafer CL. Investment in long-term goals and commitment to just means drive the need to believe in a just world. *Pers Soc Psychol Bull.* 2000;26:1059–1073.

38. Hershfield HE, Cohen TR, Thompson L. Short horizons and tempting situations: Lack of continuity to our future selves leads to unethical decision making and behavior. *Organ Behav Hum Decis Process*. 2012;117:298–310.
39. Loibl C, Grinstein-Weiss M, Zhan M, Red Bird B. More than a penny saved: Long-term changes in behavior among savings program participants. *J Consum Aff*. 2010;44:98–126.
40. Dunn KI, Mohr P, Wilson CJ, Wittert GA. Determinants of fast-food consumption. An application of the theory of planned behaviour. *Appetite*. 2011;57:349–357.
41. Beenstock J, Adams J, White M. The association between time perspective and alcohol consumption in university students: cross-sectional study. *Eur J Public Health*. 2010;21:438–443.
42. Wolk A. Potential health hazards of eating red meat. *J Intern Med*. 2017;281:106–122.
43. Hercberg S, Chat-Yung S, Chauillac M. The French national nutrition and health program: 2001–2006–2010. *Int J Public Health*. 2008;53:68–77.
44. Westhoek H, Lesschen JP, Rood T, Wagner S, De Marco A, Murphy-Bokern D, Leip A, van Grinsven H, Sutton MA, Oenema O. Food choices, health and environment: effects of cutting Europe’s meat and dairy intake. *Glob Environ Change*. 2014;26:196–205.
45. Hallström E, Carlsson-Kanyama A, Börjesson P al. Environmental impact of dietary change: a systematic review. *J Clean Prod*. 2015;91:1–11.
46. Monsivais P, Scarborough P, Lloyd T, Mizdrak A, Luben R, Mulligan AA, Wareham NJ, Woodcock J. Greater accordance with the Dietary Approaches to Stop Hypertension dietary pattern is associated with lower diet-related greenhouse gas production but higher dietary costs in the United Kingdom, 2. *Am J Clin Nutr*. 2015;102:138–145.
47. Baudry J, Péneau S, Allès B, Touvier M, Hercberg S, Galan P, Amiot M-J, Lairon D, Méjean C, Kesse-Guyot E. Food Choice Motives When Purchasing in Organic and Conventional Consumer Clusters: Focus on Sustainable Concerns (The NutriNet-Santé Cohort Study). *Nutrients*. 2017;9:88.
48. Bénard M, Baudry J, Méjean C, Lairon D, Giudici KV, Etilé F, Reach G, Hercberg S, Kesse-Guyot E, Péneau S. Association between time perspective and organic food consumption in a large sample of adults. *Nutr J*. 2018;17:1.
49. Kourouniotis S, Keast RSJ, Riddell LJ, Lacy K, Thorpe MG, Cicerale S. The importance of taste on dietary choice, behaviour and intake in a group of young adults. *Appetite*. 2016;103:1–7.
50. Péneau S, Fassier P, Allès B, Kesse-Guyot E, Hercberg S, Méjean C. Dilemma between health and environmental motives when purchasing animal food products: sociodemographic and nutritional characteristics of consumers. *BMC Public Health*. 2017;17:876.

51. Perignon M, Vieux F, Soler L-G, Masset G, Darmon N. Improving diet sustainability through evolution of food choices: review of epidemiological studies on the environmental impact of diets. *Nutr Rev.* 2017;75:2–17.

Table 1. Individual characteristics of the 27,396 included participants (NutriNet-Santé study, 2014)

	N=27,396	CFC	P ¹
All		3.39 ± 0.58 ²	<0.001
Age, y	51.9 ± 14.3	-0.14 (-0.15, -0.13)	
Gender (%)			<0.001
Female	77.9	3.38 ± 0.58	
Male	22.1	3.42 ± 0.58	
Educational level (%)			<0.001
Primary	2.2	3.06 ± 0.55	
Secondary	28.3	3.21 ± 0.57	
Undergraduate	31.8	3.39 ± 0.56	
Postgraduate	37.7	3.54 ± 0.56	
Missing data	0.1		
Occupational status (%)			<0.001
Unemployed	8.8	3.36 ± 0.62	
Student	1.2	3.53 ± 0.57	
Self-employed, farmer	1.7	3.45 ± 0.60	
Employee, manual worker	13.7	3.31 ± 0.57	
Intermediate professions	15.7	3.43 ± 0.54	
Managerial staff, intellectual profession	22.8	3.55 ± 0.56	
Retired	36.2	3.30 ± 0.58	
Monthly income ³ (%)			<0.001
<1,200€	9.0	3.33 ± 0.60	
1,200-1,799€	20.4	3.35 ± 0.58	
1,800-2,299€	15.8	3.35 ± 0.57	
2,300-2,699€	10.8	3.39 ± 0.58	
2,700-3,699€	18.3	3.47 ± 0.57	
> 3,700€	13.6	3.50 ± 0.58	
Unwilling to answer	12.0	3.31 ± 0.57	
Missing data	0.2		

CFC, Consideration of Future Consequences, score ranges from 1 to 5.

¹p-value based on linear regressions for categorical variables or Fisher's z transformation for continuous variables

²Mean ± SD

³Monthly income represents the household income per month calculated per consumption unit (CU). The number of people of the household was converted into a number of CU according to a weighting system: one CU is attributed for the first adult in the household, 0.5 for other persons aged 14 or older and 0.3 for children under 14.

Table 2. Descriptive characteristics of diet quality, energy and macronutrient intake, food group consumption, and snacking of the 27,330 participants (NutriNet-Santé study, 2014)

	Mean \pm SD
Food choice motives score (N=27,330)	
Avoidance for environmental reasons	5.65 \pm 2.02
Absence of contaminants	7.36 \pm 2.26
Health	7.46 \pm 1.76
Local and traditional production	7.37 \pm 1.74
Ethics and environment	2.71 \pm 2.11
Taste	8.77 \pm 1.37
Price	7.16 \pm 1.97
Convenience	5.31 \pm 2.53
Innovation	3.29 \pm 2.05
Diet quality (N=23,591)	
mPNNS-GS ¹	7.62 \pm 1.44
Energy intake (N=27,330)	
Energy intake, kcal/d	1909.28 \pm 408.75
Food group consumption (N=27,330)	
Fruit and vegetables, g/d	382.00 \pm 187.12
Seafood, g/d	37.33 \pm 29.67
Meat and poultry, g/d	72.48 \pm 40.63
Processed meat	18.17 \pm 17.31
Eggs, g/d	13.11 \pm 13.95
Dairy products, g/d	186.61 \pm 134.99
Milk-based desserts, g/d	32.63 \pm 38.48
Starchy foods, g/d	218.43 \pm 82.71
Whole-grain foods, g/d	37.88 \pm 41.97
Legumes, g/d	10.76 \pm 16.27
Fats, g/d	21.79 \pm 12.58
Sugary and fatty foods, g/d	75.54 \pm 49.96
Sugars and confectionery, g/d	29.69 \pm 25.30
Fast food, g/d	31.42 \pm 32.39
Appetizers, g/d	5.13 \pm 7.72
Non-alcoholic beverages, g/d	501.04 \pm 337.68
Alcoholic beverages, g/d	98.98 \pm 132.59

¹mPNNS-GS, modified French National Nutrition and Health Program Guideline Score

Table 3. Association between consideration of future consequences and food choice motives in 27,330 participants (NutriNet-Santé study, 2014)

Food choice motive dimensions	CFC Slope (95% CI)	<i>P</i> ¹
Avoidance for environmental reasons	0.62 (0.58, 0.66)	<0.001
Absence of contaminants	0.61 (0.57, 0.65)	<0.001
Health	0.53 (0.49, 0.56)	<0.001
Local and traditional production	0.38 (0.34, 0.41)	<0.001
Ethics and environment	0.32 (0.28, 0.36)	<0.001
Taste	0.07 (0.04, 0.10)	<0.001
Price	-0.11 (-0.15, -0.07)	<0.001
Convenience	-0.36 (-0.41, -0.31)	<0.001
Innovation	-0.37 (-0.41, -0.33)	<0.001

CFC, Consideration of Future Consequences, score ranges from 1 to 5.

¹*p-value based on linear regressions adjusted for gender, age, education level, occupational status, and monthly income per household unit and energy intake.*

Table 4. Mediation of the association between consideration of future consequences, diet quality and food group consumption by the nine food choice motives in 27,330 participants (NutriNet-Santé study, 2014)

	Total Effect (99.9% CI)	Direct Effect (99.9% CI)	Indirect Effect (99.9% CI) and Percentage Mediated (%) ¹								
			Avoidance for Environmental Reasons	Absence of Contaminants	Health	Local & Traditional Production	Ethics & Environment	Taste	Price	Convenience	Innovation
mPNNS-GS ²	0.26 (0.21, 0.31)	0.12 (0.07, 0.17)	0.016 (0.002, 0.031)	0.017 (0.005, 0.029)	0.115 (0.098, 0.132)	-0.013 (-0.024, -0.004)	-0.001 (-0.006, 0.004)	-0.006 (-0.011, -0.002)	0.004 (0.001, 0.007)	-0.004 (-0.009, 0.001)	0.010 (0.004, 0.017)
Energy intake, kcal/d	-7.57 (-20.36, 5.66)	0.98 (-12.24, 14.49)	6.3 (-2.90, 6.88)	6.7 (-3.71, 2.57)	44.2 (-10.42, -4.22)	-5.2 (-0.61, 4.69)	-3 (-2.45, 0.24)	-2.3 (0.14, 1.43)	1.4 (-0.45, 0.60)	-1.5 (-3.75, -1.10)	3.8 (1.65, 4.77)
Fruits and vegetables, g/d	36.77 (30.20, 43.37)	19.66 (13.22, 25.80)	1.22 (-0.66, 3.32)	0.74 (-0.78, 2.29)	11.87 (10.07, 13.91)	-0.39 (-1.64, 0.86)	1.06 (0.47, 1.83)	-0.98 (-1.76, -0.26)	0.54 (0.16, 1.09)	0.16 (-0.37, 0.77)	2.88 (2.06, 3.87)
Seafood, g/d	-0.82 (-1.79, 0.18)	-1.60 (-2.58, -0.52)	3.3 (-0.80, -0.20)	2.0 (0.45, 0.97)	32.3 (0.87, 1.36)	-1.1 (-0.33, 0.08)	2.9 (-0.35, -0.11)	-2.7 (-0.05, 0.03)	1.5 (-0.01, 0.08)	0.4 (0.02, 0.21)	7.8 (-0.44, -0.18)
Meat and poultry, g/d	-5.30 (-6.73, -3.86)	-2.65 (-4.13, -1.17)	-1.17 (-1.62, -0.77)	-0.27 (-0.62, 0.05)	-0.01 (-0.31, 0.29)	0.53 (0.24, 0.81)	-0.98 (-1.27, -0.71)	0.15 (0.04, 0.28)	-0.18 (-0.32, -0.06)	0.09 (-0.03, 0.23)	-0.80 (-1.03, -0.59)
Processed meat, g/d	-1.87 (-2.44, -1.26)	-0.91 (-1.50, -0.31)	22.1 (-0.43, -0.08)	5.1 (-0.27, 0.02)	0.2 (-0.78, -0.45)	-9.9 (0.17, 0.42)	18.5 (-0.28, -0.12)	-2.8 (0.02, 0.12)	3.4 (-0.11, -0.02)	-1.8 (0.02, 0.14)	15.2 (-0.22, -0.07)
Eggs, g/d	0.19 (-0.35, 0.71)	-0.14 (-0.69, 0.41)	13.7 (0.01, 0.18)	7.1 (-0.02, 0.22)	32.6 (0.03, 0.24)	-15.6 (-0.13, 0.07)	10.2 (-0.01, 0.09)	-3.3 (-0.03, 0.01)	3.3 (-0.01, 0.03)	-4.0 (-0.04, 0.06)	7.3 (0.01, 0.13)
Dairy products, g/d	3.09 (-1.75, 8.20)	5.37 (0.10, 10.52)	-0.53 (-2.00, 0.92)	-1.69 (-2.84, -0.50)	5.01 (3.86, 6.23)	-2.40 (-3.53, -1.40)	-1.51 (-2.19, -0.99)	0.05 (-0.12, 0.24)	-0.37 (-0.74, -0.12)	-0.46 (-0.93, -0.05)	-0.38 (-0.96, 0.11)
Milk-based desserts, g/d	-2.49 (-3.93, -1.18)	-0.49 (-1.99, 0.87)	-0.39 (-0.80, 0.06)	-0.39 (-0.74, -0.07)	-0.21 (-0.54, 0.07)	-0.15 (-0.43, 0.12)	-0.13 (-0.27, 0.01)	0.09 (0.03, 0.18)	-0.04 (-0.11, 0.01)	-0.17 (-0.30, -0.05)	-0.63 (-0.84, -0.43)
Starchy foods, g/d	7.91 (5.52, 10.50)	4.29 (1.71, 6.81)	15.5 (0.97, 2.52)	15.5 (-0.54, 0.59)	8.5 (0.13, 1.24)	6.0 (-0.33, 0.67)	5.0 (0.22, 0.78)	-3.5 (-0.47, -0.06)	1.5 (-0.18, 0.03)	6.7 (-0.34, 0.09)	25.1 (0.66, 1.33)
Whole-grain foods, g/d	6.68 (5.18, 8.34)	2.57 (1.09, 4.15)	22.1 (0.63, 1.55)	0.5 (-0.06, 0.60)	8.4 (1.61, 2.40)	1.7 (-0.57, 0.01)	6.0 (0.34, 0.76)	-2.9 (-0.28, -0.04)	-0.7 (0.06, 0.38)	-1.5 (-0.21, 0.07)	12.2 (0.36, 0.75)
			1.06 (0.63, 1.55)	0.27 (-0.06, 0.60)	2.00 (1.61, 2.40)	-0.27 (-0.57, 0.01)	0.53 (0.34, 0.76)	-0.15 (-0.28, -0.04)	0.20 (0.06, 0.38)	-0.06 (-0.21, 0.07)	0.54 (0.36, 0.75)
			15.9	4.1	29.9	-4.0	7.9	-2.2	3.0	-0.9	8.1

Legumes, g/d	1.62 (1.01, 2.24)	0.87 (0.26, 1.48)	0.25 (0.08, 0.45)	0.07 (-0.08, 0.21)	0.07 (-0.07, 0.19)	-0.02 (-0.12, 0.10)	0.17 (0.10, 0.26)	-0.06 (-0.12, -0.02)	0.02 (0.00, 0.06)	0.03 (-0.03, 0.09)	0.22 (0.15, 0.31)
Fats, g/d	-0.36 (-0.78, 0.05)	-0.51 (-0.93, -0.08)	-0.10 (-0.23, 0.03)	0.15 (0.06, 0.26)	-0.14 (-0.23, -0.04)	0.12 (0.04, 0.21)	0.03 (-0.01, 0.07)	0.01 (0.00, 0.04)	0.01 (0.00, 0.04)	0.06 (0.02, 0.10)	0.00 (-0.05, 0.05)
Sugary & fatty foods, g/d	-1.94 (-3.53, -0.41)	-0.16 (-1.76, 1.50)	-0.32 (-0.82, 0.18)	-0.15 (-0.52, 0.22)	-0.83 (-1.20, -0.48)	-0.36 (-0.69, -0.01)	0.14 (0.00, 0.31)	0.07 (0.01, 0.15)	-0.02 (-0.10, 0.03)	-0.13 (-0.29, 0.01)	-0.17 (-0.37, 0.00)
Sugars and confectionery, g/d	1.39 (0.56, 2.25)	1.15 (0.30, 2.05)	0.03 (-0.25, 0.30)	-0.04 (-0.23, 0.17)	-0.08 (-0.28, 0.10)	0.22 (0.04, 0.40)	0.03 (-0.05, 0.12)	-0.01 (-0.06, 0.02)	0.02 (-0.01, 0.07)	-0.08 (-0.16, 0.00)	0.14 (0.04, 0.24)
Fast food, g/d	-2.88 (-3.97, -1.82)	-1.33 (-2.42, -0.23)	-0.01 (-0.36, 0.30)	-0.28 (-0.56, -0.01)	-0.72 (-1.00, -0.47)	-0.16 (-0.39, 0.07)	-0.03 (-0.14, 0.08)	0.05 (0.01, 0.12)	-0.07 (-0.14, -0.02)	-0.04 (-0.14, 0.05)	-0.29 (-0.44, -0.16)
Appetizers, g/d	-0.35 (-0.70, -0.06)	-0.21 (-0.52, 0.07)	0.03 (-0.06, 0.12)	-0.05 (-0.12, 0.02)	-0.10 (-0.16, -0.05)	-0.05 (-0.12, 0.01)	0.03 (0.00, 0.06)	0.00 (0.00, 0.02)	0.00 (-0.01, 0.01)	0.02 (0.00, 0.05)	-0.01 (-0.05, 0.02)
Non-alcoholic beverages, g/d	23.61 (11.94, 35.36)	8.19 (-4.47, 19.97)	6.87 (3.28, 10.79)	0.94 (-1.84, 3.70)	3.48 (0.80, 6.25)	-1.46 (-3.90, 0.92)	0.37 (-0.79, 1.59)	-0.18 (-0.75, 0.22)	0.00 (-0.46, 0.45)	1.49 (0.41, 2.68)	3.90 (2.52, 5.53)
Alcoholic beverages, g/d	-19.52 (-25.07, -14.51)	-18.23 (-23.82, -13.25)	0.25 (-1.11, 1.62)	0.18 (-0.88, 1.40)	-3.34 (-4.47, -2.24)	0.99 (0.11, 1.94)	-0.47 (-0.91, -0.07)	0.33 (0.10, 0.65)	0.03 (-0.14, 0.21)	1.20 (0.77, 1.74)	-0.47 (-0.99, 0.01)

Significant effects are shown in bold ($P < 0.001$);

All estimates correspond to a 1-point increase of CFC (continuous variable ranging from 1 to 5) and are adjusted for gender, age, education level, occupational status, monthly income per household unit, and energy intake (except when energy intake was the outcome).

¹Percentage Mediated is the ratio of indirect effect on total effect, and is not calculated when the total effect is non-significant. Positive percentages indicate mediation effect, whereas negative percentages indicate suppression effect (indirect and total effects have opposite signs).

²mpNNS-GS, modified French National Nutrition and Health Program Guideline Score, analysis on 23,591 participants.

1.3. Association entre la perspective temporelle et la consommation de produits issus de l'agriculture biologique

RESEARCH

Open Access



Association between time perspective and organic food consumption in a large sample of adults

Marc Bénard^{1*}, Julia Baudry¹, Caroline Méjean^{1,2}, Denis Lairon³, Kelly Virecoulon Giudici¹, Fabrice Etilé⁴, Gérard Reach⁵, Serge Hercberg^{1,6,7}, Emmanuelle Kesse-Guyot¹ and Sandrine Péneau¹

Abstract

Background: Organic food intake has risen in many countries during the past decades. Even though motivations associated with such choice have been studied, psychological traits preceding these motivations have rarely been explored. Consideration of future consequences (CFC) represents the extent to which individuals consider future versus immediate consequences of their current behaviors. Consequently, a future oriented personality may be an important characteristic of organic food consumers. The objective was to analyze the association between CFC and organic food consumption in a large sample of the adult general population.

Methods: In 2014, a sample of 27,634 participants from the NutriNet-Santé cohort study completed the CFC questionnaire and an Organic-Food Frequency questionnaire. For each food group (17 groups), non-organic food consumers were compared to organic food consumers across quartiles of the CFC using multiple logistic regressions. Moreover, adjusted means of proportions of organic food intakes out of total food intakes were compared between quartiles of the CFC. Analyses were adjusted for socio-demographic, lifestyle and dietary characteristics.

Results: Participants with higher CFC were more likely to consume organic food (OR quartile 4 (Q4) vs. Q1 = 1.88, 95% CI: 1.62, 2.20). Overall, future oriented participants were more likely to consume 14 food groups. The strongest associations were observed for starchy refined foods (OR = 1.78, 95% CI: 1.63, 1.94), and fruits and vegetables (OR = 1.74, 95% CI: 1.58, 1.92). The contribution of organic food intake out of total food intake was 33% higher in the Q4 compared to Q1. More precisely, the contribution of organic food consumed was higher in the Q4 for 16 food groups. The highest relative differences between Q4 and Q1 were observed for starchy refined foods (22%) and non-alcoholic beverages (21%). Seafood was the only food group without a significant difference.

Conclusions: This study provides information on the personality of organic food consumers in a large sample of adult participants. Consideration of future consequences could represent a significant psychological determinant of organic food consumption.

Keywords: Organic food consumption, Nutrition, Consideration of future consequences, Psychology

* Correspondence: m.benard@eren.smbh.univ-paris13.fr

¹Équipe de Recherche en Épidémiologie Nutritionnelle, Centre de Recherche en Épidémiologie et Statistique Sorbonne Paris Cité, INSERM U1153, INRA U1125, Cnam, Université Paris 13, 74, rue Marcel Cachin, 93017 Bobigny, France

Full list of author information is available at the end of the article



© The Author(s). 2018 **Open Access** This article is distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons license, and indicate if changes were made. The Creative Commons Public Domain Dedication waiver (<http://creativecommons.org/publicdomain/zero/1.0/>) applies to the data made available in this article, unless otherwise stated.

Background

The demand of organic foods has been notably increasing over the past years. In France, sales of organic products represented 5.5 billion euros in 2014 corresponding to a 10% increase from the previous year as it was the case in most European countries [1]. The major reasons regarding the purchase of organic foods include altruistic motives such as environmental and ethics aspects [2–7], and self-centered motives such as health, food safety, and sensory aspects [2, 4, 6, 8, 9]. Despite individual differences concerning these motivations, specific psychological traits which could lead to these motivations, and thus to an organic food consumption oriented behavior, have rarely been explored.

Consideration of Future Consequences (CFC) is a construct which measures “the extent to which individuals consider the potential distant outcomes of their current behaviors and the extent by which they are influenced by these potential outcomes [10].” Individuals with a low CFC are expected to act on their immediate needs and concerns whereas individuals with a high CFC are expected to consider the future implication of their behavior and to use their distant goals as guides for their current actions. Higher CFC have been shown to be associated with healthy and environmentally friendly behaviors [10]. In particular, several studies found that future oriented individuals were more likely to have a health oriented behavior, such as exercising more [11, 12], presenting healthy eating attitudes and intentions [13], being more sensitive to health communications to get tested for colorectal cancer [14], and participating in diabetes screening [15]. A meta-analysis measuring time perspective with different constructs found that future time perspective influenced individual attitudes and behaviors towards the environment [16], such as environmental preservation [17], recycling and waste reduction [18], and water conservation [19]. Finally, a study reported future oriented consumers to be more careful about organic labels, suggesting a higher interest in health related and sustainability issues [20]. However, to our knowledge no data are available on the relationship between time orientation and organic food intakes.

The aim of this study was therefore to analyze the association between consideration of futures consequences and the consumption of 17 organic food groups in a sample of the general population participating in the NutriNet-Santé cohort study by taking into account sociodemographic, lifestyle and dietary characteristics. Firstly, we wanted to assess whether organic food consumers were more likely to be future oriented compared to nonorganic food consumers. Then, we quantitatively analyzed intakes of organic food according to the individual level of consideration of future consequences.

Methods

Population

This study was conducted as part of the NutriNet-Santé study, which is a large ongoing web-based prospective cohort started in France in May 2009. The rationale, design and methods of the study have been described elsewhere [21]. Its overall aim is to explore the relationships between nutrition and health and the determinants of eating behavior and nutritional status. Participants are adult volunteers (age ≥ 18 years) of the general French population with a scheduled follow-up of at least 10 years. At inclusion, participants have to complete several self-reported web-based questionnaires to assess their diet, their physical activity, anthropometric measures, lifestyle characteristics, socioeconomic conditions and health status. Participants complete this set of questionnaires every year after inclusion. Finally, another set of optional questionnaires related to determinants of eating behaviors, nutritional status, and specific aspects related to health are sent to every participant each month. A flowchart of the participants included in this study is available as Additional file 1.

This study was conducted in accordance with the guidelines of the Declaration of Helsinki, and all procedures were approved by the International Research Board of the French Institute for Health and Medical Research (IRB Inserm n° 0000388FWA00005831) and the Commission Nationale Informatique et Libertés (CNIL n° 908450 and n° 909216). Electronic informed consent was obtained from all participants.

Data collection

Consideration of future consequences

Consideration of Future Consequences was assessed with the French version of the CFC-12 questionnaire [22] over a 6-month period from June to November 2014. The CFC-12 is a 12-item self-report questionnaire [10] developed to measure the extent to which individuals consider distant versus immediate consequences of their behavior. Each item is measured on a 5-point Likert scale ranging from “extremely uncharacteristic” to “extremely characteristic”. An example of the items of the CFC-12 is as followed: *I consider how things might be in the future, and try to influence those things with my day to day behavior*. The total score is obtained by summing each item ratings leading to a possible range from 12 to 60 (higher scores indicating greater consideration of future consequences). Participants were divided into 4 categories determined by quartiles of the total score (Q1, Q2, Q3, and Q4). A good internal consistency was obtained in our sample with a Cronbach's α of 0.79.

Dietary intake

To assess their organic food consumption, participants completed a semi-quantitative organic food frequency questionnaire (Org-FFQ) by providing the frequency and portion sizes of consumed foods and beverages. The Org-FFQ was administered over a 5-month period from June to October 2014. This questionnaire was based on a validated food frequency questionnaire [23] supplemented by a section pertaining to the frequency of organic food consumption. More precisely, participants were asked to report their frequency of consumption and the quantity consumed over the past year for 264 items allowing to assess total food intakes (g/d). In addition, the frequency of organic food consumption for each item was assessed with a 5-point Likert scale ranging from never to always. Organic food intake (g/d) was obtained for each item by applying a weight of 0, 0.25, 0.5, 0.75 and 1 to the five respective categories of frequency (never, rarely, half the time, often and always). A full description of the Org-FFQ as well as sensitivity analyses pertaining to weighting can be found elsewhere [24].

Beverage and food items were aggregated into 17 food groups: fruits and vegetables (including juices and soups); seafood; meat, poultry and processed meat; eggs; dairy products; starchy refined foods; whole-grain products; legumes; fats (oil, butter, and margarine); fatty sweets (including cake, chocolate, ice cream, and pancakes); non-fatty sweets (including honey, jelly, sugar, and candy); alcoholic beverages; non-alcoholic beverages; fast food; snacks (including chips and salted biscuits); dressings and sauces; and dairy products and meat substitutes (including soya-based products). For each food group, contribution of organic food consumed was estimated by computing the organic food intake of the food group (g/d) out of the total food intake of the food group (g/d) multiplied by 100. Total energy intake (kcal/day) was also calculated using a validated composition table [25]. Participants with unlikely estimates of energy intake were identified as under- and over-reporting participants against estimated energy requirement. Basal metabolic rate (BMR) was calculated according to age, gender, weight and height using Schofield's equations [26]. The ratio between energy intake and estimated energy requirement (physical activity level \times BMR, with physical activity level set by default at 1.55) was calculated and individuals with ratios below the 1st percentile (0.35) or above the 99th percentile (1.93) were excluded. These cutoffs were calculated on the validated FFQ for usual dietary intake used in the NutriNet-Santé cohort [23].

Socio-demographic, economic, anthropometric and lifestyle characteristics

Potential confounders of the relationship between CFC and organic food consumption were collected based on

information provided yearly by the participants after their inclusion: age (years), gender, education level (primary, secondary, undergraduate, and postgraduate), occupational status (unemployed, student, self-employed and farmer, employee and manual worker, managerial staff and intellectual profession, intermediate profession, and retired), monthly income per household unit, place of residence (rural community, urban unit with a population < 20,000 inhabitants, urban unit with a population between 20,000 and 200,000 inhabitants, and urban unit with a population > 200,000 inhabitants), and BMI (kg/m²). More precisely, monthly income per household unit was calculated with information about income and composition. The number of people of the household was converted into a number of consumption units (CU) according to a weighting system: one CU is attributed for the first adult in the household, 0.5 for other persons aged 14 or older and 0.3 for children under 14 [27]. Categories of income were defined as followed: <1200; 1200–1799; 1800–2299; 2300–2699; 2700–3699; and >3700 euros per household unit as well as “unwilling to answer”.

The Programme National Nutrition Santé Guidelines Score (PNNS-GS), which is an a priori nutritional diet quality score reflecting the adherence to the French nutritional recommendations of the participants [28], was considered as a confounder in the analyses. The original score includes 13 components: eight refer to food serving recommendations, four refer to moderation of nutrients or food, and one refers to physical activity. Points are deducted for overconsumption of salt and sweets. Points are also deducted from the total when energy intake exceeds the energy needs by more than 5%. A modified version of the PNNS-GS (mPNNS-GS) that did not include the physical activity component was used in this study. The score has a range of 0 to 13.5 points, with a higher score indicating a better overall nutritional quality of the diet.

Statistical analysis

The characteristics of the sample across quartiles of the CFC-12 were compared with linear contrast tests for continuous variables, and with Mantel-Haenszel chi-square tests for categorical variables. Logistic regression models were performed between organic food consumption as a dependent variable (organic food consumer versus non-organic food consumer (reference)) for each of the 17 food groups and the four categories (quartile, Q) of the CFC-12 as the main independent variable (Q1 as reference). The strength of the association was estimated by calculating odds ratios (ORs) and 95% confidence intervals (95% CI). Furthermore, adjusted means of proportions of the contribution of organic food to the total food intake by food group were compared across categories of the CFC-12 for the 17 food groups among

organic food consumers only. A percentage of the relative difference between adjusted means of Q4 and Q1 was calculated to estimate the effect size of the differences. For every analysis on each food group, participants who did not report to consume at least one food item of the group (organic or non-organic food intakes) were excluded from the analysis of this food group. Since socio-economic positions are associated with CFC [29] and dietary intakes, all adjusted models included the following confounders: age, gender, education level, occupational status, monthly income per household unit, and place of residence. In addition, it has been suggested that time perspective can predict or be predicted by health behaviors [12]. Moreover, BMI, energy intake, mPNNs-GS (diet quality), and total food intake of the food group all predict the level of organic food consumption and were thus taken into account. No significant interaction terms were found between the CFC-12 and confounders. Missing data on confounding variables were handled with multiple imputation by chained eqs. (20 imputed datasets) [30].

All tests of statistical significance were 2-sided and significance was set at 5%. A Hochberg procedure was applied to correct for multiple testing. Statistical analyses were performed using SAS software (SAS Institute Inc., version 9.4).

Results

Description of the sample

A total of 33,384 participants of the NutriNet-Santé cohort study completed the Org-FFQ. Among these participants 2097 underreporters and overreporters were excluded, as well as 2320 individuals with missing covariates (which are required to assess inappropriate energy intake), and 722 participants residing in overseas territories. From those 28,245 individuals, 27,843 completed the CFC-12. Then, 209 participants who presented an acquiescence bias (agreeing to all questions without consideration of reversed items) in answers of the CFC-12 were excluded, leaving 27,634 participants in the final analysis. A total of 51,394 participants from the NutriNet-Santé study completed the CFC-12 questionnaires. Compared to excluded participants, the 27,634 participants in the final analysis were older (53.2 ± 14.1 years old for included participants vs 47.1 ± 14.5 years old for excluded participants, $p < .0001$), more often men (25.6% vs. 20.5%, $p < .0001$), had less often a university education (34.6% vs. 40.5%, $p < .0001$). In average, included participants had a lower CFC score (40.5 ± 7.1 vs. 40.9 ± 6.9 , $p < .0001$). This marginal difference was likely to be significant due to the large sample size.

Table 1 shows characteristics of the sample according to the 4 categories determined by quartiles of the CFC-

12. Overall, apart from energy intake, there was a significant linear trend between every variable analyzed and the categories of the CFC-12 (all $P < .0001$). Compared to Q1, participants in higher categories of CFC consumed more organic food (overall), were younger, were less often women, had more often a high level of education, were less often unemployed, employee, manual worker or retired and were more often student, self-employed, farmer, from managerial staff or intellectual professions, had more often a high monthly income per household, lived more often in large urban units, had a lower BMI, and had a higher mPNNs-GS.

Table 2 shows the percentages of organic food consumers in the 17 food groups according to CFC-12 categories. A significant linear trend was observed for every food group (all $P < .0001$).

Association between consideration of future consequences and organic food consumption

Table 3 presents the results of logistic regression models between categories of the CFC-12 and organic food consumption and shows significant linear trends for most food groups. Overall, future oriented participants were more likely to consume organic foods. In particular, compared to Q1, participants in higher categories of the CFC-12 were more likely to consume organic: fruits and vegetables, eggs, dairy products, starchy refined foods, whole-grain products, legumes, fats, fatty sweets, non-fatty sweets, alcoholic beverages, non-alcoholic beverages, fast food, snacks, and dressing and sauces. Three food groups did not present a significant linear trend: seafood, meat, poultry and processed meat, and dairy products and meat substitutes. Comparing Q4 vs. Q1, the strongest associations were found for starchy refined foods (OR = 1.78, 95% CI: 1.63, 1.94), fruits and vegetables (OR = 1.74, 95% CI: 1.58, 1.92), and non-alcoholic beverages (OR = 1.72, 95% CI: 1.59, 1.85).

Table 4 focuses on organic consumers and shows the proportions of organic food consumed out of the total intake across categories of the CFC-12. The ratio of total organic food intakes out of total intakes significantly increased from 20.39% (Q1) to 27.12% (Q4) with a relative difference of 33%. There was a significant increase of the proportion of organic food consumed (on total intakes) for almost every group: fruits and vegetables, seafood, meat, poultry and processed meat, eggs, dairy products, starchy refined foods, whole-grain products, legumes, fats, fatty sweets, non-fatty sweets, alcoholic beverages, non-alcoholic beverages, fast food, snacks, dressings and sauces, and dairy products and meat substitutes. Seafood was the only food group without a statistical significant p -value for linear trend. The highest relative differences between Q4 and Q1 were observed for starchy refined foods (22%), and non-alcoholic beverages (21%); whereas

Table 1 Individuals characteristics of the participants of the according to categories of the CFC

	All	Quartiles of Consideration of Future Consequences				P ^a
		Q1 < 36	Q2 36–40	Q3 41–46	Q4 > 46	
n	27,634	6670	7107	6964	6893	
%	100	24.1	25.7	25.2	24.9	
CFC-12 (12–60)	40.5 ± 7.1	31.3 ± 3.7	38.0 ± 1.4	43.0 ± 1.4	49.4 ± 3.0	
Total organic food intake (g/d)	760.3 ± 799.7	625.8 ± 738.5	717.3 ± 779.5	775.0 ± 789.4	920.1 ± 857.4	< .0001
Age (years) ^b	53.2 ± 14.1	55.9 ± 13.2	54.6 ± 13.8	51.6 ± 14.2	50.5 ± 14.5	< .0001
Gender (%)						< .0001
Women	74.4	76.0	74.9	74.0	72.7	
Men	25.6	24.0	25.1	26.0	27.3	
Education level (%)						< .0001
Primary	2.8	5.5	3.2	1.7	1.0	
Secondary	32.9	46.6	38.2	27.2	20.1	
Undergraduate	29.6	27.1	30.7	31.5	29.1	
Postgraduate	34.6	20.8	27.8	39.7	49.8	
Occupational status (%)						< .0001
Unemployed	8.8	9.9	8.6	8.1	8.6	
Student	1.2	0.6	0.9	1.3	2.0	
Self-employed, farmer	1.7	1.5	1.6	1.7	2.2	
Employee, manual worker	14.2	17.2	14.8	13.8	11.2	
Intermediate professions	13.8	11.2	13.7	15.9	14.1	
Managerial staff, intellectual profession	21.0	12.5	16.9	24.8	29.4	
Retired	39.3	47.0	43.5	34.5	32.4	
Monthly income (%) ^c						< .0001
< 1200€	10.1	12.2	10.1	8.8	9.3	
1200–1799€	20.9	23.0	21.3	20.6	18.7	
1800–2299€	15.3	16.2	16.3	14.8	13.9	
2300–2699€	10.3	10.1	10.3	10.6	10.2	
2700–3699€	17.7	14.3	17.1	18.6	20.9	
> 3700€	13.2	9.1	11.4	14.8	17.2	
Unwilling to answer	12.3	14.9	13.4	11.5	9.5	
Missing data	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	
Place of residence (%)						< .0001
Rural community	22.0	22.7	22.5	21.3	21.5	
Urban unit with a population < 20,000 inhabitants	15.5	16.8	16.0	14.6	14.4	
Urban unit with a population between 20,000 and 200,000 inhabitants	18.0	18.7	18.4	18.0	17.0	
Urban unit with a population > 200,000 inhabitants	44.5	41.8	43.1	46.0	47.1	
BMI (kg/m ²) ^b	24.2 ± 4.5	25.0 ± 5.0	24.4 ± 4.6	24.0 ± 4.4	23.3 ± 4.0	< .0001
Energy intake (kcal/d) ^b	1994 ± 629	2017 ± 646	1982 ± 632	1975 ± 615	2002 ± 620	.32
mPNNS-GS ^b	8.5 ± 1.8	8.4 ± 1.8	8.5 ± 1.8	8.5 ± 1.7	8.6 ± 1.7	< .0001

mPNNS-GS, modified Programme National Nutrition Santé Guideline Score

^ap-value based on linear trend for continuous variables or Mantel-Haenszel chi-square test for categorical variables (corrected for multiple testing with a Hochberg procedure)^bMean ± SD^cMonthly income represents the household income per month calculated by consumption unit (CU). The number of people of the household was converted into a number of CU according to a weighting system: one CU is attributed for the first adult in the household, 0.5 for other persons aged 14 or older and 0.3 for children under 14 [27]

Table 2 Percentages of organic food consumers by food group according to quartiles of the CFC

Food groups (%)	All		Quartiles of consideration of future consequences				p ^a
	n	%	Q1	Q2	Q3	Q4	
All	27,634	93.5	90.4	92.8	94.6	96.0	<.0001
Fruits and vegetables (including juices and soups)	27,618	83.0	77.3	81.7	84.9	87.8	<.0001
Seafood	26,579	50.8	45.3	50.7	52.7	54.2	<.0001
Meat, poultry, and processed meat	26,550	73.3	68.2	72.3	75.6	77.1	<.0001
Eggs	26,494	76.6	71.2	75.4	78.5	81.5	<.0001
Dairy products	27,177	69.7	62.6	68.1	72.1	75.8	<.0001
Starchy refined foods	27,603	77.5	70.4	75.6	80.1	83.6	<.0001
Whole-grain products	22,527	71.4	63.9	69.6	73.8	77.2	<.0001
Legumes	24,811	55.0	47.2	52.5	57.0	62.5	<.0001
Fats (oil, butter, and margarine)	27,537	71.3	64.4	69.9	73.1	77.6	<.0001
Fatty sweets (including cake, chocolate, ice cream, and pancakes)	27,501	69.1	61.1	67.2	72.1	75.7	<.0001
Non-fatty sweets (including honey, jelly, sugar, and candy)	26,296	69.7	63.1	68.2	71.9	75.3	<.0001
Fast food	26,838	53.0	45.1	51.4	56.0	59.2	<.0001
Snacks (including chips and salted biscuits)	25,902	47.0	39.1	45.5	49.1	54.0	<.0001
Dressings and sauces	27,126	55.7	48.7	54.5	57.7	61.5	<.0001
Dairy products and meat substitutes (including soya-based products)	11,382	85.7	82.0	84.8	86.5	88.3	<.0001
Non-alcoholic beverages	27,552	67.1	58.9	64.7	69.8	74.7	<.0001
Alcoholic beverages	25,417	58.7	50.5	56.6	61.5	65.7	<.0001

^ap-value is based on χ^2 test and adjusted for multiple testing with a Hochberg procedure

the lowest relative differences were observed for dairy products and meat substitutes (6%), and eggs (7%).

Discussion

Overall, analyses performed in this study showed higher organic food consumption among future oriented individuals compared to less future oriented participants independently of socioeconomic, lifestyle and dietary characteristics. First, individuals with a high consideration of future consequences were found more likely to eat organic foods. Then, among organic food consumers, future oriented individuals were also found in average to have a higher contribution of organic foods in their diet.

Characteristics of future oriented individuals

Our results supported previous data of the literature indicating that future oriented individuals were younger [29], had more often a high education level [31], and had a lower BMI [12, 29], compared with less future oriented individuals.

Association between consideration of future consequences and organic food consumption

Overall, results of the association between consideration of future consequences and organic food consumption showed that future oriented individuals were more likely to consume organic food. Moreover, when considering consumers of organic food groups specifically, the more participants were future oriented, the higher was the average contribution of organic foods in their diet (for almost every food group considered). Therefore, these analyses, focusing either on the whole sample or on organic food consumers specifically, both show a link between CFC and organic food intake. No significant interaction was found between gender and CFC in our study, suggesting no moderation effect of gender on the relationship between CFC and organic food intakes. To our knowledge, our study is the first to take into account the CFC-12 or any other measure of time perspective to assess the likelihood of organic food consumption. One study showed evidence that preferences for food products with an organic logo varied according to the level of future orientation [20].

Table 3 Logistic regression models between CFC and the likelihood to consume organic foods

Food groups	n	Quartiles of consideration of future consequences ^a				β^b
		Q1 Ref.	Q2 OR (95% CI)	Q3 OR (95% CI)	Q4 OR (95% CI)	
All	27,634	1	1.24 (1.09, 1.40)	1.51 (1.32, 1.74)	1.88 (1.62, 2.20)	.0043
Fruits and vegetables (including juices and soups)	27,618	1	1.22 (1.12, 1.33)	1.46 (1.33, 1.60)	1.74 (1.58, 1.92)	<.0001
Seafood	26,579	1	1.20 (1.12, 1.29)	1.26 (1.18, 1.36)	1.30 (1.21, 1.39)	.32
Meat, poultry, and processed meat	26,550	1	1.15 (1.07, 1.24)	1.31 (1.21, 1.42)	1.34 (1.23, 1.46)	.08
Eggs	26,494	1	1.18 (1.09, 1.27)	1.34 (1.23, 1.46)	1.53 (1.40, 1.67)	.0008
Dairy products	27,177	1	1.20 (1.11, 1.29)	1.36 (1.26, 1.47)	1.55 (1.43, 1.68)	.0003
Starchy refined foods	27,603	1	1.22 (1.13, 1.32)	1.49 (1.38, 1.62)	1.78 (1.63, 1.94)	<.0001
Whole-grain products	22,527	1	1.25 (1.15, 1.36)	1.49 (1.37, 1.62)	1.66 (1.52, 1.82)	.0002
Legumes	24,811	1	1.18 (1.09, 1.27)	1.35 (1.25, 1.46)	1.55 (1.44, 1.68)	<.0001
Fats (oil, butter, and margarine)	27,537	1	1.22 (1.13, 1.31)	1.38 (1.28, 1.49)	1.67 (1.54, 1.81)	<.0001
Fatty sweets (including cake, chocolate, ice cream, and pancakes)	27,501	1	1.23 (1.15, 1.33)	1.48 (1.37, 1.60)	1.67 (1.55, 1.81)	<.0001
Non-fatty sweets (including honey, jelly, sugar, and candy)	26,296	1	1.22 (1.13, 1.31)	1.42 (1.32, 1.54)	1.62 (1.49, 1.75)	<.0001
Fast food	26,838	1	1.24 (1.16, 1.33)	1.44 (1.34, 1.55)	1.57 (1.46, 1.69)	.0002
Snacks (including chips and salted biscuits)	25,902	1	1.26 (1.17, 1.36)	1.42 (1.32, 1.53)	1.63 (1.51, 1.76)	<.0001
Dressings and sauces	27,126	1	1.23 (1.15, 1.32)	1.40 (1.30, 1.50)	1.58 (1.47, 1.70)	<.0001
Dairy products and meat substitutes (including soya-based products)	11,382	1	1.19 (1.02, 1.38)	1.36 (1.17, 1.59)	1.51 (1.28, 1.77)	.30
Non-alcoholic beverages	27,552	1	1.20 (1.12, 1.29)	1.44 (1.33, 1.55)	1.72 (1.59, 1.85)	<.0001
Alcoholic beverages	25,417	1	1.21 (1.13, 1.30)	1.40 (1.30, 1.51)	1.59 (1.48, 1.72)	<.0001

^aModel 2: model adjusted on age, gender, education level, occupational status, monthly income per household unit, place of residence, BMI, energy intake, mPNNIS-GS (modified Programme National Nutrition Santé Guideline Score), and total food intake of the food group considered in the model

^badjusted *p*-value for trend (correction for multiple testing with a Hochberg procedure)

Although very little data is available on association between psychological traits and organic consumption, many studies have investigated how psychological traits influence motives behind organic food choices. A large list of motives has been found to predict organic food intake, such as environmental and ethics aspects [2–7, 32, 33], or health, food safety and sensory aspects [2, 4, 6, 8, 9, 32, 33]. Broadly, these motives could be divided into two categories: environmental concerns (considered as altruistic motives), and individual concerns such as health (self-centered motives) [34]. Future time perspective has been shown to lead to a pro-environmental behavior [16] and to more health oriented behaviors [11, 12, 14, 15]. Consideration of future consequences could therefore be a psychological construct predicting organic food consumption through altruistic or self-centered motives (or both), which could explain the higher proportion of organic food consumers among future oriented participants. Significant linear trends showing increases of proportions of organic food intakes among organic food consumers across categories of the CFC strengthened this hypothesis.

Food group differences

Future oriented individuals were more likely to consume organic foods, but strengths of the association varied

depending on the food group. The strongest associations were found for starchy refined foods, fruits and vegetables, and non-alcoholic beverages. No associations were found for seafood, meat, poultry and processed meat, and dairy products and meat substitutes. Specific factors could play an important role and weaken the relationship between time perspective and the consumption of these organic food groups. For example, constraints like price or origin of the product represent important factors in food choices and purchases [35]. Organic products with the highest differences in price between the organic and the conventional version such as meat, poultry and processed meat [36] could be consumed less because the price constraint would be too important [37]. Moreover, differences in the availability across products could also explain these different associations [38]. For example, less available products could be less purchased and less likely to be consumed. Some studies showed that fruits and vegetables intake in the diet was the most popular organic foods in proportion, whereas meat products and fishes were the least popular products [5, 39]. Our results also suggest that the strongest associations were found in the food groups which show or which are thought to have the greatest benefits for the environment or health (or both) when consumed in

Table 4 Adjusted proportions of organic food intake out of total food intake, by food group, among consumers of organic foods

Food groups	n	Categories of consideration of future consequences								Relative difference between Q4-Q1 (%)	P ^a
		Q1		Q2		Q3		Q4			
		mean ^b	SE	mean ^b	SE	mean ^b	SE	mean ^b	SE		
All	25,828	20.39	0.26	22.40	0.25	23.89	0.25	27.12	0.25	33	<.0001
Fruits and vegetables (including juices and soups)	22,921	37.57	0.40	39.56	0.37	41.09	0.37	44.64	0.37	19	<.0001
Seafood	13,491	31.92	0.46	31.94	0.41	31.79	0.41	33.41	0.42	5	0.13
Meat, poultry, and processed meat	19,464	29.34	0.38	30.52	0.35	30.48	0.35	33.16	0.36	13	<.0001
Eggs	20,307	69.32	0.44	69.83	0.41	71.06	0.40	74.22	0.41	7	<.0001
Dairy products	18,936	36.50	0.47	38.16	0.43	40.24	0.43	43.59	0.43	19	<.0001
Starchy refined foods	21,385	34.05	0.42	35.86	0.39	37.47	0.38	41.41	0.38	22	<.0001
Whole-grain products	16,089	53.28	0.54	53.67	0.48	55.56	0.46	59.96	0.46	13	<.0001
Legumes	13,646	56.23	0.57	57.04	0.51	58.38	0.49	62.47	0.47	11	<.0001
Fats (oil, butter, and margarine)	19,635	47.52	0.49	48.40	0.45	51.31	0.44	55.35	0.44	16	<.0001
Fatty sweets (including cake, chocolate, ice cream, and pancakes)	19,000	29.06	0.41	30.56	0.37	31.88	0.36	34.72	0.36	19	<.0001
Non-fatty sweets (including honey, jelly, sugar, and candy)	18,336	52.19	0.49	53.12	0.45	55.05	0.44	58.63	0.44	12	<.0001
Fast food	14,224	32.28	0.49	33.67	0.44	34.09	0.42	37.94	0.42	18	<.0001
Snacks (including chips and salted biscuits)	12,183	41.84	0.57	41.64	0.50	43.74	0.49	47.81	0.47	14	<.0001
Dressings and sauces	15,099	38.79	0.54	40.06	0.49	41.64	0.48	46.18	0.47	19	<.0001
Dairy products and meat substitutes (including soya-based products)	9758	77.45	0.66	77.87	0.60	79.00	0.56	82.39	0.53	6	<.0001
Non-alcoholic beverages	18,487	17.74	0.29	19.21	0.26	19.53	0.26	21.40	0.25	21	<.0001
Alcoholic beverages	14,908	28.41	0.42	28.54	0.38	28.80	0.37	31.20	0.37	10	<.0001

SE standard error

^aadjusted *p*-value for trend (correction for multiple testing with a Hochberg procedure)^badjusted for age, gender, education level, occupational status, monthly income per household unit, place of residence, BMI, energy intake, mPNNS-GS (modified Programme National Nutrition Santé Guideline Score), and total food intake of the food group considered in the model

their organic version compared to their conventional versions, and inversely for some of the weakest associations. Maximum residue level exceedances are higher in conventionally produced products compared to organic products [40].

In addition, among consumers of organic food products, the highest relative differences in proportions of organic intakes between Q4 and Q1 were found for starchy refined foods, non-alcoholic beverages, while the weakest variation were found for dairy products and meat substitutes, and eggs. The strength of the associations found for this analysis was similar to previous results. Similarly, observed differences between food groups could be explained by constraints regarding price, access, and environment, even among organic food consumers [38].

Strengths and limitations

The main strength of this study is its large sample size with subjects of various socio-demographic characteristics which allows controlling for confounding factors

while keeping a reasonable statistical power. Yet, other potential confounders were not taken into account, such as environmental factors and the availability of organic food. The second strength of this study was the use of a semi-quantitative food frequency questionnaire of 264 items which allowed a reliable estimation of usual diet over the previous year for conventional and organic intakes, despite a possibility of overestimation of intakes. The two complementary analyses, on the whole sample, and on organic food consumers specifically, bring more confidence on the relationship between consideration of future consequences and organic food intake. Questions concerning frequency of organic food consumption were not validated and could have led to misestimate the percentages of organic food consumer or proportions of organic food consumption in the diet. However, the estimation of organic food consumers was not substantially modified in a sensitivity analysis assessing the robustness of the scale [24]. In addition, considering that the completion of the Org-FFQ was optional and the long set of

items of the questionnaire, participants with more sustainable food concerns could be more likely to complete it compared to other participants of the cohort. Finally, a high proportion of women and of individuals with a high level of education was included in our analysis, whom have been shown to have greater sustainable consumption [41, 42].

A selection bias could be present because of the method used to recruit participants, which is based on volunteering. The NutriNet-Santé being a cohort focusing on nutrition, its participants are more likely to be interested in nutrition-related issues. Consequently, our subjects may have high health awareness, and a high interest toward organic food and sustainability issues compared to the general population; meaning that percentages of organic food consumers were probably not representative of the general population. Another limitation of this study is its design, which is a cross-sectional analysis within a cohort, and thus does not allow us to assess causality. Moreover, all collected data were self-reported which could have led to measurement errors. The CFC questionnaire has been widely used with health and environmental outcomes. Recent studies reported a two-factor structure of the CFC, distinguishing immediate and future subscales [43]. Even though there is no consensus on the use of the CFC [44], a two-dimension analysis could have added another perspective in our interpretation of the results.

Conclusions

This study showed that consideration of future consequences could be considered as a construct associated with consumption of organic food. For the majority of the assessed food groups, participants with the highest future orientation were more often consumers of organic foods, and when consuming these foods consumed a higher quantity of them. More generally, time perspective could be a personality trait predicting environmental and health concerns, and could be a key psychological factor influencing dietary behaviors and in particular organic food intake. These findings could explain the cognitive process underlying organic food choices and show the importance to take individual's psychological factors into account regarding overall food choices. Promoting the importance of future outcomes and long-term benefits could represent an approach of public health programs aiming at encouraging intake of organic food or more generally health promotion and chronic disease prevention.

Additional file

Additional file 1: Participant flow chart from the NutriNet-Santé cohort study (2014) included in the current analysis. (DOCX 48 kb)

Abbreviations

CFC: Consideration of future consequences; CNIL: Commission Nationale Informatique et Libertés; CU: Consumption unit; IRB: International Research Board of the French Institute for Health and Medical Research; mPNNNS-GS: Modified Programme National Nutrition Santé Guidelines Score; Org-FQ: Organic food frequency questionnaire

Acknowledgements

We thank Younes Esseddik, Thi Duong Van, Frédéric Coffinieres, Mac Rakotondrazafy, Régis Gatibelza and Paul Flanzly (computer scientists); and Nathalie Arnault, Véronique Goulet, Dr. Fabien Szabo, Julien Allegre, Anouar Nechba and Laurent Bourhis (data-manager/biostatisticians) for their technical contribution to the NutriNet-Santé study. We thank all the volunteers of the NutriNet-Santé cohort.

Availability of data and materials

In France, there is a very strict regulation concerning the protection of personal data and privacy making difficult the availability of raw data (even non-nominal data). The data may be subject to collaborations with other research team, in that case, please contact the authors.

Sources of support

This study was supported by the BioNutriNet project. The BioNutriNet-Santé project is a research supported by the French National Research Agency (ANR) in the context of the 2013 Programme de Recherche Systèmes Alimentaires Durables (ANR-13-ALID-0001). The NutriNet-Santé Study is supported by the French Ministry of Health (DGS), the Santé Publique France agency, the French National Institute for Health and Medical Research (INSERM), the French National Institute for Agricultural Research (INRA), the National Conservatory for Arts and Crafts (CNAM), the Medical Research Foundation (FRM), and the University of Paris 13.

This research was part of the FOODPOL project, which was supported by the French National Institute for Agricultural Research (Institut National de la Recherche Agronomique) in the context of the 2013–2017 Metaprogramme "Diet impacts and determinants: Interactions and Transitions".

Authors' contributions

MB conducted the literature review and drafted the manuscript. MB performed analyses. MB, JB, CM, DL, KVG, FE, GR, SH, EK-G, and SP were involved in interpreting results and critically reviewed the manuscript. CM, SH, EK-G, and SP were responsible for developing the design and protocol of the study. MB, JB, CM, DL, KVG, FE, GR, SH. All authors read and approved the final manuscript.

Ethics approval and consent to participate

This study was conducted in accordance with the guidelines of the Declaration of Helsinki, and all procedures were approved by the International Research Board of the French Institute for Health and Medical Research (IRB Inserm n° 0000388FWA00005831) and the Commission Nationale Informatique et Libertés (CNIL n° 908450 and n° 909216). Electronic informed consent was obtained from all participants.

Consent for publication

Not applicable.

Competing interests

The authors declare that they have no competing interests.

Publisher's Note

Springer Nature remains neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

Author details

¹Equipe de Recherche en Épidémiologie Nutritionnelle, Centre de Recherche en Épidémiologie et Statistique Sorbonne Paris Cité, INSERM U1153, INRA U1125, Cnam, Université Paris 13, 74, rue Marcel Cachin, 93017 Bobigny, France. ²INRA, UMR1110 MOISA, F-34000 Montpellier, France. ³Aix Marseille Université, Nutrition Obésité et Risque Thrombotique (NORT), INSERM UMR S 1062, INRA 1260, Marseille, France. ⁴Paris School of Economics and INRA, UMR1393 PJS, 48 Boulevard Jourdan, 75014 Paris, France. ⁵Service d'Endocrinologie, Diabétologie, Maladies Métaboliques, Hôpital Avicenne,

Bobigny, France. ⁶Unité de Surveillance en Épidémiologie Nutritionnelle, Institut de Veille Sanitaire, Université Paris 13, Bobigny, France. ⁷Département de Santé Publique, Hôpital Avicenne, Bobigny, France.

Received: 19 June 2017 Accepted: 19 December 2017

Published online: 05 January 2018

References

- Willer H, Schaack D, Lermoud J. Organic Farming and Market Development in Europe and the European Union. *World Org Agric-Stat Emerg Trends 2017* [Internet]. FIBL and IFOAM-Organics International; 2017. p. 206–243. Available from: <http://orprints.org/31187/>. Accessed 8 Mar 2017.
- Brown E, Dury S, Holdsworth M. Motivations of consumers that use local, organic fruit and vegetable box schemes in Central England and southern France. *Appetite*. 2009;53:183–8.
- Honkanen P, Verplanken B, Olsen SO. Ethical values and motives driving organic food choice. *J Consum Behav*. 2006;5:420–30.
- Lea E, Worsley T. Australians' organic food beliefs, demographics and values. *Br Food J*. 2005;107:855–69.
- Cates L, Cohen M, Braun L. Characteristics and consumption patterns of Australian organic consumers. *J Sci Food Agric*. 2012;92:2782–7.
- Pino G, Peluso AM, Guido G. Determinants of regular and occasional consumers' intentions to buy organic food. *J Consum Aff*. 2012;46:157–69.
- Torjusen H, Lieblein G, Wandel M, Francis CA. Food system orientation and quality perception among consumers and producers of organic food in Hedmark County, Norway. *Food Qual Prefer*. 2001;12:207–16.
- de Magistris T, Gracia A. The decision to buy organic food products in southern Italy. *Br Food J*. 2008;110:929–47.
- Schifferstein HN, Ophuis PAO. Health-related determinants of organic food consumption in the Netherlands. *Food Qual Prefer*. 1998;9:119–33.
- Strathman A, Gleicher F, Boninger DS, Edwards CS. The consideration of future consequences: weighing immediate and distant outcomes of behavior. *J Pers Soc Psychol*. 1994;66:742–52.
- Ouellette JA, Hessling R, Gibbons FX, Reis-Bergan M, Gerrard M. Using images to increase exercise behavior: prototypes versus possible selves. *Personal Soc Psychol Bull*. 2005;31:610–20.
- Adams J, Nettle D. Time perspective, personality and smoking, body mass, and physical activity: an empirical study. *Br J Health Psychol*. 2009;14:83–105.
- Joireman J, Shaffer MJ, Balliet D, Strathman A. Promotion orientation explains why future-oriented people exercise and eat healthy: evidence from the two-factor consideration of future consequences-14 scale. *Personal Soc Psychol Bull*. 2012;38:1272–87.
- Orbell S, Perugini M, Rakow T. Individual differences in sensitivity to health communications: consideration of future consequences. *Health Psychol*. 2004;23:388.
- Crockett RA, Weinman J, Hankins M, Marteau T. Time orientation and health-related behaviour: measurement in general population samples. *Psychol Health*. 2009;24:333–50.
- Milfont TL, Wilson J, Diniz P. Time perspective and environmental engagement: a meta-analysis. *Int J Psychol*. 2012;47:325–34.
- Milfont TL, Gouveia W. Time perspective and values: an exploratory study of their relations to environmental attitudes. *J Environ Psychol*. 2006;26:77–82.
- Ebreo A, Vining J. How similar are recycling and waste reduction? Future orientation and reasons for reducing waste as predictors of self-reported behavior. *Environ Behav*. 2001;33:424–48.
- Corral-Verdugo V, Fraijo-Sing B, Pinheiro JQ. Sustainable behavior and time perspective: present, past, and future orientations and their relationship with water conservation behavior. *Int J Psychol*. 2006;40:139–47.
- De Marchi E, Caputo V, Nayga RM, Banterle A. Time preferences and food choices: evidence from a choice experiment. *Food Policy*. 2016;62:99–109.
- Hercberg S, Castetbon K, Czernichow S, Malon A, Mejean C, Kesse E, et al. The NutriNet-Santé study: a web-based prospective study on the relationship between nutrition and health and determinants of dietary patterns and nutritional status. *BMC Public Health*. 2010;10:242.
- Demarque C, Apostolidis T, Chagnard A, Dany L. Adaptation et validation française de l'échelle de perspective temporelle «Consideration of future consequences»(CFC). *Bull Psychol*. 2010;53:51–60.
- Kesse-Guyot E, Castetbon K, Touvier M, Hercberg S, Galan P. Relative validity and reproducibility of a food frequency questionnaire designed for French adults. *Ann Nutr Metab*. 2010;57:153–62.
- Baudry J, Méjean C, Allès B, Péneau S, Touvier M, Hercberg S, et al. Contribution of organic food to the diet in a large sample of French adults (the NutriNet-Santé cohort study). *Nutrients*. 2015;7:8615–32.
- NutriNet-Santé E. Table de composition des aliments de l'étude NutriNet-Santé (NutriNet-Santé Study Food Composition Database). *Economica*. 2013. <https://www.economica.fr/livre-table-de-composition-des-aliments-etude-nutrinet-sante/fr/49782717865370.cfm>.
- Schofield WN. Predicting basal metabolic rate, new standards and review of previous work. *Hum Nutr Clin Nutr*. 1984;39:5–41.
- INSEE (Institut national de la statistique et des études économiques) [National Institute of Statistics and Economic Studies]. Unités de consommation [consumption units] [Internet]. Available from: <http://www.insee.fr/en/methodes/default.asp?page=definitions/unite-consommation.htm>. Accessed 8 Mar 2017.
- Estaquio C, Kesse-Guyot E, Deschamps V, Bertrai S, Dauchet L, Galan P, et al. Adherence to the French Programme National Nutrition Santé Guideline Score is associated with better nutrient intake and nutritional status. *J Am Diet Assoc*. 2009;109:1031–41.
- Adams J, White M. Time perspective in socioeconomic inequalities in smoking and body mass index. *Health Psychol*. 2009;28:83–90.
- Van Buuren S. Multiple imputation of discrete and continuous data by fully conditional specification. *Stat Methods Med Res*. 2007;16:219–42.
- Peters BR, Joireman J, Ridgway RL. Individual differences in the consideration of future consequences scale correlate with sleep habits, sleep quality, and GPA in university students. *Psychol Rep*. 2005;96:817–24.
- Baudry J, Péneau S, Allès B, Touvier M, Hercberg S, Galan P, et al. Food choice motives when purchasing in organic and conventional consumer clusters: focus on sustainable concerns (the NutriNet-Santé cohort study). *Nutrients*. 2017;9:88.
- Michaelidou N, Hassan LM. The role of health consciousness, food safety concern and ethical identity on attitudes and intentions towards organic food. *Int J Consum Stud*. 2008;32:163–70.
- McEachern M, Seaman C, Padel S, Foster C. Exploring the gap between attitudes and behaviour: understanding why consumers buy or do not buy organic food. *Br Food J*. 2005;107:606–25.
- Hughner RS, McDonagh P, Prothero A, Shultz CJ, Stanton J. Who are organic food consumers? A compilation and review of why people purchase organic food. *J Consum Behav*. 2007;6:94–110.
- Hamm U, Gronefeld F, others. The European market for organic food: revised and updated analysis. *Eur Mark Org Food Revis Updat Anal* [Internet]. 2004; Available from: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20043156600>. Accessed 27 Mar 2017.
- Marian L, Chrysochou P, Kyriakidis A, Thøgersen J. The role of price as a product attribute in the organic food context: an exploration based on actual purchase data. *Food Qual Prefer*. 2014;37:52–60.
- Buder F, Feldmann C, Hamm U. Why regular buyers of organic food still buy many conventional products: product-specific purchase barriers for organic food consumers. *Br Food J*. 2014;116:390–404.
- Baudry J, Touvier M, Allès B, Péneau S, Méjean C, Galan P, et al. Typology of eaters based on conventional and organic food consumption: results from the NutriNet-Santé cohort study. *Br J Nutr*. 2016;116:700–9.
- European Food Safety Authority. The 2014 European Union report on pesticide residues in food. *EFSA J*. 2016;14:nv/a-n/a.
- Panzzone L, Hiron D, Sale L, Cohen D. Socio-demographics, implicit attitudes, explicit attitudes, and sustainable consumption in supermarket shopping. *J Econ Psychol*. 2016;55:77–95.
- Gilg A, Barr S, Ford N. Green consumption or sustainable lifestyles? Identifying the sustainable consumer. *Futures*. 2005;37:481–504.
- Joireman J, Balliet D, Sprott D, Spangenberg E, Schultz J. Consideration of future consequences, ego-depletion, and self-control support for distinguishing between CFC-immediate and CFC-future sub-scales. *Personal Individ Differ*. 2008;45:15–21.
- Joireman J, King S. Individual differences in the consideration of future and (more) immediate consequences: a review and directions for future research. *Soc Personal Psychol Compass*. 2016;10:313–26.

2. Associations entre les préférences temporelles et l'obésité

2.1. Association entre l'impulsivité et l'obésité

Article

Association between Impulsivity and Weight Status in a General Population

Marc Bénard ^{1,*}, Géraldine M. Camilleri ¹, Fabrice Etilé ², Caroline Méjean ^{1,3}, France Bellisle ¹, Gérard Reach ⁴, Serge Hercberg ^{1,5,6} and Sandrine Péneau ^{1,*}

¹ Equipe de Recherche en Epidémiologie Nutritionnelle, Centre de Recherche en Epidémiologie et Statistiques, Université Paris 13, INSERM U1153, INRA U1125, Cnam, COMUE Sorbonne Paris Cité, Bobigny 93017, France; g.camilleri@eren.smbh.univ-paris13.fr (G.M.C.); c.mejean@eren.smbh.univ-paris13.fr (C.M.); f.bellisle@eren.smbh.univ-paris13.fr (F.B.); s.hercberg@eren.smbh.univ-paris13.fr (S.H.)

² Paris School of Economics and INRA, UMR1393 PjSE, 48 Boulevard Jourdan, Paris 75014, France; fabrice.etile@inra.fr

³ INRA MOISA UMR1110, Montpellier 34000, France

⁴ Service d'Endocrinologie, Diabétologie, Maladies Métaboliques, Hôpital Avicenne, Bobigny 93017, France; gerard.reach@aphp.fr

⁵ Unité de Surveillance et d'Epidémiologie Nutritionnelle, Institut de Veille Sanitaire, Université Paris 13, Bobigny 93017, France

⁶ Département de Santé Publique, Hôpital Avicenne, Bobigny 93017, France

* Correspondence: m.benard@eren.smbh.univ-paris13.fr (M.B.); s.peneau@eren.smbh.univ-paris13.fr (S.P.); Tel.: +33-1-4838-8908 (M.B.); +33-1-4838-8972 (S.P.); Fax: +33-1-4838-8931 (M.B. & S.P.)

Received: 6 January 2017; Accepted: 24 February 2017; Published: 1 March 2017

Abstract: The objective of this study is to examine the association between impulsivity and weight status in a large sample of the adult general population in France, and the influence of gender on this relationship. A total of 11,929 men and 39,114 women participating in the NutriNet-Santé cohort were selected in this cross-sectional analysis. The Barratt Impulsiveness Scale (BIS-11) was used to assess impulsivity. Weight and height were self-reported. The association between impulsivity and BMI was estimated using logistic regressions adjusted for socio-demographic and lifestyle factors. Individuals with high impulsivity levels (BIS-11 total score >71) were more likely to be obese (Odds Ratio (OR) = 1.80, 95% Confidence Interval (CI): 1.39, 2.33 in men; OR = 1.30, 95% CI: 1.15, 1.48 in women) compared to individuals in the average range of impulsivity. The strongest associations between impulsivity and obesity were observed in men, where highly impulsive participants were more likely to be class III obese (BMI > 40 kg/m²) (OR = 3.57, 95% CI: 1.86, 6.85). This large sample analysis supports the existence of a relationship between impulsivity and weight status and the importance of psychological factors in the prevention of obesity.

Keywords: impulsivity; overweight; gender

1. Introduction

Overweight and obesity currently represent a major global health burden and are leading public health issues in many countries [1], with associated comorbidities such as cardiovascular disease, type 2 diabetes and cancers [2]. Numerous influences contribute to the development of overweight and obesity, among which psychological and behavioral factors.

Impulsivity is a personality trait that is defined as “a predisposition toward rapid, unplanned reactions to internal or external stimuli without regard to the negative consequences of these reactions to the impulsive individuals or to others” [3]. It is a multidimensional construct measured with

either self-report questionnaires or behavioral tasks [3–5]. The Barratt Impulsiveness Scale Version 11 (BIS-11) [6] is the most often used self-report questionnaire to assess impulsivity.

According to this definition, impulsive individuals could present a tendency to have rapid and unplanned reactions toward food, which could lead to overeating and thus obesity. Findings on the association between impulsivity, as measured by the BIS-11, and weight status, however, are limited and divergent. A study has shown a significant higher impulsivity level among overweight subjects compared to normal weight subjects [7]. However, other studies found no significant difference in impulsivity between obese and normal weight participants [8], and no significant correlation between impulsivity and BMI [9,10]. It must be noted that these previous studies were performed on small and specific samples. Divergences in the characteristics of these samples, such as eating disorders [11] or socio-demographic and lifestyle characteristics, could explain these differences. Studies assessing impulsivity using self-report questionnaires [12–17] other than the BIS-11, or behavioral tasks [18,19] have shown a link with weight status. Impulsive personality has also been associated with a tendency to overeat [4,20–22] and with eating disorders [23–25].

The potential effect of gender on the association between impulsivity and weight status has rarely been investigated, although gender is known to modify the association between personality dimensions and weight status [26].

The aim of this study was to explore the association between impulsivity using the BIS-11 and weight status, in a large sample of the general French population participating in the NutriNet-Santé cohort. Furthermore, we also assessed whether gender could modify this association.

2. Materials and Methods

2.1. Population

This study was conducted as part of the NutriNet-Santé study, which is a large ongoing web-based prospective cohort started in France in May 2009 with approx. 160,000 participants. The rationale, design and methods of the study have been described elsewhere [27]. Its aim is to explore the relationships between nutrition and health, and more precisely cardiovascular diseases, cancers, mortality and the determinants of eating behavior and nutritional status. Participants are adult volunteers (age ≥ 18 years) of the general French population with a follow-up of at least 10 years. At inclusion, participants have to complete several self-reported web-based questionnaires to assess their diet, their physical activity, anthropometric measures, lifestyle characteristics, socioeconomic conditions and health status. Participants complete this set of questionnaires every year after inclusion. Finally, another set of optional questionnaires related to determinants of eating behaviors and nutritional status are sent to every participant each month. This study was conducted in accordance with the Declaration of Helsinki, and all procedures were approved by the International Research Board of the French Institute for Health and Medical Research (IRB Inserm n° 0000388FWA00005831) and the Commission Nationale Informatique et Libertés (CNIL n° 908450 and n° 909216). Electronic informed consent was obtained from all participants.

2.2. Measures

2.2.1. Impulsivity

To assess impulsivity, the French version of the BIS-11 questionnaire (derived from the French version of the BIS-10 questionnaire) [28] was administered to all participants of the NutriNet-Santé study in June 2014 with a maximum answer delay of 6 months. The BIS-11 is the most often used self-report questionnaire to assess impulsivity [29]. It is a 30-item self-report questionnaire [6] developed to assess the personality construct of impulsivity and its 3 aspects: attentional impulsiveness (focusing on the task at hand), motor impulsiveness (acting without thinking) and non-planning impulsiveness (lack of orientation to the future). Each item is measured on a 4-point Likert scale

ranging from “rarely/never” to “almost always/always”. The total score is obtained by summing all the item ratings, offering a possible range from 30 to 120, with higher scores indicating greater impulsivity. In our population, the BIS-11 displayed good internal consistency (Cronbach’s $\alpha = 0.78$). However, the three subscales had relatively low reliability with Cronbach’s α coefficients of 0.58 for the attentional subscale, 0.57 for the motor subscale, and 0.64 for the non-planning subscale. Moreover, confirmatory factor analysis revealed a weak 3-dimension structure of the BIS-11 in our data (Standardized Root-Mean square Residual (SRMR) = 0.07, Adjusted Goodness-of-Fit Index (AGFI) = 0.88, Normed-Fit Index (NFI) = 0.70). Therefore, we only considered the total BIS-11 score in the present study. We divided this score into 3 different categories according to the clinical thresholds proposed by Stanford et al. [29]. Subjects with a BIS-11 total score >71 were considered highly impulsive, those between 52 and 71 were in the average range of impulsivity, and those <52 were defined as over-controlled.

2.2.2. Anthropometry

Self-reported height and weight data were collected each year using a web-based questionnaire. Closest available data after the date of completion of the BIS-11 were used. BMI (kg/m^2) was calculated as the ratio of weight to squared height. According to WHO reference values [1], participants were classified into four different weight statuses following their BMI: underweight ($\text{BMI} < 18.5$), normal ($18.5 \leq \text{BMI} < 25$), overweight ($25 \leq \text{BMI} < 30$), and obese ($\text{BMI} \geq 30$). Obese individuals were further classified into three obese categories: obese class I ($30 \leq \text{BMI} < 35$), obese class II ($35 \leq \text{BMI} < 40$) and obese class III ($\text{BMI} \geq 40$).

2.2.3. Covariates

Potential confounders of the relationship between impulsivity and weight status identified based on the literature were considered: age (18–24 years, 25–39 years, 40–54 years, 55–64 years, ≥ 65 years) [30], education level (primary, secondary, university) [30], smoking status (never smoker, former smoker or current smoker) [31], alcohol intake (g/day) [31], physical activity [32], occupational status (unemployed, student, self-employed and farmer, employee and manual worker, managerial staff and intellectual profession, intermediate professions, retired) [30], monthly income per household unit [30], matrimonial status (living alone, living with a partner, married, divorced or separated or widowed [30]). Physical activity was assessed with a short form of the French version of the International Physical Activity Questionnaire (IPAQ) [33]. Weekly energy expenditure expressed in Metabolic Equivalent of Task (MET-minutes/week) was estimated and three levels of physical activity were constituted (low (<30 min/day), moderate (30–60 min/day), and high (≥ 60 min/day)). Monthly income per household unit was calculated with information about household income and composition. The number of people of the household was converted into a number of consumption units (CU) according to a weighting system: one CU is attributed for the first adult in the household, 0.5 for other persons aged 14 or older and 0.3 for children under 14 [34]. Categories of income were defined as followed: <900, 900–1200, 1200–1800, 1800–2300, 2300–2700, 2700–3700, and >3700 euros per household unit as well as “unwilling to answer”.

2.3. Statistical Analyses

Subjects’ characteristics were compared across gender with Student’s t-tests for continuous variables and chi-square tests for categorical variables. Since the test for the proportional odds assumption was significant ($p < 0.0001$), multinomial logistic regression analyses were performed to assess the association between impulsivity categories and BMI categories (as a 4-level dependent variable with normal weight category as reference). An additional analysis was performed on the three obese categories. The strength of the association was determined by calculating odds ratios (ORs) and 95% confidence intervals (CI). An interaction between impulsivity and gender was examined in the multinomial logistic model. Since this interaction was significant ($p < 0.0001$), all models were stratified

by gender. Two models were tested: a model without adjustment and a model adjusted on covariates. The adjusted model included the following variables: age, education level, smoking status, alcohol intake, physical activity, employment status, monthly income per household unit and matrimonial status. Missing data on covariates were imputed using multiple imputation. The Hochberg method was applied to correct for multiple testing. All tests of statistical significance were 2-sided and significance was set at 5%. Statistical analyses were performed using SAS software (version 9.3, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

3. Results

3.1. Characteristics of the Sample

A total of 51,394 subjects (41%) from the NutriNet-Santé cohort completed the optional BIS-11 questionnaire, from the 125,377 subjects who received it. Among them, 73 participants were excluded because of missing data on weight or height, 15 participants because they presented an acquiescence bias (agreeing to all questions without consideration of reversed items) in answers of the BIS-11, and 263 because they were pregnant, leaving 51,043 participants (11,929 men and 39,114 women) in the final data set. Compared with excluded participants, included participants were older (50.5 years for included participants vs. 42.8 years for excluded participants, $p < 0.0001$), had a higher proportion of men (23.4% vs. 21.8%, $p < 0.0001$) and a higher proportion of individuals with university education (64.2% vs. 58.8%, $p < 0.0001$). The proportion of overweight participants (excluding obesity) was higher (23.2 vs. 21.4%, $p < 0.0001$), while the proportion of obese was lower (9.4% vs. 11.5%, $p < 0.0001$). The percentage of underweight was equal across samples (5.0% vs. 5.2%, $p = 0.068$).

Table 1 shows characteristics of the sample according to gender. Overall, women were younger, had better level of education, more often had never been a smoker, drank less alcohol, had a better level of physical activity, were more active, had lower levels of income in their household, were less often married, and were less overweight compared to men. Women were also found to be significantly more impulsive than men on average, even when adjusting for potential confounders (57.5 for men vs. 59.1 for women).

Table 1. Individual characteristics of 51,043 participants of the NutriNet-Santé study (2014), according to gender.

Variables	All (n = 51,043)	Men (n = 11,929)	Women (n = 39,114)	p ¹
Age (years) ²	50.5 (14.6)	55.9 (14.1)	48.8 (14.3)	<0.0001
Age categories (%)				<0.0001
(18–24)	3.2	1.5	3.8	
(25–39)	23.3	14.8	25.8	
(40–54)	28.8	19.7	30.2	
(55–64)	24.8	23.3	24.8	
65+	19.9	40.6	15.4	
Education level (%)				<0.0001
Primary	2.5	3.1	2.3	
Secondary	30.1	32.4	29.4	
University	67.2	64.4	68.1	
Missing data	0.2	0.1	0.2	
Smoking status (%)				<0.0001
Never smoker	50.8	41.5	53.6	
Former smoker	36.0	46.5	32.8	
Current smoker	13.2	12.0	13.5	
Missing data	<0.1	0.0	<0.1	
Alcohol intake (g/day) ²	7.0 (9.9)	12.6 (14.0)	5.3 (7.4)	<0.0001

Table 1. Cont.

Variables	All (n = 51,043)	Men (n = 11,929)	Women (n = 39,144)	p ¹
Physical activity (%)				<0.0001
Low	35.5	44.7	32.6	
Moderate	41.7	35.8	43.4	
High	22.7	19.3	23.8	
Missing data	0.2	0.1	0.2	
Occupational status (%)				<0.0001
Unemployed	9.6	4.4	11.2	
Student	2.8	1.3	3.2	
Self-employed, farmer	2.0	2.3	1.9	
Employee, manual worker	15.4	8.2	17.7	
Managerial staff, intellectual profession	23.5	26.3	22.7	
Intermediate professions	15.9	10.7	17.5	
Retired	30.8	46.9	25.9	
Missing data	<0.1	<0.1	<0.1	
Monthly income per household unit (%) ³				<0.0001
Less than 900 €	7.1	4.7	7.8	
Between 900 € and 1200 €	4.6	3.4	4.9	
Between 1200 € and 1800 €	21.4	19.7	22.0	
Between 1800 € and 2300 €	15.0	14.1	15.3	
Between 2300 € and 2700 €	10.0	11.3	9.6	
Between 2700 € and 3700 €	16.9	20.3	15.8	
More than 3700 €	12.2	17.4	10.6	
Unwilling to answer	12.2	8.8	13.2	
Missing data	0.7	0.3	0.8	
Matrimonial status (%)				<0.0001
Living alone	13.9	10.7	14.9	
Living with a partner	20.6	16.8	21.7	
Married	53.5	63.9	50.3	
Divorced, separated, widowed	12.0	8.4	13.1	
Missing data	0.1	0.2	0.1	
BMI (kg/m ²) ²	24.0 (4.5)	25.1 (3.8)	23.6 (4.7)	<0.0001
Nutritional status (%)				<0.0001 ⁴
Underweight (<18.5 kg/m ²)	5.0	1.0	6.2	
Normal (18.5–24.99 kg/m ²)	62.4	54.2	64.9	
Overweight (25–29.99 kg/m ²)	23.2	35.1	19.6	
Obese (≥30 kg/m ²)	9.4	9.7	9.3	
Obese Class I (30–34.99 kg/m ²)	6.5	7.5	6.2	
Obese Class II (35–39.99 kg/m ²)	2.0	1.6	2.2	
Obese Class III (≥40 kg/m ²)	0.9	0.6	0.9	
BIS-11 total score ²	58.7 (8.0)	57.6 (8.0)	59.1 (8.0)	<0.0001

Boldface indicates statistical significance; ¹ Adjusted p values for multiple comparisons (Hochberg method) based on the Student's t test and Pearson χ^2 test, as appropriate; ² Mean (SD); ³ The household income per month was calculated by consumption units (CU). The number of people of the household was converted into a number of CU according to a weighting system: one CU is attributed for the first adult in the household, 0.5 for other persons aged 14 or older and 0.3 for children under 14 [34]; ⁴ The test was performed for underweight, normal, overweight and global obesity categories.

3.2. Socio-Demographic, Economic and Lifestyle Factors According to the Level of Impulsivity

Table 2 shows individual characteristics according to the BIS-11 total score and the BIS-11 categories. Mean of the BIS-11 total score for the whole sample was 58.7 (SD = 8.0, range = 31–102). Highly impulsive subjects represented 6.3% of the sample, whereas over-controlled subjects represented 17.8% of the sample. The percentage of highly impulsive subjects was high in younger participants, in women, in participants with a lower level of education, in current smokers, in participants with a low level of physical activity, in unemployed subjects or student, in participants with a low monthly income per household unit and in participants living alone. Moreover, highly impulsive respondents had the highest consumption of alcohol. The percentage of highly impulsive subjects increased with level of overweight/obesity and was highest in class III obesity. Percentage of over-controlled subjects was higher in underweight and normal-weight subjects than in overweight/obese respondents.

Table 2. Individual characteristics of 51,043 participants of the NutriNet-Santé study (2014), according to the BIS-11 total score and its categories, according to gender.

Variables	Whole Sample	p^1	Men ($n = 11,929$)			p^1	Women ($n = 39,144$)			p^1
	BIS-11 Mean (SD)		Over-Control ($n = 2641$)	Average Impulsivity ($n = 8691$)	High Impulsivity ($n = 597$)		Over-Control ($n = 6460$)	Average Impulsivity ($n = 30,051$)	High Impulsivity ($n = 2603$)	
Age (years) ²			55.8 (13.5)	55.9 (14.3)	55.8 (14.6)	0.959	49.0 (13.8)	48.9 (14.3)	48.3 (15.2)	0.18
Age categories (%)		<0.0001				0.02				<0.0001
(18–24)	60.8 (8.4)		16.6	74.3	9.1		11.4	78.1	10.6	
(25–39)	58.8 (7.9)		20.6	74.9	4.5		17.0	76.5	6.6	
(40–54)	58.5 (8.0)		23.9	71.1	5.0		17.1	76.6	6.2	
(55–64)	58.7 (7.9)		23.1	72.2	4.7		16.3	77.4	6.4	
65+	58.8 (8.2)		21.2	73.6	5.3		16.3	76.6	7.1	
Education (%)		<0.0001				<0.0001				<0.0001
Primary	61.5 (8.7)		17.3	70.5	12.2		8.8	77.0	14.1	
Secondary	59.8 (8.3)		19.1	74.2	6.7		14.0	77.0	9.1	
University	58.2 (7.6)		23.9	72.3	3.8		17.9	76.8	5.4	
Smoking status (%)		<0.0001				<0.0001				<0.0001
Never smoker	57.8 (7.8)		26.6	70.1	3.3		19.1	75.9	5.1	
Former smoker	59.3 (8.0)		19.9	74.5	5.6		14.4	77.8	7.7	
Current smoker	60.8 (8.3)		15.6	75.9	8.6		11.5	78.1	10.4	
Alcohol intake (g/day) ²			10.9 (12.9)	13.0 (14.1)	14.5 (15.8)	<0.0001	4.5 (6.7)	5.3 (7.4)	6.6 (9.4)	<0.0001
Physical activity (%)		<0.0001				0.026				<0.0001
Low	59.3 (8.2)		21.7	72.3	6.0		15.7	76.7	7.7	
Moderate	58.7 (7.9)		20.9	74.2	4.9		16.2	77.7	6.2	
High	58.4 (8.0)		23.4	72.0	4.6		17.6	75.9	6.5	
Occupational status (%)		<0.0001				<0.0001				<0.0001
Unemployed	60.9 (8.6)		14.0	76.3	9.7		12.2	76.5	11.3	
Student	60.9 (8.6)		10.7	78.7	10.7		13.4	74.9	11.7	
Self-employed, farmer	59.4 (8.0)		21.0	73.1	5.9		13.0	79.5	7.5	
Employee, manual worker	59.7 (8.0)		17.1	75.5	7.4		14.7	77.7	7.6	
Managerial staff, intellectual profession	57.3 (7.5)		26.9	70.5	2.6		20.2	75.8	4.1	
Intermediate professions	58.3 (7.7)		21.0	73.2	5.7		17.8	77.0	5.3	
Retired	58.7 (8.0)		21.7	73.2	5.1		16.2	77.3	6.5	
Monthly income per household unit (%) ³		<0.0001				<0.0001				<0.0001
Less than 900 €	61.4 (8.8)		16.6	73.0	10.5		11.0	75.8	13.2	
Between 900 € and 1200 €	59.7 (8.1)		16.8	75.8	7.4		15.0	76.6	8.4	
Between 1200 € and 1800 €	59.4 (8.1)		20.4	73.2	6.4		14.2	78.3	7.5	
Between 1800 € and 2300 €	58.9 (7.8)		20.4	74.1	5.5		16.3	77.4	6.2	
Between 2300 € and 2700 €	58.3 (7.8)		21.0	74.7	4.3		18.1	76.5	5.5	
Between 2700 € and 3700 €	57.7 (7.6)		24.4	71.9	3.8		19.0	76.4	4.6	
More than 3700 €	57.3 (7.6)		26.2	70.4	3.4		20.2	75.7	4.1	
Unwilling to answer	58.5 (8.0)		22.6	73.6	3.8		17.7	75.9	6.4	

Table 2. Cont.

Variables	Whole Sample	<i>p</i> ¹	Men (<i>n</i> = 11,929)			<i>p</i> ¹	Women (<i>n</i> = 39,144)			<i>p</i> ¹
	BIS-11 Mean (SD)		Over-Control (<i>n</i> = 2641)	Average Impulsivity (<i>n</i> = 8691)	High Impulsivity (<i>n</i> = 597)		Over-Control (<i>n</i> = 6460)	Average Impulsivity (<i>n</i> = 30,051)	High Impulsivity (<i>n</i> = 2603)	
Matrimonial status (%)		<0.0001				<0.0001				<0.0001
Living alone	60.2 (8.4)		18.4	73.5	8.1		13.0	77.2	9.8	
Living with a partner	59.3 (7.9)		19.1	73.9	7.1		14.5	78.3	7.2	
Married	57.9 (7.8)		24.0	71.9	4.1		19.0	75.8	5.2	
Divorced, separated, widowed	59.7 (8.2)		19.1	73.9	7.1		14.4	77.7	7.9	
BMI (kg/m ²) ²			24.8 (3.6)	25.2 (3.8)	26.3 (4.6)	<0.0001	23.4 (4.5)	23.7 (4.6)	24.3 (5.3)	<0.0001
Nutritional status (%)		<0.0001 ⁴				<0.0001 ⁴				<0.0001 ⁴
Underweight (<18.5 kg/m ²)	58.8 (8.4)		21.3	69.7	9.0		18.7	74.3	7.0	
Normal (18.5–24.99 kg/m ²)	58.5 (7.9)		23.5	72.6	3.9		16.9	77.0	6.0	
Overweight (25–29.99 kg/m ²)	58.9 (8.1)		21.4	72.9	5.7		15.4	77.3	7.3	
Obese (≥30 kg/m ²)	60.0 (8.5)		17.1	74.4	8.5		14.4	76.2	9.4	
Obese Class I (30–34.99 kg/m ²)	59.8 (8.3)		17.1	74.8	8.1		14.2	76.9	8.9	
Obese Class II (35–39.99 kg/m ²)	60.3 (8.6)		17.7	75.3	7.0		15.1	75.0	9.9	
Obese Class III (≥40 kg/m ²)	60.8 (9.1)		15.1	67.1	17.8		13.9	74.4	11.7	

Boldface indicates statistical significance; ¹ Adjusted *p* values for multiple comparisons (Hochberg method) based on the Student's *t* test and Pearson χ^2 test, as appropriate; ² Mean (SD); ³ The household income per month was calculated by consumption units (CU). The number of people of the household was converted into a number of CU according to a weighting system: one CU is attributed for the first adult in the household, 0.5 for other persons aged 14 or older and 0.3 for children under 14 [34]; ⁴ The tests were performed for underweight, normal, overweight and global obesity categories.

3.3. Association between Impulsivity and BMI Categories According to Gender

We observed a significant interaction between gender and impulsivity ($p < 0.0001$). Results of the positive association between impulsivity and BMI stratified by gender are shown in Table 3. In both genders, individuals with high impulsivity level (total BIS-11 score >71) were more likely to be obese. Impulsive men were also more likely to be overweight. The highest OR were observed for class III obesity. For highly impulsive women, associations between impulsivity and the 3 classes of obesity were non-significant. Associations between over-control and weight status were all non-significant.

Table 3. Multinomial logistic regression analyses showing the association between BIS-11 levels and BMI categories (with normal weight category as reference), according to gender in 51,043 participants of the NutriNet-Santé study (2014).

	Over-Control (<52)		Average Impulsivity (52–71)	High Impulsivity (>71)	
	OR (95% CI)	p^1		OR (95% CI)	p^1
Men ($n = 11,929$)					
Raw model ²					
Underweight	0.94 (0.61, 1.47)	0.80	Reference	2.44 (1.29, 4.63)	0.07
Overweight	0.91 (0.83, 1.00)	0.30	Reference	1.47 (1.23, 1.77)	0.0006
Obese	0.86 (0.78, 0.95)	0.0008	Reference	1.58 (1.40, 1.79)	<0.0001
Obese Class I	0.71 (0.59, 0.85)	0.003	Reference	2.05 (1.56, 2.69)	<0.0001
Obese Class II	0.73 (0.50, 1.07)	0.52	Reference	1.75 (0.98, 3.14)	0.36
Obese Class III	0.69 (0.36, 1.34)	0.70	Reference	5.00 (2.68, 9.34)	<0.0001
Adjusted model ^{2,3}					
Underweight	1.05 (0.67, 1.66)	0.90	Reference	1.80 (0.92, 3.51)	0.90
Overweight	0.97 (0.87, 1.06)	0.90	Reference	1.40 (1.16, 1.70)	0.01
Obese	0.80 (0.67, 0.95)	0.16	Reference	1.80 (1.39, 2.33)	0.0002
Obese Class I	0.79 (0.66, 0.96)	0.25	Reference	1.74 (1.31, 2.31)	0.0028
Obese Class II	0.82 (0.55, 1.21)	0.90	Reference	1.42 (0.78, 2.58)	0.90
Obese Class III	0.81 (0.42, 1.57)	0.90	Reference	3.57 (1.86, 6.85)	0.0028
Women ($n = 39,144$)					
Raw model ²					
Underweight	1.15 (1.03, 1.28)	0.13	Reference	1.21 (1.02, 1.43)	0.20
Overweight	0.91 (0.85, 0.98)	0.08	Reference	1.21 (1.09, 1.34)	0.003
Obese	0.71 (0.60, 0.84)	0.031	Reference	2.17 (1.70, 2.77)	<0.0001
Obese Class I	0.84 (0.75, 0.95)	0.052	Reference	1.48 (1.28, 1.72)	<0.0001
Obese Class II	0.91 (0.75, 1.11)	0.70	Reference	1.69 (1.34, 2.13)	0.0002
Obese Class III	0.85 (0.63, 1.15)	0.70	Reference	2.00 (1.44, 2.79)	0.0006
Adjusted model ^{2,3}					
Underweight	1.17 (1.05, 1.31)	0.092	Reference	1.12 (0.95, 1.33)	0.90
Overweight	0.95 (0.88, 1.02)	0.90	Reference	1.13 (1.02, 1.25)	0.31
Obese	0.95 (0.86, 1.05)	0.90	Reference	1.30 (1.15, 1.48)	0.0013
Obese Class I	0.92 (0.81, 1.04)	0.90	Reference	1.26 (1.08, 1.47)	0.058
Obese Class II	1.04 (0.85, 1.26)	0.90	Reference	1.34 (1.05, 1.70)	0.25
Obese Class III	0.98 (0.72, 1.33)	0.90	Reference	1.48 (1.05, 2.08)	0.90

Boldface indicates statistical significance; ¹ Adjusted p values for multiple comparisons (Hochberg method); ² BMI categories are defined as follow: underweight (<18.5 kg/m²), overweight (25–29.99 kg/m²), Obese (≥ 30 kg/m²), (obese Class I (30–34.99 kg/m²), obese Class II (35–39.99 kg/m²), and obese Class III (≥ 40 kg/m²); ³ Adjusted for age, education level, smoking status, daily alcohol intake, physical activity, employment status, monthly household income, and matrimonial status.

4. Discussion

This population-based study showed that impulsive men were more likely to be overweight and obese and impulsive women were more likely to be obese compared to participants with an average level of impulsivity. These associations were particularly strong for obesity and more specifically

for class III obesity in men. Women were more impulsive than men, but the association between impulsivity and weight status was stronger in men.

4.1. Level of Impulsivity According to Socio-Demographic, Economic and Lifestyle Characteristics

The average score of the BIS-11 in our study was consistent with previous studies [29,35]. In agreement with the literature, higher levels of impulsivity were observed in younger participants, [30] low-educated subjects [30], smokers [31], higher alcohol drinkers [31], unemployed subjects and students [30], participants with low income [30] and in participants living alone [30]. Higher levels of impulsivity were also found in subjects with lower physical activity, but the difference was small. Finally, women had significantly greater scores of impulsivity than men, contrasting with previous data showing no differences in impulsivity measured by the BIS-11 according to gender [6,9,29,36]. A meta-analysis [37] found slightly higher levels of impulsivity in men using the BIS-11. However, differences in impulsivity according to gender varied depending on the measure of impulsivity or the factor that was studied.

4.2. Association between Impulsivity Levels and Weight Status

In agreement with our study, impulsivity measured by the BIS-11 was lower in a healthy weight group compared with an overweight group without taking into account potential confounders [7]. However, another study found no difference in impulsivity between obese and normal weight subjects [8]. Other studies reporting correlation coefficients between the BIS-11 (or a short version of the BIS-11) and BMI showed either non-statistically significant correlations [9,10] or weak correlations [16,38,39]. It must be noted that these studies [9,10,16,38,39] were performed on specific populations (generally women and/or students) with a lack of heterogeneity which could alter the association. Studies using other measures of impulsivity, including self-reported personality trait questionnaires [12–15,17], and behavioral measures, such as response inhibition [18] or delay discounting [19,40], found positive associations between impulsivity and weight status.

Impulsivity could indicate a lack of consideration about health consequences when choosing food. Impulsive individuals with a high reward sensitivity will rather favor present benefit and consume foods that give them pleasure [41]. In the literature, impulsive behavior was linked to overeating and preference for sweet and fatty foods [42–44], which could lead to weight gain over time. Impulsivity was related to other eating-behavior facets, for instance emotional eating and external eating [45,46], and mood before eating [47]. Impulsive individuals also tend to exhibit pathological eating behaviors such as binge eating [48], addictive-like consumption of food [49], and other eating disorders [24,25] more often than non-impulsive ones. Impulsive eaters with high dietary restraint were shown to overeat more than non-impulsive high-restrained eaters [22], while another study found no interaction between dietary restraint and impulsivity [50]. Food reward responsivity (FFR) predicted a higher BMI among impulsive individuals compared with non-impulsive individuals [50]. Finally, specific interactions with reward sensitivity, inhibitory control and emotion regulation interactions might also occur [9,41]. These data suggest that impulsive behavior could therefore lead to difficulties in control of food intake and weight management.

In the present study, impulsivity was shown to be strongly associated with severe obesity in men, whereas the association was moderate with overweight. Interestingly, a high prevalence of attention deficit hyperactivity disorder (ADHD)—a disorder characterized by impulsive behavior [38]—was reported among people of extreme obesity [51,52]. ADHD has good correlation with the BIS-11 and is often linked to overeating and overweight [53].

We cannot exclude potential reverse or bi-directional associations. Indeed, weight gain has also been associated to a change in personality and more specifically an increase in impulsivity [54], which could be another explanation for the higher proportion of severely obese men among highly impulsive ones compared with other weight status.

We found no association between an over-controlled personality and weight status. This result differed from a previous study, which found a protective impact of a high level of “conscientiousness” on weight gain [15]. Gerlach defined conscientiousness as a “measure of regulation of internal urges and self-discipline”, which may be a “potential source of control over impulsive reward-oriented behavior” [15]. Another study found a similar result with impulsivity measured with the Revised NEO Personality Inventory, where low impulsiveness was a predictor of underweight three years after the personality assessment [17]. These findings suggest that an over-controlled behavior may lead to over-controlled food consumption, leading, in some cases, to underweight. Even though the associations between high impulsivity and underweight were non-significant in our study, results tended to indicate higher odds of being underweight for impulsive participants.

4.3. Gender Differences

Men were more likely to be overweight or obese than women when they were highly impulsive. To our knowledge, only one study assessed the association between the BIS-11 and weight status stratified by gender. It found an association with BMI in women whereas no association was found in men [55]. Gender was shown to modify the association between psychoticism and extraversion personality dimensions, which are closely linked to impulsivity and weight status [26]. Our data showed stronger associations for severe obesity in both genders, even though these associations were non-significant for women after correction for multiple testing, suggesting a weaker and maybe different relationship with impulsivity. Women generally have a higher concern for their body shape and weight control compared to men, which could inhibit impulsive behaviors towards food. Finally, gender was shown to modify the association between weight status and eating behaviors related to impulsivity such as disinhibition [56], external eating [57] and emotional eating [57,58]. Higher cognitive dietary restraint in women [56] could also explain the weaker relationship between impulsivity and weight status in women. These results emphasize the importance of considering gender when assessing the association between personality traits or behavior and weight status and in prevention strategies.

4.4. Strengths and Limitations

The main strength of this study is its large sample size with subjects of various socio-demographic characteristics and nutritional status, which allows the use of multiple covariates to adjust for confounding factors and confers a great statistical power to detect significant differences among several classes of weight status. This study brings information about the importance of socio-demographic, economic and lifestyle confounding factors, which have rarely been studied when evaluating the association between impulsivity and nutritional status. However, we cannot rule out the possibility that other important confounders, such as individual or environmental factors, were not taken into account. To our knowledge, few studies assessed the association between impulsivity and weight status in men and women separately. One limitation of our study is its cross-sectional design, which does not allow us to assess causality. Another limit is the self-reported anthropometric measures, which could have led to misclassification. However, standardized clinical measurements on a subsample ($n = 2513$) of the NutriNet-Santé cohort showed a good convergence with self-reported data [59]. Our study could also present a selection bias because of the method used to recruit participants, which was based on volunteering. Consequently, our subjects may have high health awareness compared to the global population, and may not be representative of the French population. Considering the multidimensionality of impulsivity as a construct and its various methods of measurement, caution is needed when interpreting and extrapolating our results. The BIS-11 questionnaire is one of the most used self-report measures of impulsivity even though its three subtraits have rarely been explored [29]. In our sample, two out of the three BIS-11 subscales showed insufficient internal consistency, suggesting a low reliability of the questionnaire in our sample in the assessment of impulsivity. However, several

studies showed similar issues [35,60]. Finally, the presence of subjects with psychiatric (e.g., bipolar) or psychological disorders could introduce a bias in our analysis since they have not been excluded [29].

5. Conclusions

These results showed an association between high levels of impulsivity measured by the BIS-11 and weight status, where highly impulsive participants were more likely to be overweight or obese. The strongest associations were found in men and with severe obesity. These findings underline disparities regarding these associations according to gender and weight status, suggesting that the mechanisms of the relationship between weight status and impulsivity could be different for men and women. Future studies should investigate gender differences and take them into account when assessing the relationship between impulsivity and weight status. Our results support the need to consider individual personality traits and characteristics in overweight/obesity prevention and treatment. Strategies such as inhibitory control training or attentional bias modification protocols could represent a way to reduce impulsive behaviors toward food.

Acknowledgments: We thank all the scientists, dietitians, technicians and assistants who helped carry out the NutriNet-Santé study. We especially thank the computer scientists Younes Esseddik, Yasmina Chelgoum, Mohand Ait Oufella, Paul Flarzy and Thi Hong Van Duong; the statisticians Veronique Gourlet, Charlie Ménard, Fabien Szabo, Nathalie Arnault, Laurent Bourhis and Stephen Besseau. We are grateful to the volunteers of the NutriNet-Santé study. The NutriNet-Santé Study is supported by the French Ministry of Health (DGS), the French Institute for Public Health Surveillance (InVS), the French National Institute for Health and Medical Research (INSERM), the French National Institute for Agricultural Research (INRA), the National Conservatory for Arts and Crafts (CNAM), the Medical Research Foundation (FRM), the National Institute for Prevention and Health Education (INPES) and the University of Paris 13. This research was part of the FOODPOL project, which was supported by the French National Institute for Agricultural Research (Institut National de la Recherche Agronomique) in the context of the 2013–2017 Metaprogramme “Diet impacts and determinants: Interactions and Transitions”.

Author Contributions: M.B. conducted the literature review and drafted the manuscript. M.B. performed analyses. M.B., G.M.C., F.E., C.M., F.B., G.R., S.H. and S.P. were involved in interpreting results and critically reviewed the manuscript. C.M., S.H. and S.P. were responsible for developing the design and protocol of the study. All authors read and approved the final manuscript.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest.

References

1. World Health Organization. Obesity: Preventing and managing the global epidemic. Report of a WHO consultation. *World Health Organ. Tech. Rep. Ser.* **2000**, *894*, 1–253.
2. World Health Organization. Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases. *World Health Organ. Tech. Rep. Ser.* **2003**, *916*, 1–149.
3. Moeller, F.G.; Barratt, E.S.; Dougherty, D.M.; Schmitz, J.M.; Swann, A.C. Psychiatric aspects of impulsivity. *Am. J. Psychiatry* **2001**, *158*, 1783–1793. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
4. Guerrieri, R.; Nederkoorn, C.; Jansen, A. The effect of an impulsive personality on overeating and obesity: Current state of affairs. *Psychol. Top.* **2008**, *17*, 265–286.
5. Sharma, L.; Markon, K.E.; Clark, L.A. Toward a theory of distinct types of “impulsive” behaviors: A meta-analysis of self-report and behavioral measures. *Psychol. Bull.* **2014**, *140*, 374–408. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
6. Patton, J.H.; Stanford, M.S.; Barratt, E.S. Factor structure of the Barratt impulsiveness scale. *J. Clin. Psychol.* **1995**, *51*, 768–774. [[CrossRef](#)]
7. Babbs, R.K.; Sun, X.; Felsted, J.; Chouinard-Decorte, F.; Veldhuizen, M.G.; Small, D.M. Decreased caudate response to milkshake is associated with higher body mass index and greater impulsivity. *Physiol. Behav.* **2013**, *121*, 103–111. [[CrossRef](#)]
8. Loeber, S.; Grosshans, M.; Korucuoglu, O.; Vollmert, C.; Vollstädt-Klein, S.; Schneider, S.; Wiers, R.W.; Mann, K.; Kiefer, F. Impairment of inhibitory control in response to food-associated cues and attentional bias of obese participants and normal-weight controls. *Int. J. Obes.* **2012**, *36*, 1334–1339. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]

9. Dietrich, A.; Federbusch, M.; Grellmann, C.; Villringer, A.; Horstmann, A. Body weight status, eating behavior, sensitivity to reward/punishment, and gender: Relationships and interdependencies. *Front. Psychol.* **2014**, *5*, 1073. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
10. Van Koningsbruggen, G.M.; Stroebe, W.; Aarts, H. Successful restrained eating and trait impulsiveness. *Appetite* **2013**, *60*, 81–84. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
11. Schag, K.; Schönleber, J.; Teufel, M.; Zipfel, S.; Giel, K.E. Food-related impulsivity in obesity and Binge Eating Disorder—A systematic review. *Obes. Rev.* **2013**, *14*, 477–495. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
12. Rydén, A.; Sullivan, M.; Torgerson, J.S.; Karlsson, J.; Lindroos, A.K.; Taft, C. Severe obesity and personality: A comparative controlled study of personality traits. *Int. J. Obes.* **2003**, *27*, 1534–1540. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
13. Davis, C.; Fox, J. Sensitivity to reward and body mass index (BMI): Evidence for a non-linear relationship. *Appetite* **2008**, *50*, 43–49. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
14. Mobbs, O.; Crépin, C.; Thiéry, C.; Golay, A.; van der Linden, M. Obesity and the four facets of impulsivity. *Patient Educ. Couns.* **2010**, *79*, 372–377. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
15. Gerlach, G.; Herpertz, S.; Löber, S. Personality traits and obesity: A systematic review. *Obes. Rev.* **2015**, *16*, 32–63. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
16. Meule, A.; Platte, P. Facets of impulsivity interactively predict body fat and binge eating in young women. *Appetite* **2015**, *87*, 352–357. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
17. Terracciano, A.; Sutin, A.R.; McCrae, R.R.; Deiana, B.; Ferrucci, L.; Schlessinger, D.; Uda, M.; Costa, P.T. Facets of personality linked to underweight and overweight. *Psychosom. Med.* **2009**, *71*, 682–689. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
18. Nederkoorn, C.; Smulders, F.T.; Havermans, R.C.; Roefs, A.; Jansen, A. Impulsivity in obese women. *Appetite* **2006**, *47*, 253–256. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
19. Jarmolowicz, D.P.; Cherry, J.B. C.; Reed, D.D.; Bruce, J.M.; Crespi, J.M.; Lusk, J.L.; Bruce, A.S. Robust relation between temporal discounting rates and body mass. *Appetite* **2014**, *78*, 63–67. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
20. Yeomans, M.R.; Leitch, M.; Mobini, S. Impulsivity is associated with the disinhibition but not restraint factor from the Three Factor Eating Questionnaire. *Appetite* **2008**, *50*, 469–476. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
21. Van den Berg, L.; Pieterse, K.; Malik, J.A.; Luman, M.; van Dijk, K.W.; Oosterlaan, J.; Delemarre-van de Waal, H.A. Association between impulsivity, reward responsiveness and body mass index in children. *Int. J. Obes.* **2011**, *35*, 1301–1307. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
22. Jansen, A.; Nederkoorn, C.; van Baak, L.; Keirse, C.; Guerrieri, R.; Havermans, R. High-restrained eaters only overeat when they are also impulsive. *Behav. Res. Ther.* **2009**, *47*, 105–110. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
23. Claes, L.; Vandereycken, W.; Vertommen, H. Impulsivity-related traits in eating disorder patients. *Personal. Individ. Differ.* **2005**, *39*, 739–749. [[CrossRef](#)]
24. Rosval, L.; Steiger, H.; Bruce, K.; Israël, M.; Richardson, J.; Aubut, M. Impulsivity in women with eating disorders: Problem of response inhibition, planning, or attention? *Int. J. Eat. Disord.* **2006**, *39*, 590–593. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
25. Galanti, K.; Gluck, M.E.; Geliebter, A. Test meal intake in obese binge eaters in relation to impulsivity and compulsivity. *Int. J. Eat. Disord.* **2007**, *40*, 727–732. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
26. Faith, M.S.; Flint, J.; Fairburn, C.G.; Goodwin, G.M.; Allison, D.B. Gender differences in the relationship between personality dimensions and relative body weight. *Obes. Res.* **2001**, *9*, 647–650. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
27. Hercberg, S.; Castetbon, K.; Czernichow, S.; Malon, A.; Mejean, C.; Kesse, E.; Touvier, M.; Galan, P. The Nutrinet-Santé Study: A web-based prospective study on the relationship between nutrition and health and determinants of dietary patterns and nutritional status. *BMC Public Health* **2010**, *10*, 242. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
28. Baylé, F.J.; Bourdel, M.C.; Caci, H.; Gorwood, P.; Chignon, J.M.; Adés, J.; Léo, H. Factor analysis of french translation of the Barratt impulsivity scale (BIS-10). *Can. J. Psychiatry Rev. Can. Psychiatr.* **2000**, *45*, 156–165.
29. Stanford, M.S.; Mathias, C.W.; Dougherty, D.M.; Lake, S.L.; Anderson, N.E.; Patton, J.H. Fifty years of the Barratt Impulsiveness Scale: An update and review. *Personal. Individ. Differ.* **2009**, *47*, 385–395. [[CrossRef](#)]
30. Chamorro, J.; Bernardi, S.; Potenza, M.N.; Grant, J.E.; Marsh, R.; Wang, S.; Blanco, C. Impulsivity in the general population: A national study. *J. Psychiatr. Res.* **2012**, *46*, 994–1001. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
31. Granö, N.; Virtanen, M.; Vahtera, J.; Elovainio, M.; Kivimäki, M. Impulsivity as a predictor of smoking and alcohol consumption. *Personal. Individ. Differ.* **2004**, *37*, 1693–1700. [[CrossRef](#)]

32. Joseph, R.J.; Alonso-Alonso, M.; Bond, D.S.; Pascual-Leone, A.; Blackburn, G.L. The neurocognitive connection between physical activity and eating behaviour. *Obes. Rev.* **2011**, *12*, 800–812. [CrossRef] [PubMed]
33. Craig, C.L.; Marshall, A.L.; Sjöström, M.; Bauman, A.E.; Booth, M.L.; Ainsworth, B.E.; Pratt, M.; Ekelund, U.; Yngve, A.; Sallis, J.F.; et al. International physical activity questionnaire: 12-country reliability and validity. *Med. Sci. Sports Exerc.* **2003**, *35*, 1381–1395. [CrossRef] [PubMed]
34. Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques (INSEE). National Institute of Statistics and Economic Studies. Unités de Consommation Consumption Units. Available online: <http://www.insee.fr/en/methodes/default.asp?page=definitions/unite-consommation.htm> (accessed on 25 January 2016).
35. Reise, S.P.; Moore, T.M.; Sabb, F.W.; Brown, A.K.; London, E.D. The Barratt Impulsiveness Scale-11: Reassessment of its structure in a community sample. *Psychol. Assess.* **2013**, *25*, 631–642. [CrossRef] [PubMed]
36. Jasinska, A.J.; Yasuda, M.; Burant, C.F.; Gregor, N.; Khatri, S.; Sweet, M.; Falk, E.B. Impulsivity and inhibitory control deficits are associated with unhealthy eating in young adults. *Appetite* **2012**, *59*, 738–747. [CrossRef] [PubMed]
37. Cross, C.P.; Copping, L.T.; Campbell, A. Sex differences in impulsivity: A meta-analysis. *Psychol. Bull.* **2011**, *137*, 97–130. [CrossRef] [PubMed]
38. Davis, C. Attention-deficit/hyperactivity disorder: Associations with overeating and obesity. *Curr. Psychiatry Rep.* **2010**, *12*, 389–395. [CrossRef] [PubMed]
39. Meule, A. Impulsivity and overeating: A closer look at the subscales of the Barratt Impulsiveness Scale. *Front. Psychol.* **2013**, *4*, 177. [CrossRef] [PubMed]
40. Amlung, M.; Petker, T.; Jackson, J.; Balodis, I.; MacKillop, J. Steep discounting of delayed monetary and food rewards in obesity: A meta-analysis. *Psychol. Med.* **2016**, *46*, 2423–2434. [CrossRef] [PubMed]
41. Dawe, S.; Gullo, M.J.; Loxton, N.J. Reward drive and rash impulsiveness as dimensions of impulsivity: Implications for substance misuse. *Addict. Behav.* **2004**, *29*, 1389–1405. [CrossRef] [PubMed]
42. Davis, C.; Patte, K.; Levitan, R.; Reid, C.; Tweed, S.; Curtis, C. From motivation to behaviour: A model of reward sensitivity, overeating, and food preferences in the risk profile for obesity. *Appetite* **2007**, *48*, 12–19. [CrossRef] [PubMed]
43. Mullan, B.; Allom, V.; Brogan, A.; Kothe, E.; Todd, J. Self-regulation and the intention behaviour gap. Exploring dietary behaviours in university students. *Appetite* **2014**, *73*, 7–14. [CrossRef] [PubMed]
44. Garza, K.B.; Ding, M.; Owensby, J.K.; Zizza, C.A. Impulsivity and fast-food consumption: A cross-sectional study among working adults. *J. Acad. Nutr. Diet.* **2016**, *116*, 61–68. [CrossRef] [PubMed]
45. Hou, R.; Mogg, K.; Bradley, B.P.; Moss-Morris, R.; Peveler, R.; Roefs, A. External eating, impulsivity and attentional bias to food cues. *Appetite* **2011**, *56*, 424–427. [CrossRef] [PubMed]
46. Ebner, D.; Latner, J.; Rosewall, J.; Chisholm, A. Impulsivity in restrained eaters: Emotional and external eating are associated with attentional and motor impulsivity. *Eat. Weight Disord. EWD* **2012**, *17*, e62–e65. [CrossRef] [PubMed]
47. Nasser, J.A.; Gluck, M.E.; Geliebter, A. Impulsivity and test meal intake in obese binge eating women. *Appetite* **2004**, *43*, 303–307. [CrossRef] [PubMed]
48. Racine, S.E.; Culbert, K.M.; Larson, C.L.; Klump, K.L. The possible influence of impulsivity and dietary restraint on associations between serotonin genes and binge eating. *J. Psychiatr. Res.* **2009**, *43*, 1278–1286. [CrossRef] [PubMed]
49. Murphy, C.M.; Stojek, M.K.; MacKillop, J. Interrelationships among impulsive personality traits, food addiction, and Body Mass Index. *Appetite* **2014**, *73*, 45–50. [CrossRef] [PubMed]
50. Price, M.; Higgs, S.; Lee, M. Self-reported eating traits: Underlying components of food responsiveness and dietary restriction are positively related to BMI. *Appetite* **2015**, *95*, 203–210. [CrossRef] [PubMed]
51. Altfas, J.R. Prevalence of attention deficit/hyperactivity disorder among adults in obesity treatment. *BMC Psychiatry* **2002**, *2*, 9. [CrossRef]
52. Agranat-Meged, A.N.; Deitcher, C.; Goldzweig, G.; Leibenson, L.; Stein, M.; Galili-Weisstub, E. Childhood obesity and attention deficit/hyperactivity disorder: A newly described comorbidity in obese hospitalized children. *Int. J. Eat. Disord.* **2005**, *37*, 357–359. [CrossRef] [PubMed]

53. Davis, C.; Levitan, R.D.; Smith, M.; Tweed, S.; Curtis, C. Associations among overeating, overweight, and attention deficit/hyperactivity disorder: A structural equation modelling approach. *Eat. Behav.* **2006**, *7*, 266–274. [CrossRef] [PubMed]
54. Sutin, A.R.; Costa, P.T.; Chan, W.; Milaneschi, Y.; Eaton, W.W.; Zonderman, A.B.; Ferrucci, L.; Terracciano, A. I know not to, but I can't help it: Weight gain and changes in impulsivity-related personality traits. *Psychol. Sci.* **2013**, *24*, 1323–1328. [CrossRef] [PubMed]
55. Bauer, L.O.; Yang, B.-Z.; Houston, R.J.; Kratzler, H.R.; Gelernter, J. GABRA2 genotype, impulsivity, and body mass. *Am. J. Addict.* **2012**, *21*, 404–410. [CrossRef] [PubMed]
56. Provencher, V.; Drapeau, V.; Tremblay, A.; Després, J.-P.; Lemieux, S. Eating behaviors and indexes of body composition in men and women from the Québec family study. *Obes. Res.* **2003**, *11*, 783–792. [CrossRef] [PubMed]
57. Elfhag, K.; Morey, L.C. Personality traits and eating behavior in the obese: Poor self-control in emotional and external eating but personality assets in restrained eating. *Eat. Behav.* **2008**, *9*, 285–293. [CrossRef] [PubMed]
58. Péneau, S.; Ménard, E.; Méjean, C.; Bellisle, F.; Hercberg, S. Sex and dieting modify the association between emotional eating and weight status. *Am. J. Clin. Nutr.* **2013**, *97*, 1307–1313. [CrossRef] [PubMed]
59. Lassale, C.; Péneau, S.; Touvier, M.; Julia, C.; Galan, P.; Hercberg, S.; Kesse-Guyot, E. Validity of web-based self-reported weight and height: Results of the Nutrinet-Santé study. *J. Med. Internet Res.* **2013**, *15*, e152. [CrossRef] [PubMed]
60. Haden, S.C.; Shiva, A. Trait impulsivity in a forensic inpatient sample: An evaluation of the Barratt Impulsiveness Scale. *Behav. Sci. Law* **2008**, *26*, 675–690. [CrossRef] [PubMed]



© 2017 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

2.2. Association entre la perspective temporelle et l'obésité

The association between consideration of future consequences and weight status is mediated by dietary patterns and physical activity

Authors: Marc Bénard¹, Emmanuelle Kesse-Guyot¹, France Bellisle¹, Fabrice Etilé², Gérard Reach³, Serge Hercberg^{1,4}, Sandrine Péneau¹

Names for PubMed indexing: Bénard, Kesse-Guyot, Bellisle, Etilé, Reach, Hercberg, Péneau

¹Nutritional Epidemiology Research Team (EREN), Centre of Research in Epidemiology and Statistics Sorbonne Paris Cité (CRESS), Inserm U1153, Inra U1125, Cnam, Paris 13 University, Bobigny, France²INRA, UMR1110 MOISA, F-34000 Montpellier, France

²Paris School of Economics and INRA, UMR1393 PjSE, 48 Boulevard Jourdan, Paris 75014, France

³Department of Endocrinology, Diabetes and Metabolic Diseases, Avicenne Hospital, Bobigny, France

⁴Public Health Department, Avicenne Hospital, Bobigny, France

Corresponding author:

Marc Bénard
Equipe de Recherche en Epidémiologie Nutritionnelle, Université Paris 13
74, rue Marcel Cachin, 93017 Bobigny, France
E-mail: m.benard@eren.smbh.univ-paris13.fr
Telephone: +33 (0)1 48 38 89 08 / Fax: +33 (0)1 48 38 89 31

Sources of support: The NutriNet-Santé Study is supported by the French Ministry of Health (DGS), the Santé Publique France agency, the French National Institute for Health and Medical Research (INSERM), the French National Institute for Agricultural Research (INRA), the National Conservatory for Arts and Crafts (CNAM), the Medical Research Foundation (FRM), and the University of Paris 13. This research was part of the FOODPOL project, which was supported by the

French National Institute for Agricultural Research (Institut National de la Recherche Agronomique) in the context of the 2013-2017 Metaprogramme “Diet impacts and determinants: Interactions and Transitions”.

Running title: Time perspective and Weight Status

Keywords: Consideration of Future Consequences, Obesity, Psychology

Abbreviations: CFC, Consideration of Future Consequences; mPNNS-GS, modified Programme National Nutrition Santé - Guideline Score; IRB, Institute for Health and Medical Research; CNIL, Commission Nationale de l’Informatique et des Libertés ; CU, Consumption Unit; OECD, Organization for Economic Cooperation and Development.

Word count in abstract: 304

Number of tables: 4

Number of figures: 1

ABSTRACT

Background: Consideration of future consequences (CFC) is a psychological construct which distinguishes individuals with a future-oriented behavior from individuals who place higher values on immediate needs. A few studies have explored the association between CFC and weight status. However, no study has explored potential mediators of this relationship such as dietary patterns and physical activity.

Objective: To analyze the association between CFC and weight status, as well as the mediating role of dietary patterns and physical activity on this relationship.

Design: A total of 31,550 adults from the NutriNet-Santé cohort study were selected in this study. Participants completed the consideration of future consequences questionnaire and at least three self-administered 24-h dietary records. Two dietary patterns were derived using principal component analysis. Physical activity was assessed as weekly energy expenditure using the International Physical Activity Questionnaire. Weight and height were self-reported each year over a 3 year period. A logistic regression model was used to study the cross-sectional analysis between CFC and weight status, and a latent growth curve model was performed to study the longitudinal association between CFC and repeated measures of BMI, as well as the mediation effects of dietary pattern scores and physical activity.

Results: CFC was negatively associated with BMI (Direct effect = -0.45 kg/m^2 (95% CI: $-0.54, -0.37$)), but was not associated with BMI change per year. CFC was positively associated with a “healthy” dietary pattern ($r = 0.13, P < 0.05$) and physical activity ($r = 0.04, P < 0.05$), and negatively associated with a “western” dietary pattern ($r = -0.08, P < 0.05$). Overall, 35% of the relationship between CFC and BMI was mediated by dietary patterns (13% by a healthy dietary pattern and 17% by a western dietary pattern) and physical activity (5%).

Conclusions: CFC was positively linked with a healthy lifestyle leading to a lower BMI.

INTRODUCTION

Obesity has been associated with several comorbidities such as cardiovascular disease, type 2 diabetes and cancers (1) and has become a major concern of public health (2). Psychological and behavioral constructs represent fundamental aspects regarding the determinants of obesity (3). Of particular interest is the concept of consideration of future consequences (CFC) which is a psychological construct distinguishing individual who adopt behaviors based on immediate needs and concerns from individuals who consider the future implication and consequences of their behavior (4). CFC could impact obesity through perceived consequences of one's eating decisions and behavior (5). For example, a person with a high level of CFC would present a higher awareness regarding the long-term benefits of his/her food decisions, leading that person to eat healthier.

A limited number of cross-sectional analyses have established a link between CFC and weight status (6–8), showing that future oriented individuals had a lower body mass index (BMI) in average. However, to our knowledge this association has not been investigated prospectively. CFC has been associated with several factors that could account for the association between CFC and BMI. Previous research found positive associations between CFC, self-perceived healthy eating behaviors (9–12) and self-perceived benefit of healthy eating (13); as well as a negative association between CFC, fast-food consumption (14) and alcohol consumption (4,15,16). In addition, a high level of CFC was linked to several aspects of health behaviors such as exercising more (9,10) and smoking less (7,17).

Dietary patterns, such as western eating patterns which are characterized by high dietary fat/sugar and low fruits and vegetables consumption (18), and physical activity represent major determinants of obesity (19). These factors could be the main mediating effects of the relationship between CFC and BMI. However, no study has assessed the mediating role of dietary patterns and physical activity on this relationship. Sociodemographic characteristics are also important

confounders since CFC has been shown to mediate the association between socio-economic position and BMI (6).

The purpose of the present study was to analyze the longitudinal association between CFC and repeated measures of body mass index, and the mediating role of dietary patterns and physical activity in a large sample of the general French population from the NutriNet-Santé study.

METHODS

Population

This study was conducted as part of the NutriNet-Santé study, which is a large ongoing web-based prospective cohort started in France in May 2009. The rationale, design and methods of the study have been described elsewhere (20). Its overall aim is to explore the relationships between nutrition and health, as well as the determinants of eating behavior and nutritional status. Participants are adult volunteers (age ≥ 18 years) of the general French population. At inclusion, participants have to complete several web-based questionnaires to assess their diet, physical activity, anthropometric measures, lifestyle characteristics, socioeconomic conditions and health status. Participants then complete this same set of questionnaires every year after inclusion. Another set of optional questionnaires related to determinants of eating behaviors, nutritional status, and specific health-related aspects are sent to every participant each month.

This study was conducted in accordance with the guidelines of the Declaration of Helsinki, and all procedures were approved by the International Research Board of the French Institute for Health and Medical Research (IRB Inserm n° 0000388FWA00005831) and the Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés (CNIL n° 908450 and n° 909216). Electronic informed consent was obtained from all participants. The study was registered at clinicaltrials.org (Clinical Trial no. NCT03335644).

Data collection

Consideration of Future Consequences

Consideration of Future Consequences was assessed with the French version of the CFC-12 questionnaire (21) completed from June to November 2014. The CFC-12 is a 12-item self-report questionnaire (4) developed to measure the extent to which individuals consider distant versus immediate consequences of their behavior. Each item is measured on a 5-point Likert scale ranging from “extremely uncharacteristic” to “extremely characteristic”. An example of the items of the CFC-12 is as follows: I consider how things might be in the future, and try to influence those things with my day to day behavior. The total score is obtained by summing all the item ratings and by dividing the result by 12 for a final score ranging from 1 to 5 (higher scores indicating greater consideration of future consequences). Good internal consistency was obtained in our sample with a Cronbach’s α of 0.79.

Anthropometric measures

Self-reported height and weight data were collected each year using a web-based questionnaire. BMI (kg/m^2) was calculated as the ratio of weight to squared height. We used BMI data from the completion of the CFC-12 (baseline BMI) to the last available data in the NutriNet-Santé cohort, representing up to 4 follow-up points per participant, covering a maximum 3-year period. BMI change per year ($\text{kg}/\text{m}^2/\text{y}$) was calculated as BMI at the end of the follow-up minus baseline BMI divided by the duration of the follow-up. According to WHO reference values (22), participants were classified into four different weight statuses following their BMI: underweight ($\text{BMI} < 18.5$), normal ($18.5 \leq \text{BMI} < 25$), overweight ($25 \leq \text{BMI} < 30$), and obese ($\text{BMI} \geq 30$).

Assessment of dietary intake

We selected participants who completed at least three dietary records between the 2 years preceding and the 2 years following the completion of the CFC-12 questionnaire. The dietary record is completed by using an interactive interface and is designed for self-administration on the Internet (23). Participants report all foods and beverages consumed at breakfast, lunch, dinner, and other eating occasions. They estimate the amounts eaten using standard measurements or using validated photographs (24). These photographs represent > 250 foods (corresponding to 1,000 generic foods). Participants can choose among 7 portion sizes for most food products: 3 main portion sizes plus 2 intermediate and 2 extreme sizes. The participants cannot submit the record if no estimate for each food or beverage previously listed is provided. Nutrient intakes are estimated by using the published NutriNet-Santé food composition table including > 2,000 foods (25). Mean daily food intake (in grams per day) is weighted for the type of day of the week (weekday or weekend). Participants with unlikely estimates of energy intake were identified as under-reporters by using the method proposed by Black (26). Briefly, basal metabolic rate was calculated according to age, gender, weight and height using Schofield's equations (27). Energy requirement was based on basal metabolic rate and physical activity level. The ratio between energy intake and estimated energy requirement was calculated and individuals with ratios below Goldberg cut-off were excluded (28). This method has been validated in the NutriNet-Santé cohort in a previous study (29). For the present study, we defined 25 food groups: fruit; dried fruits; vegetables; legumes; potatoes; other tubers; starchy refined foods; whole-grain foods; cereals; oil; butter and margarine; dressings and sauces; seafood (e.g. fish and shellfish); meat and poultry; processed meat; eggs; dairy products (e.g. milk, yogurts with less than 12% of added sugar); cheese; sugary and fatty foods (e.g. cakes, chocolate, ice cream, pancakes, desserts); sugars and confectionery (e.g. honey, jelly, sugar, candy); appetizers (e.g. crisps, salted biscuits); oilseeds and oleaginous fruits; non-alcoholic beverages (excluding water); sodas; alcoholic beverages.

Physical activity

Physical activity was assessed each year using a short form of the French version of the International Physical Activity Questionnaire (IPAQ) (30). Participants self-reported the number of days and the time spent on vigorous and moderate physical activities, as well as walking per week. Total weekly physical activity was weighted according to each activity category by a MET (Metabolic Equivalent of Task) energy expenditure. For vigorous activities, 8 MET was attributed, 4 MET was attributed for moderate activities, and 3.3 for walking. Weighted estimate of total physical activity was expressed in MET-minutes per week ($\text{MET}\cdot\text{min}\cdot\text{week}^{-1}$) and was calculated as the sum of duration \times frequency per week \times MET intensity across each activity category. The average physical activity from the completion of the CFC-12 questionnaire and the end of the follow-up period was used for each participant.

Covariates

Potential confounders of the relationship between CFC and BMI were provided yearly by the participants after their inclusion. Data were selected based on the latest available data to the date of completion of the CFC-12: age (years), gender, education level (primary, secondary, undergraduate, and postgraduate), occupational status (unemployed, student, self-employed and farmer, employee and manual worker, managerial staff and intellectual profession, intermediate profession, and retired), and monthly income per household unit. Monthly income per household unit was calculated using information about income and household composition. The number of people in the household was converted into a number of consumption units (CU) according to the OECD (Organization for Economic Cooperation and Development) equivalence scale: one CU is attributed for the first adult in the household, 0.5 for other persons aged 14 or older and 0.3 for children under 14 (31). Categories of income were defined as followed: $< 1,200$; $1,200-1,799$; $1,800-2,299$; $2,300-2,699$; $2,700-3,699$; and $> 3,700$ euros per household unit as well as “unwilling to answer”. In addition, diet history was

collected as a time-varying covariate with four binary measures of the following question: “Did you try to lose weight during the last year? Yes/No”.

Statistical analysis

A total of 51,394 participants of the NutriNet-Santé cohort study completed the CFC-12 questionnaire. Among them, 439 participants presented an acquiescence bias (agreeing to all questions without consideration of reversed items), 5,727 participants did not report anthropometric measures during the period of follow-up, 448 participants were excluded because they were pregnant, 12,865 participants did not complete at least three dietary records, and 365 participants did not complete the IPAQ questionnaire, leaving 31,550 participants in the final sample. Compared with excluded participants (the 19,405 participants who only completed the CFC-12 questionnaire), included individuals were older, had a higher proportion of women, had a higher proportion of individuals with university education, and had a lower body mass index (all P values < 0.0001).

Relationships between CFC and individual characteristics were described with Pearson correlations for continuous variables and linear regressions for categorical variables. Dietary patterns were obtained using principal component analysis on the correlation matrix of the 25 food groups, with a varimax rotation applied to the loadings. Two principal components representing two independent dietary patterns were identified according to their loadings, interpretability and percentage of variance explained. Component scores were then used as continuous variables to represent the identified dietary patterns. The association between CFC and BMI was first explored with multinomial logistic regression models between CFC (as a continuous independent variable) and baseline weight status (as a 4-level dependent variable). These analyses were performed with and without the following confounding variables: gender, age, education level, occupational status, and monthly income per household. Then, the association between CFC and repeated measures of BMI was approached with latent growth curve modelling (32), which is an application of structural

equation modelling for longitudinal data analysis (33). Random intercepts and slope were modelled as latent growth factors based on the four repeated measures of BMI with fixed coefficients (fixed to 1 for the intercept growth factor, and fixed to -3, -2, -1, and 0 for the linear slope growth factor), see **Figure 1**. Fixing the fourth BMI measure to 0 modifies the interpretation of the results for the mean and variance of the intercept growth factor (34). In addition, a multiple mediation analysis was integrated within the latent growth curve model to assess the indirect effects of dietary patterns and physical activity on the relationship between CFC and BMI. The estimation of mediation effects was based on the significance of the indirect effects with 95% confidence intervals. Confidence intervals were based on bias corrected bootstrapping (n = 5,000). Effect size for mediation was calculated as a ratio of the indirect effect to the total effect, multiplied by 100 (only when the total effect was significant). The model was fit with the maximum likelihood estimator. CFC, mediators and latent variables were adjusted for gender, age, age squared, education level, occupational status, monthly income per household unit. In addition, mediators and latent variables were adjusted on energy intake and height. Finally, BMI measures were adjusted on time-varying diet history.

Missing data were handled with full information maximum likelihood. All tests of statistical significance were 2-sided and significance was set at 5%. Statistical analyses were performed using the lavaan package (version 0-5-22)(35) of the R software.

RESULTS

Description of the population

Table 1 shows relationships between individual characteristics of the participants and CFC. CFC was negatively correlated with age, physical activity and baseline BMI, and positively correlated with energy intake and BMI change. CFC scores were higher in men, in participants with a higher level of education, in participants with a managerial or intellectual profession or students, and in participants

with a higher monthly income. Approximately, a third of the sample was overweight or obese at baseline.

Dietary patterns characteristics

Results of the principal component analysis used to derive dietary patterns are described in **Table 2**. The first component was labelled as “healthy” because it had high positive loadings (> 0.30) for fruits; dried fruits; vegetables; legumes; whole-grain foods; oil; oilseeds and oleaginous fruits; and non-alcoholic beverages; as well as low factor loadings (< -0.30) for sugary and fatty foods and sodas. The second dietary component was labelled as “unhealthy” because it had high positive loadings for potatoes; starchy refined foods; butter and margarine; dressings and sauces; meat and poultry; processed meat; cheese; and alcoholic beverages; as well as low factor loadings for cereals.

Association between CFC, BMI and BMI change

The association between CFC and baseline weight status is described in **Table 3**. CFC was negatively associated with the odds of being overweight or obese compared to normal range of BMI. Schema of the longitudinal association between CFC and BMI using a latent growth curve model is presented in Figure 1 and results of this model are presented in **Table 4**. The intercept of the growth factor was 26.8 kg/m² (fourth BMI measure), and the linear BMI change per year was significant and corresponded to 0.061 kg/m²/y (95% CI: 0.016, 0.109). Overall, CFC was negatively associated with the BMI intercept with or without considering mediator variables. Results showed that CFC was not associated with BMI change per year (direct and total effects were non-significant).

Mediation effects of dietary patterns and physical activity

Table 4 shows the results of the latent growth curve model. Results indicate that CFC was positively associated with the healthy dietary pattern and physical activity, and negatively associated with the unhealthy dietary pattern. Healthy dietary pattern and physical activity were negatively associated

with BMI, whereas Western dietary pattern was positively associated with BMI. Healthy dietary pattern, Western dietary pattern, and physical activity mediated the effect of CFC on BMI with a total percentage mediated of 35%. Compared to dietary patterns, physical activity contributed less to the overall mediation effect. Concerning BMI change, total and direct effects of CFC on BMI change were non-significant, while total indirect effect was significant considering confidence intervals. However, taken individually, dietary patterns and physical activity did not mediate the relationship between CFC and BMI change.

DISCUSSION

In the present study, CFC was negatively associated with BMI. However, CFC was not associated with BMI change per year. CFC was positively associated with healthy dietary pattern and physical activity, and negatively associated with Western dietary pattern. Overall, dietary patterns and physical activity were significant mediators of the relationship between CFC and BMI.

Association between CFC, BMI and BMI change

In agreement with previous research (6–8,36), CFC was negatively associated with BMI. Individuals with a high level of CFC are more likely to adopt a behavior that will lead to positive outcomes (5). This observation remained after dietary patterns and physical activity were considered as mediators. High levels of CFC correspond to future-oriented behaviors where distant goals are prioritized over immediate needs. CFC has previously been correlated with psychological traits such as conscientiousness (4,15), impulsivity and sensation seeking (37), delay of gratification (4), delay discounting (15,38,39), and self-control (38,40). All these traits have been associated with weight status in the expected direction (41–45). However, more research is needed to clarify the underlying mechanisms of CFC (5).

In the present study, participants had a significant positive BMI change per year. We showed no direct association between CFC and BMI change. Only the total indirect effect between CFC and BMI through dietary patterns and physical activity was significant, although the difference was marginal. There is no previous data in the literature assessing the relationship between CFC and BMI change. It is possible that the short period of follow-up does not allow us to find a meaningful change.

Association between CFC, dietary patterns and physical activity

Confirming our hypotheses, CFC was positively correlated with healthy dietary pattern and negatively associated with western dietary pattern. In agreement, in the literature, individuals high in CFC were more likely to self-report healthy eating (9–12) and less likely to eat fast-food (14) or to drink alcohol (4,15,16). In addition, CFC was positively correlated with physical activity, even though the effect size was relatively small and was likely to be significant due to the sample size. One previous study found no association between CFC and physical activity (6), whereas another study found a significant association between CFC and self-reported exercising behavior (10), and between CFC and intentions to exercise (9). CFC was also associated with several healthy behaviors such as getting tested for diabetes (46), higher intentions to get screened for colorectal cancer (47), and smoking less (15). Future-oriented individuals are expected to align their current behavior in agreement with the perceived consequences of their decisions. However, intentions do not necessarily translate into behaviors. Regarding exercising, participants may express higher intentions to exercise without necessarily engaging into more physical activity.

Indirect effects of dietary patterns and physical activity

Healthy dietary patterns, western dietary patterns and to a lesser extent physical activity mediated the relationship between CFC and BMI, but dietary patterns were the major mediators of this relationship. As previously discussed, CFC was associated with these mediators, and in turn, these mediators were associated with BMI. Healthy dietary pattern and physical activity were negatively correlated with

BMI, and western dietary pattern was positively correlated with BMI. These results suggest that individuals with a high CFC would be more likely to make healthier food choices and to exercise more, leading to a lower BMI in average. However, the association between CFC and BMI was not fully mediated, and other mechanisms could also explain this negative association. For example, CFC was found associated with sleep habits (Peters 2014), which is also an important determinant of weight status (Cappuccio et al. 2008). Other unidentified behaviors associated with CFC could be significant mediators.

Strengths and limitations

The main strength of this study is its large sample size with subjects of various socio-demographic characteristics and nutritional status, which allows the use of multiple covariates to adjust for confounding factors. One limitation of our study is its observational design which does not allow us to assess causality. The use of the structural equation modelling framework represents a flexible tool to decompose the relationship between CFC and BMI by considering multiple mediators operating in parallel in a longitudinal analysis. However, it relies on the exactness of the specified relationships. Other important confounders or mediators could also be missing. Another limit is the self-reported anthropometric measures, which could have led to measurement errors, but standardized clinical measurements on a subsample (n = 2,513) of the NutriNet-Santé cohort showed a good convergence with self-reported data (29). Our study could also present a selection bias because of the method used to recruit participants, which was based on volunteering. Consequently, our subjects may have high health awareness compared to the global population, and may not be representative of the French population. The CFC questionnaire has been widely used with health and environmental outcomes (5). Recent studies reported a two-factor structure of the CFC, distinguishing immediate and future subscales. Even though there is no consensus on the use of the CFC, a two-dimension analysis could have added another perspective in our interpretation of the results.

CONCLUSIONS

This study showed a detailed analysis of the relationships between CFC, dietary patterns, physical activity and BMI. CFC was positively associated with healthy dietary pattern and physical activity and negatively associated with western dietary pattern. In addition, CFC was negatively associated with BMI and this relationship was partially mediated by dietary patterns and physical activity. Finally, CFC was not associated with BMI change. Successful interventions aiming to influence individual's CFC could represent major benefit regarding healthy behaviors such as healthy eating and weight status. However, more studies are needed to understand the underlying mechanisms of CFC as well as the determinants of CFC change.

ACKNOWLEDGEMENTS

We thank Younes Esseddik, Thi Duong Van, Frédéric Coffinieres, Mac Rakotondrazafy, Régis Gatibelza and Paul Flanzy (computer scientists); and Nathalie Arnault, Véronique Gourlet, Dr. Fabien Szabo, Julien Allegre, Anouar Nechba and Laurent Bourhis (data-manager/biostatisticians) for their technical contribution to the NutriNet-Santé study. We thank all the volunteers of the NutriNet-Santé cohort. M.B. conducted the literature review and drafted the manuscript. M.B. performed analyses. M.B., E.K.-G., F.B., F.E., G.R., S.H., and S.P. were involved in interpreting results and critically reviewed the manuscript. E.K.-G., S.H., and S.P. were responsible for developing the design and protocol of the study. M.B., E.K.-G., F.B., F.E., G.R., S.H., and S.P report no conflict of interest.

REFERENCES

1. WHO. Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases. Geneva World Health Organ [Internet]. 1990 [cited 2015 Aug 21];
2. Obesity: preventing and managing the global epidemic. Report of a WHO consultation. World Health Organ TechRepSer. 2000;894:i-253.
3. Canetti L, Berry EM, Elizur Y. Psychosocial predictors of weight loss and psychological adjustment following bariatric surgery and a weight-loss program: The mediating role of emotional eating. *Int J Eat Disord*. 2009;42:109–117.
4. Strathman A, Gleicher F, Boninger DS, Edwards CS. The consideration of future consequences: Weighing immediate and distant outcomes of behavior. *J Pers Soc Psychol*. 1994;66:742–52.
5. Joireman J, King S. Individual differences in the consideration of future and (more) immediate consequences: A review and directions for future research. *Soc Personal Psychol Compass*. 2016;10:313–326.
6. Adams J, Nettle D. Time perspective, personality and smoking, body mass, and physical activity: An empirical study. *Br J Health Psychol*. 2009;14:83–105.
7. Adams J. Consideration of immediate and future consequences, smoking status, and body mass index. *Health Psychol*. 2012;31:260.
8. Sweeney AM, Culcea I. Does a future-oriented temporal perspective relate to body mass index, eating, and exercise? A meta-analysis. *Appetite*. 2017;112:272–285.
9. Joireman J, Shaffer MJ, Balliet D, Strathman A. Promotion orientation explains why future-oriented people exercise and eat healthy evidence from the two-factor consideration of future consequences-14 scale. *Pers Soc Psychol Bull*. 2012;38:1272–1287.
10. van Beek J, Antonides G, Handgraaf MJ. Eat now, exercise later: The relation between consideration of immediate and future consequences and healthy behavior. *Personal Individ Differ*. 2013;54:785–791.
11. Dassen FC, Houben K, Jansen A. Time orientation and eating behavior: Unhealthy eaters consider immediate consequences, while healthy eaters focus on future health. *Appetite*. 2015;91:13–19.
12. Piko BF, Brassai L. The Role of Individual and Familial Protective Factors in Adolescents' Diet Control. *J Health Psychol*. 2009;14:810–9.
13. Orji R, Vassileva J, Mandryk R. Towards an effective health interventions design: an extension of the health belief model. *Online J Public Health Inform*. 2012;4.
14. Dunn KI, Mohr P, Wilson CJ, Wittert GA. Determinants of fast-food consumption. An application of the theory of planned behaviour. *Appetite*. 2011;57:349–357.
15. Daugherty JR, Brase GL. Taking time to be healthy: Predicting health behaviors with delay discounting and time perspective. *Personal Individ Differ*. 2010;48:202–7.

16. Beenstock J, Adams J, White M. The association between time perspective and alcohol consumption in university students: cross-sectional study. *Eur J Public Health*. 2010;21:438–443.
17. Kovač VB, Rise J. The relation between past behavior, intention, planning, and quitting smoking: The moderating effect of future orientation. *J Appl Biobehav Res*. 2007;12:82–100.
18. van Dam RM, Rimm EB, Willett WC, Stampfer MJ, Hu FB. Dietary patterns and risk for type 2 diabetes mellitus in US men. *Ann Intern Med*. 2002;136:201–209.
19. Popkin BM, Gordon-Larsen P. The nutrition transition: worldwide obesity dynamics and their determinants. *Int J Obes*. 2004;28:S2.
20. Hercberg S, Castetbon K, Czernichow S, Malon A, Méjean C, Kesse E, Touvier M, Galan P. The Nutrinet-Sante Study: a web-based prospective study on the relationship between nutrition and health and determinants of dietary patterns and nutritional status. *BMC Public Health*. 2010;10:242.
21. Demarque C, Apostolidis T, Chagnard A, Dany L. Adaptation et validation française de l'échelle de perspective temporelle «Consideration of future consequences»(CFC). *Bull Psychol*. 2010;351–360.
22. WHO. Obesity: preventing and managing the global epidemic [Internet]. World Health Organization; 2000 [cited 2016 Jan 25]. Available from:
23. Touvier M, Kesse-Guyot E, Méjean C, Pollet C, Malon A, Castetbon K, Hercberg S. Comparison between an interactive web-based self-administered 24 h dietary record and an interview by a dietitian for large-scale epidemiological studies. *Br J Nutr*. 2011;105:1055–1064.
24. Le Moullec N, Deheeger M, Preziosi P, Monteiro P, Valeix P, Rolland-Cachera MF, Potier de Courcy G, Christides JP, Cherouvrier F, Galan P, et al. Validation of the photo manual used for the collection of dietary data in the SU. VI. MAX. study. *Cah Nutr Diet*. 1996;31:158–164.
25. Nutrinet-Santé E. Table de composition des aliments de l'étude Nutrinet-Santé. Paris Econ. 2013;
26. Black AE. Critical evaluation of energy intake using the Goldberg cut-off for energy intake: basal metabolic rate. A practical guide to its calculation, use and limitations. *Int J Obes*. 2000;24:1119.
27. Schofield WN. Predicting basal metabolic rate, new standards and review of previous work. *Hum Nutr Clin Nutr*. 1984;39:5–41.
28. Goldberg GR, Black AE, Jebb SA, Cole TJ, Murgatroyd PR, Coward WA, Prentice AM. Critical evaluation of energy intake data using fundamental principles of energy physiology: 1. Derivation of cut-off limits to identify under-recording. *Eur J Clin Nutr*. 1991;45:569–581.
29. Lassale C, Péneau S, Touvier M, Julia C, Galan P, Hercberg S, Kesse-Guyot E. Validity of web-based self-reported weight and height: results of the Nutrinet-Santé study. *J Med Internet Res*. 2013;15.

30. Craig CL, Marshall AL, Sjöström M, Bauman AE, Booth ML, Ainsworth BE, Pratt M, Ekelund U, Yngve A, Sallis JF, et al. International physical activity questionnaire: 12-country reliability and validity. *Med Sci Sports Exerc.* 2003;35:1381–95.
31. INSEE. INSEE (Institut national de la statistique et des études économiques) [National Institute of Statistics and Economic Studies]. Unités de consommation [consumption units] [Internet]. 2018 [cited 2016 Jan 25]. Available from: <http://www.insee.fr/en/methodes/default.asp?page=definitions/unite-consommation.htm>
32. McArdle JJ, Epstein D. Latent growth curves within developmental structural equation models. *Child Dev.* 1987;110–133.
33. Tu Y-K, D'Aiuto F. Latent Growth Curve Models. *Modern Methods for Epidemiology* [Internet]. Springer, Dordrecht; 2012 [cited 2018 Jul 31]. p. 205–21. Available from: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-007-3024-3_12
34. Hoyle RH. *Handbook of structural equation modeling.* Guilford Press; 2012.
35. Rosseel Y. lavaan: An R Package for Structural Equation Modeling. *J Stat Softw.* 2012;48:1–36.
36. Adams J, White M. Time perspective in socioeconomic inequalities in smoking and body mass index. *Health Psychol.* 2009;28:83.
37. Joireman J, Anderson J, Strathman A. The aggression paradox: understanding links among aggression, sensation seeking, and the consideration of future consequences. *J Pers Soc Psychol.* 2003;84:1287.
38. Joireman J, Balliet D, Sprott D, Spangenberg E, Schultz J. Consideration of future consequences, ego-depletion, and self-control: Support for distinguishing between CFC-Immediate and CFC-Future sub-scales. *Personal Individ Differ.* 2008;45:15–21.
39. Acuff SF, Soltis KE, Dennhardt AA, Borsari B, Martens MP, Murphy JG. Future so bright? Delay discounting and consideration of future consequences predict academic performance among college drinkers. *Exp Clin Psychopharmacol.* 2017;25:412.
40. Ein-Gar D, Goldenberg J, Sagiv L. The role of consumer self-control in the consumption of virtue products. *Int J Res Mark.* 2012;29:123–133.
41. Gerlach G, Herpertz S, Loeber S. Personality traits and obesity: a systematic review. *Obes Rev.* 2015;16:32–63.
42. Schag K, Schönleber J, Teufel M, Zipfel S, Giel KE. Food-related impulsivity in obesity and Binge Eating Disorder – a systematic review. *Obes Rev.* 2013;14:477–95.
43. Rydén A, Sullivan M, Torgerson JS, Karlsson J, Lindroos AK, Taft C. Severe obesity and personality: a comparative controlled study of personality traits. *Int J Obes.* 2003;27:1534–1540.
44. Davis C. Psychobiological traits in the risk profile for overeating and weight gain. *Int J Obes.* 2009;33:S49.

45. Tsukayama E, Toomey SL, Faith MS, Duckworth AL. Self-control as a protective factor against overweight status in the transition from childhood to adolescence. *Arch Pediatr Adolesc Med.* 2010;164:631–635.
46. Orbell S, Hagger M. Temporal framing and the decision to take part in type 2 diabetes screening: Effects of individual differences in consideration of future consequences on persuasion. *Health Psychol.* 2006;25:537.
47. Orbell S, Perugini M, Rakow T. Individual differences in sensitivity to health communications: consideration of future consequences. *Health Psychol.* 2004;23:388.

Table 1. Individual characteristics of the 31,550 participants (NutriNet-Santé study, 2014)

	Mean \pm SD and/or %	CFC	<i>P</i> ¹
All		3.41 \pm 0.59 ²	
Age, y	51.7 \pm 14.3	-0.14 (-0.15, -0.13) ³	<0.0001
Gender			<0.0001
Male	24.5	3.44 \pm 0.59	
Female	75.5	3.40 \pm 0.58	
Education level (%)			<0.0001
Primary	2.1	3.08 \pm 0.55	
Secondary	27.6	3.23 \pm 0.57	
Undergraduate	31.6	3.40 \pm 0.57	
Postgraduate	38.6	3.56 \pm 0.57	
Missing data	0.1		
Occupational status (%)			<0.0001
Unemployed	8.6	3.38 \pm 0.63	
Student	1.5	3.58 \pm 0.58	
Self-employed, farmer	1.8	3.48 \pm 0.62	
Employee, manual worker	13.5	3.32 \pm 0.58	
Intermediate professions	15.6	3.44 \pm 0.54	
Managerial staff, intellectual profession	23.2	3.56 \pm 0.56	
Retired	35.8	3.32 \pm 0.58	
Monthly income (%) ⁴			<0.0001
<1,200€	9.3	3.37 \pm 0.62	
1,200-1,800€	20.3	3.37 \pm 0.58	
1,800-2,300€	15.5	3.36 \pm 0.58	
2,300-2,700€	10.5	3.41 \pm 0.58	
2,700-3,700€	18.6	3.48 \pm 0.57	
> 3,700€	13.9	3.52 \pm 0.58	
Unwilling to answer	11.6	3.32 \pm 0.58	
Missing data	0.3		
Energy intake, kcal/d	1919.3 \pm 418.7	0.02 (0.01, 0.03)	<0.0001
Physical activity, MET-minutes/week	3074.9 \pm 2430.9	-0.02 (-0.03, -0.01)	0.0004
Baseline BMI, kg/m ²	23.6 \pm 4.2	-0.13 (-0.14, -0.12)	<0.0001
BMI change per year, kg/m ² /y	0.02 \pm 0.66	0.01 (0.00, 0.02)	0.047
Period of follow-up, y	2.3 \pm 0.7		
Baseline weight status (%)			
Underweight (< 18.5 kg/m ²)	5.2		
Normal (\geq 18.5 and <25 kg/m ²)	65.7		
Overweight (\geq 25 and <30 kg/m ²)	22.0		
Obese (\geq 30 kg/m ²)	7.1		

CFC, Consideration of Future Consequences

¹*p*-value based on linear regressions for categorical variables or Fisher's *z* transformation for continuous variables (corrected for multiple testing with the Holm-Bonferroni method)

²Mean \pm SD, all such values

³Pearson correlations (95% CI), all such values

⁴Monthly income represents the household income per month calculated by consumption unit (CU). The number of people of the household was converted into a number of CU according to a weighting system: one CU is attributed for the first adult in the household, 0.5 for other persons aged 14 or older and 0.3 for children under 14.

Table 2. Loadings of dietary patterns obtained by principal component analysis of food group consumption in 31,550 participants (NutriNet-Santé study, 2014)

	Healthy Pattern	Western Pattern
Fruits	0.60	-0.02
Dried fruits	0.39	-0.16
Vegetables	0.67	0.07
Legumes	0.34	-0.06
Potatoes	0.08	0.46
Other tubers	0.19	-0.08
Starchy refined foods	-0.17	0.54
Whole-grain foods	0.47	-0.14
Cereals	0.27	-0.33
Oil	0.48	0.12
Butter and margarine	-0.03	0.43
Dressings and sauces	0.00	0.37
Seafood	0.29	0.21
Meat and poultry	-0.09	0.53
Processed meat	-0.18	0.53
Eggs	0.23	0.09
Dairy products	-0.10	-0.01
Cheese	0.07	0.45
Sugary and fatty foods	-0.43	0.01
Sugars and confectionery	0.03	0.20
Appetizers	-0.10	0.12
Oilseeds and oleaginous fruits	0.52	-0.15
Non-alcoholic beverages	0.33	-0.11
Sodas	-0.31	-0.03
Alcoholic beverages	0.05	0.48
Variance explained (%)	11	8

Figure 1. Schema of the latent growth curve model for multiple mediation analysis (NutriNet-Santé study, 2014)

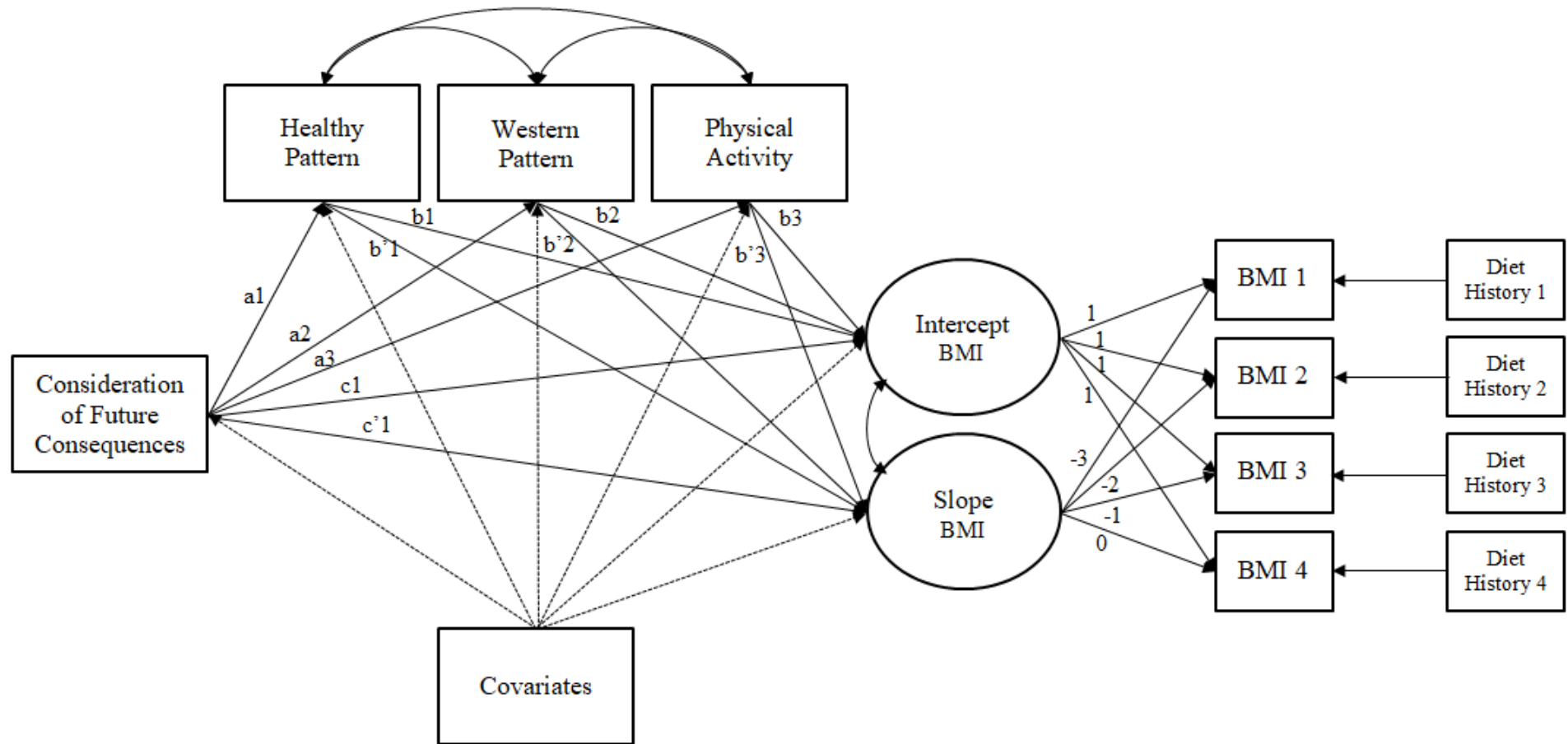


Table 3. Logistic regression between consideration of future consequences and baseline weight status in 31,550 participants (NutriNet-Santé study, 2014)

	Raw model		Adjusted model ¹	
	CFC OR (95% CI)	<i>P</i>	CFC OR (95% CI)	<i>P</i>
Weight status				
Underweight	1.08 (0.99, 1.18)	0.09	1.05 (0.96, 1.15)	0.26
Normal	Ref		Ref	
Overweight	0.70 (0.67, 0.73)	<0.0001	0.77 (0.73, 0.80)	<0.0001
Obese	0.50 (0.46, 0.54)	<0.0001	0.58 (0.53, 0.62)	<0.0001

CFC, Consideration of Future Consequences score (range: 1-5)

¹*adjusted for gender, age, education level, occupational status, monthly income per household unit with CFC as a continuous independent variable*

Table 4. Results of the latent growth curve model for multiple mediation analysis in 31,550 participants (NutriNet-Santé study, 2014)

Parameters	Estimate (95% CI) ¹	Effect size (β or PM) ²
Growth factors		
Intercept BMI, kg/m ²	26.83 (26.50, 27.19)	
Slope BMI, kg/m ² /y	0.061 (0.016, 0.109)	
Fixed Effects		
Mean intercept BMI, kg/m ²		
CFC (Total Effect)	-0.70 (-0.78, -0.61)	-0.10
CFC (c1)	-0.45 (-0.54, -0.37)	-0.06
Healthy pattern (b1)	-0.40 (-0.45, -0.34)	-0.10
Western pattern (b2)	0.83 (0.77, 0.90)	0.20
Physical activity (b3)	-0.02 (-0.02, -0.02)	-0.12
Mean slope BMI, kg/m ² /y		
CFC (Total Effect)	-0.002 (-0.013, 0.009)	0.00
CFC (c'1)	0.000 (-0.011, 0.012)	0.00
Healthy pattern (b'1)	-0.002 (-0.010, 0.005)	-0.01
Western pattern (b'2)	0.009 (-0.001, 0.018)	0.03
Physical activity (b'3)	0.000 (-0.001, 0.000)	-0.03
Healthy pattern		
CFC (a1)	0.22 (0.20, 0.24)	0.13
Western pattern		
CFC (a2)	-0.14 (-0.16, -0.13)	-0.08
Physical activity		
CFC (a3)	1.70 (1.23, 2.15)	0.04
Indirect Effects		
Mean intercept BMI, kg/m ²		
CFC (Total indirect effect)	-0.24 (-0.26, -0.22)	35
CFC and Healthy pattern (a1 × b1)	-0.09 (-0.10, -0.07)	13
CFC and Western pattern (a2 × b2)	-0.12 (-0.13, -0.10)	17
CFC and Physical activity (a3 × b3)	-0.03 (-0.04, -0.02)	5
Mean slope BMI, kg/m ² /y		
CFC (Total indirect effect)	-0.002 (-0.004, -0.001)	-
CFC and Healthy pattern (a1 × b'1)	-0.001 (-0.002, 0.001)	-
CFC and Western pattern (a2 × b'2)	-0.001 (-0.003, 0.000)	-
CFC and Physical activity (a3 × b'3)	-0.001 (-0.001, 0.000)	-
Random Effects		
Variance intercept BMI	15.16 (14.69, 15.74)	
Variance slope BMI	0.10 (0.08, 0.12)	
Covariance	0.32 (0.27, 0.37)	
Covariances		
Healthy pattern & Western pattern	-0.15 (-0.16, -0.14)	-0.22
Healthy pattern & Physical activity	2.20 (1.94, 2.48)	0.10
Western pattern & Physical activity	-1.05 (-1.26, -0.85)	-0.06

PM: Percentage Mediated

Predictor, mediators and latent variables were adjusted with time-invariant covariates (gender, age, age squared, energy intake, height, education level, occupational status, and monthly income) and BMI measures were adjusted with time-varying covariate (diet status).

¹Confidence intervals were obtained using bias corrected bootstrapping

²Effect sizes for fixed effects are standardized estimates and effect sizes for indirect effects are percentage mediated

2.3. Modération de l'association entre l'alimentation émotionnelle et l'obésité par les préférences temporelles

Impulsivity and consideration of future consequences as moderators of the association between emotional eating and body weight status

Authors: Marc Bénard¹, France Bellisle¹, Fabrice Etilé², Gérard Reach³, Emmanuelle Kesse-Guyot¹, Serge Hercberg^{1,4}, Sandrine Péneau¹

¹Equipe de Recherche en Epidémiologie Nutritionnelle, Centre de Recherche en Epidémiologie et Statistique Sorbonne Paris Cité, INSERM U1153, INRA U1125, Cnam, Université Paris 13, Bobigny, France; f.bellisle@eren.smbh.univ-paris13.fr (F.B.); e.kesse@eren.smbh.univ-paris13.fr (E.K-G.); s.hercberg@eren.smbh.univ-paris13.fr (S.H.); s.peneau@eren.smbh.univ-paris13.fr (S.P.)

²Paris School of Economics and INRA, UMR1393 PjSE, 48 Boulevard Jourdan, Paris 75014, France; fabrice.etile@psemail.eu

³Service d'Endocrinologie, Diabétologie, Maladies Métaboliques, Hôpital Avicenne, Bobigny, France; gerard.reach@aphp.fr

⁴Département de Santé Publique, Hôpital Avicenne, Bobigny, France

Corresponding author:

Marc Bénard
Equipe de Recherche en Epidémiologie Nutritionnelle, Université Paris 13
74, rue Marcel Cachin, 93017 Bobigny, France
E-mail: m.benard@eren.smbh.univ-paris13.fr
Telephone: +33 (0)1 48 38 89 08 / Fax: +33 (0)1 48 38 89 31

Keywords: Emotional Eating, Nutritional Status, Consideration of Future Consequences, Impulsivity, Psychology

ABSTRACT

Background: Emotional eating (EmE) is characterized by an over consumption of food in response to negative emotions and is associated with an increased weight status. Consideration of Future Consequences (CFC) or a low level of impulsivity could influence the association between EmE and weight status. The objective was to analyze the moderating influence of CFC and impulsivity on the relationship between EmE and BMI.

Methods: A total of 9,974 men and 39,797 women from the NutriNet-Santé cohort study completed the revised 21-item Three-Factor Eating Questionnaire to assess their EmE, the CFC questionnaire (CFC-12) to assess their level of time perspective, and the Barratt Impulsiveness Scale (BIS-11) to assess their impulsivity. Weight and height were self-reported each year over a median follow-up of 5.3 years. The associations between EmE and repeated measures of BMI were estimated by multiple linear mixed-effects regression models stratified by gender, tertiles of the CFC, or tertiles of the BIS-11, taking into account sociodemographic and lifestyle factors.

Results: Overall, EmE was positively associated with BMI. CFC and impulsivity did not moderate the effect of EmE on changes of BMI per year, but quantitatively moderated the effect of EmE on overall BMI. In women, the strength of the association between EmE and weight status increased with CFC level. Difference of BMI slopes between a low and a high level of CFC was -0.43 kg/m^2 (95% CI: $-0.55, -0.30$) ($p < .0001$). In addition, the strength of the association between emotional eating and weight status increased with impulsivity level. Difference of BMI slopes between a low and a high level of impulsivity was $+0.37 \text{ kg/m}^2$ (95% CI: $0.24, 0.51$) ($p < .0001$). In men, only individuals with a low CFC presented a stronger association of EmE with BMI.

Conclusions: Impulsivity and consideration of future consequences moderated the association between emotional eating and body weight status. This study emphasizes the importance of taking into account psychological traits in obesity prevention.

BACKGROUND

Obesity represents one of the leading public health issues in many countries [1]. Behavioral traits, and in particular psychological traits, have been shown to influence food choices and BMI [2, 3]. More specifically, emotional eating (EmE), which is defined as eating in response to negative emotions was found to be positively associated with the intake of specific food groups such as high-fat and energy-dense snack foods [4–8] or sweet and fatty foods, although no association appeared with total energy or macronutrients [5, 9, 10]. Positive association of EmE with eating disorders has also been reported [11–15]. EmE has been repeatedly found to be associated with weight status [16–18], BMI [7, 19–22], and also with weight gain over a 2-year [23] and a 20-year [22, 24] follow-up periods. In addition, gender appeared to modify the relationship between EmE and weight status [21], and women generally report greater scores of EmE [5, 10, 21]. Finally, EmE appeared to fully mediate the relationship between personality factors such as neuroticism, low self-esteem and fear of intimacy, and weight loss following bariatric surgery and weight-loss program [25].

Some psychological constructs could be involved in the relationship between EmE and dietary habits or weight status by modulating the response to the urge to eat following negative emotions. Such could be the case of consideration of future consequences (CFC) and impulsivity which are important constructs relative to eating behavior and weight status. CFC corresponds to “the extent to which individuals consider the potential distant outcomes of their current behaviors and the extent by which they are influenced by these potential outcomes” [26]. Individuals with a high CFC are expected to adopt a future oriented behavior where long-term concerns are favored over immediate needs. In particular, individuals with a high CFC have been shown to exercise more [27–29], to be more sensitive to health communication [30], to have healthier eating attitudes and intentions [28], and lower BMI [31, 32]. Concern about the consequences of one’s behaviors could therefore influence responses to negative emotions. We therefore hypothesize that CFC could modify the association between EmE and weight status.

Impulsivity is a personality trait corresponding to “a predisposition toward rapid, unplanned reactions to internal or external stimuli without regard to the negative consequences of these reactions to the impulsive individual or to others” [33]. Impulsivity can be regarded as a consequence of impaired executive functioning [34]. Failures of the inhibitory processes lead to impulsive traits where urges to perform a specific act in response to a stimulus are not inhibited [34]. In the literature, impulsivity has been found associated with overeating [35–37], eating disorders [38–44], and weight status [3, 35, 45–49]. A low level of impulsivity and thus stronger inhibitory processes could provide the ability to inhibit and reduce urges to overeating in responses to negative emotions or regulate one’s dietary behavior regarding these impulses.

CFC has been shown to be inversely associated with impulsivity [50, 51] and both constructs are linked with measures of self-control [52–54]. However, CFC relies on intertemporal dilemmas and choices of one’s behavior [26], which could be seen as a proactive mechanism; whereas impulsivity would typically measure spontaneous responses and acts without forethought, which would involve less intervening cognitive and affective mechanisms [34].

The objective of this study was to assess how CFC and impulsivity moderate the relationship between EmE and repeated measures of BMI in a sample of the general population participating in the NutriNet-Santé cohort study, by taking into account sociodemographic and lifestyle characteristics.

METHODS

Population

This study was conducted as part of the NutriNet-Santé study, which is a large ongoing web-based prospective cohort started in France in May 2009. The rationale, design and methods of the study have been described elsewhere [55]. Its overall aim is to explore the relationships between nutrition and health, and the determinants of eating behavior and nutritional status. Participants are adult

volunteers (age ≥ 18 years) of the general French population with a scheduled follow-up of at least 10 years. At inclusion, participants have to complete several self-reported web-based questionnaires to assess their diet, their physical activity, anthropometric measures, lifestyle characteristics, socioeconomic conditions and health status. Participants complete this set of questionnaires every year after inclusion. Finally, another set of optional questionnaires related to determinants of eating behaviors, nutritional status, and specific aspects related to health are sent to every participant each month.

This study was conducted in accordance with the guidelines of the Declaration of Helsinki, and all procedures were approved by the International Research Board of the French Institute for Health and Medical Research (IRB Inserm n° 0000388FWA00005831) and the Commission Nationale Informatique et Libertés (CNIL n° 908450 and n° 909216). Electronic informed consent was obtained from all participants. The study was registered at clinicaltrials.org (Clinical Trial no. NCT03335644).

Data collection

Emotional Eating

Participants completed the French version of the revised 21-item Three-Factor Eating Questionnaire (TFEQ-R21) [56] 14 months after their inclusion (July 2010-January 2011 for most participants) and the completion of this questionnaire was optional. The questionnaire covers the following 3 aspects of eating behavior: cognitive restraint (6 items), emotional eating (6 items), and uncontrolled eating (9 items). The present analysis focused on the EmE scale that measures the propensity or need to overeat in response to negative feelings. EmE items are measured by using 4-point scales that ranged from “definitely true” (1 point) to “definitely false” (4 points). An example of the items of the EmE scale is as follows: *I start to eat when I feel anxious*. EmE score is calculated as a mean of all items within this dimension, so that the score ranges from 1 to 4. A score of 1 indicates an absence EmE,

whereas a score of 4 indicates a high tendency to eat following negative emotions. Cronbach's α coefficient showed excellent internal consistency of the EmE subscale in our sample ($\alpha = 0.93$).

Consideration of Future Consequences

Consideration of Future Consequences was assessed with the French version of the CFC-12 questionnaire [57] completed from June to November 2014. The mean time interval from the administration of the TFEQ-R21 was 2.6 years ($SD = 1.4$). The CFC-12 is a 12-item self-report questionnaire [26] developed to measure the extent to which individuals consider distant versus immediate consequences of their behavior. Each item is measured on a 5-point Likert scale ranging from "extremely uncharacteristic" (1 point) to "extremely characteristic" (5 points). Examples of the items composing the CFC-12 are as follow: "I consider how things might be in the future, and try to influence those things with my day to day behavior" or "I only act to satisfy immediate concerns, figuring the future will take care of itself". The total score is obtained by summing each item ratings leading to a possible range from 12 to 60 (higher scores indicating greater consideration of future consequences). A good internal consistency was obtained in our sample with a Cronbach's α of 0.79. Participants were split into 3 categories determined by gender-specific tertiles of the total score: T1 (total score <37 (women), <38 (men)), T2 (37-44 (women), 38-44 (men)), and T3 (>44 (women and men)).

Impulsivity

Impulsivity was assessed with the French version of the BIS-11 questionnaire [58] (derived from the French version of the BIS-10 questionnaire). The mean delay with the administration of the TFEQ-R21 was 2.6 years ($SD = 1.4$). The BIS-11 [59] is one of the most often used self-report questionnaire to assess impulsivity. It is a 30-item self-report questionnaire developed to assess the personality construct of impulsivity. Each item is measured on a 4-point Likert scale ranging from "rarely/never" (1 point) to "almost always/always" (4 points). Examples of the items composing the BIS-11 are as follow: "I plan tasks carefully" or "I do things without thinking". The total score is obtained by

summing all the item ratings, offering a possible range from 30 to 120, with higher scores indicating greater impulsivity. In our population, the BIS-11 displayed good internal consistency (Cronbach's $\alpha = 0.78$). Participants were split into 3 categories determined by gender-specific tertiles of the total score: T1 (total score <55 (women) and <54 (men)), T2 (55-62 (women), 54-61 (men) and T3 (>62 (women), >61 (men)).

Anthropometric measures

Self-reported height and weight data were collected each year using a web-based questionnaire. Repeated measures of BMI (kg/m^2) were calculated as the ratio of weight to squared height. BMI data from the completion of the TFEQ-R21 (baseline BMI) to the last available data in the NutriNet-Santé cohort were used, representing up to 8 follow-up points per participant, covering a 7-year period. BMI change per year ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{y}^{-1}$) was calculated as BMI at the end of the follow-up minus baseline BMI divided by the duration of the follow-up.

Socio-demographic and lifestyle data

Potential confounders of the relationship between EmE and BMI were collected based on closest data to the date of completion of the TFEQ-R21: age (years), gender, education level (primary, secondary, undergraduate, and postgraduate), occupational status (unemployed, student, self-employed and farmer, employee and manual worker, intermediate profession, managerial staff and intellectual profession, and retired), monthly income, smoking status (never smokers and smokers), level of physical activity, and history of dieting (never dieters and dieters). More precisely, monthly income was calculated from information about income and composition of household. Members of a household were attributed different weights according to the OECD-modified equivalence scale: 1 for the first adult in the household, 0.5 for other persons aged 14 or older and 0.3 for children under 14 [60]. Total household income is then divided by the sum of the weights to yield a representative income. Categories of income were defined as followed: <1,200; 1,200-1,799; 1,800-2,299; 2,300-2,699; 2,700-3,699; and $\geq 3,700$ euros as well as "unwilling to answer". Physical activity was

assessed using a short form of the French version of the International Physical Activity Questionnaire (IPAQ) [61]. Weekly energy expenditure expressed in Metabolic Equivalent of Task (MET-minutes/week) was estimated and three levels of physical activity were constituted (low (< 30min/day), moderate (30-60min/day), and high (\geq 60min/day)).

Statistical analysis

A total of 51,394 participants (41%) of the NutriNet-Santé cohort study completed the CFC-12 and the BIS-11 questionnaires from the 125,377 subjects who received them. Among these participants 5,399 did not complete the revised TFEQ-R21 questionnaire. From the 45,995 individuals left, 3,002 women were excluded because they were pregnant at least once during the study, 461 individuals because of missing data on weight and height, 373 participants because they presented an acquiescence bias (agreeing to all questions without consideration of reversed items), and 2,388 participants because they completed the TFEQ-R21 questionnaire after the CFC-12 and the BIS-11 questionnaires, leaving 39,771 participants in the final sample. Compared to excluded participants, the 39,771 participants in the final analysis were older (49.9 ± 13.7 years for included participants vs 41.8 ± 14.4 years for excluded participants, $p < .0001$), more often men (25.1% vs. 21.3%, $p < .0001$), and had a higher frequency of university education (33.2% vs. 30.7%, $p < .0001$).

The characteristics of the sample were compared by gender with Student's t tests for continuous variables, and with Pearson's chi-square tests for categorical variables. Since the distribution of the EmE score was not normal, analyses of differences in EmE were based on Wilcoxon two-sample and Kruskal-Wallis tests when appropriate. Longitudinal analyses of the association between EmE and repeated measures of BMI were performed with multiple linear mixed-effect regression models which were estimated with the maximum likelihood method. These models can deal with missing values on BMI (assumed to be missing at random) since they use all of the available data from an individual. First-order interaction test between EmE and gender was significant ($p < .0001$) and further analyses were stratified by gender. Second-order interactions were explored

between EmE, time (as a continuous variable representing the delay between baseline BMI and follow-up points), and tertiles of CFC-12/BIS-11 to assess differences of BMI changes according to CFC/impulsivity levels. These interactions tests were all non-significant (CFC-12, men: $p = .23$ / CFC-12, women: $p = .78$ / BIS-11, men: $p = .18$ / BIS-11, women: $p = .10$). Therefore, interaction tests between EmE and tertiles of CFC-12/BIS-11 were carried out to look for the modification effect of these scales on BMI. These tests were all significant except for the test between EmE and tertiles of BIS-11 among men (CFC-12, men: $p = .009$ / CFC-12, women: $p = <.0001$ / BIS-11, men: $p = .16$ / BIS-11, women: $p = <.0001$). Final mixed models were accordingly stratified by gender and tertiles of the CFC-12 and tertiles of the BIS-11 and adjusted for time, age, education level, occupational status, monthly income per household unit, smoking status, physical activity, and history of dieting as fixed effects. The covariance structure of each model was selected according to the Akaike information criterion and the Bayesian information criterion. Intercept and time were included as random variables with a different variance component for each random effect among men models and a correlated random coefficient model (unstructured G matrix) among women. In addition, a spatial power law covariance structure of the R matrix was used to take into account unequally spaced longitudinal measurements in all models. Effect sizes were calculated by β and 95% confidence intervals (95% CI). Missing data on confounders were handled with multiple imputation by fully conditional specification (20 imputed datasets). All tests of statistical significance were 2-sided and significance was set at 5%. A Holm-Bonferroni procedure (step-down adjustment) was applied to correct for multiple testing. Statistical analyses were performed using SAS software (SAS Institute Inc., version 9.4).

RESULTS

Description of the population

Table 1 shows characteristics of the sample according to gender. Compared with men, women were younger, fewer had a primary or secondary level of education, were less often retired, had a lower

monthly household income, had a higher frequency of smoking, lower physical activity, and dieting, had a lower BMI at baseline (but a higher BMI change per year over the period of follow-up), and were less often overweight. In addition they had a lower level of CFC, a higher level of impulsivity, and a higher EmE score.

Relationship between EmE, CFC and impulsivity

Table 2 presents means of EmE according to levels of CFC and impulsivity by gender. Women with a high level of CFC had a lower score of EmE, although differences were relatively small. No significant differences were found for men. Women and men with a high level of impulsivity had a higher score of EmE. CFC and EmE were significantly correlated in our study ($r = -0.04$, $p < .0001$ in women and $r = -0.02$, $p = .04$ in men). Impulsivity and EmE were also significantly correlated ($r = 0.16$, $p < .0001$ in women and $r = 0.17$, $p < .0001$ in men). Overall, CFC was negatively associated with impulsivity ($r = -0.40$ in women, $p < .0001$ and $r = -0.43$, $p < .0001$ in men).

Association between EmE and repeated measures of BMI according to gender, CFC levels, and impulsivity levels

Tables 3 and 4 show the associations between EmE and repeated measures of BMI according to gender, as well as CFC and impulsivity. EmE was significantly associated with BMI in every tertiles of CFC or impulsivity, and in both men and women. Associations were stronger in women than in men. Even though CFC and impulsivity did not moderate the effect of EmE on change of BMI (non-significant second-order interaction tests), these constructs moderated the effect of EmE on BMI. The association between EmE and BMI was stronger for participants with a low level of CFC (Tertile 1) compared with participants with an average level of CFC (Tertile 2) and with a high level of CFC (Tertile 3) in both women and men. Tertile 2 and Tertile 3 were also different in women, whereas no difference was found in men (see Additional files 1 and 2). In addition, the association between EmE and BMI was stronger for women with a high level of impulsivity (Tertile 3) compared to women with an average level of impulsivity (Tertile 2) and a low level of impulsivity (Tertile 1) (see

Additional file 3). No difference was found between Tertile 1 and Tertile 2. Impulsivity did not moderate the association between EmE and BMI among men.

DISCUSSION

As previously observed in the literature, EmE was positively associated with BMI in men and women, with the latter showing a stronger relationship. CFC and impulsivity quantitatively moderated the association between EmE and BMI, but did not influence the association between EmE and BMI change. The association between EmE and BMI was stronger in women and men with a low future orientation, and in women with a high level of impulsivity.

Characteristics of emotional eaters according to CFC and impulsivity

Although less future oriented women (corresponding to a lower CFC) had a higher EmE score, this association was marginal and no association was observed in men. These data suggest that concerns with future consequences is not correlated with EmE, even though data in the literature indicate that higher level of CFC was associated with healthier behavior such as healthy eating, more exercise, and smoking cessation [51]. As shown by previous work, the depletion of self-regulatory resources and conflicting goals can reduce the ability to regulate one's behavior [62], which could therefore increase desire for immediate rewards. Another study showed that a higher level of immediate concerns was a better predictor of low self-control compared to a higher level of future concerns [52].

In agreement with the literature, EmE and impulsivity were positively associated in both men and women [63–65]. A high level of impulsivity could lead to impairments in inhibitory control which impede impulsive individuals to resist urges to eat, especially in response to negative emotional states [64]. The inhibition (of urge to eat) could be manifested by delaying, suppressing, or completely preventing the impulsive action [34].

EmE and BMI change

In agreement with cross-sectional [7, 19–22] and longitudinal studies [22–24], EmE was positively associated with BMI in our sample. Our results showed a stronger relationship between EmE and BMI in women, which is consistent with some studies [17, 20, 21], but not all [19, 66]. More specifically, EmE was also positively associated with an increase in BMI over the period of follow-up (data not shown). However, this effect was not moderated by CFC and impulsivity. This absence of moderation could be related to a lack of statistical power regarding second-order interaction tests [67], particularly among men. It is also possible that the duration of the follow-up was too short to observe a meaningful difference. Moreover, we did not obtain repeated measures of CFC and impulsivity to assess individual changes regarding these scales.

Influence of CFC on the association between EmE and weight status

CFC moderated the relationship between EmE and weight status in women and men. The more future oriented the individuals were, the weaker was the relationship between EmE and BMI, indicating the synergism between CFC and EmE. In the literature, CFC was shown to be associated negatively with BMI [31] and positively with several behavioral outcomes, such as healthy eating, lower smoking, and a decreased consumption of alcohol [51]. Our results could indicate a protective effect of CFC in dealing with negative emotions. Considering potential negative consequences of one's behavior such as weight gain could be a mean that individuals use when feeling urges to eat in response to negative emotions. However, positive outcomes could be a more effective solution to regulate immediate temptations [68, 69]. Individuals with high CFC may as a consequence eat smaller portions of foods or select food with lower energy content. Individuals with a more pronounced future perspective measured by the Zimbardo Time Perspective Inventory also reported to be more mindful [70] (i.e. having nonjudgmental attention, openness, and an acceptance of immediate experience [71]), and these constructs are thought to share common mechanisms [72, 73]. In mindfulness-based interventions, individuals are trained to attend to negative feelings and accept them, which allow a better consideration of potential consequences of one's behavior on the body. Consequently,

mindfulness has been shown to increase self-regulatory resources [74], which could lead to lower concerns over immediate temptations. These interventions have been found successful in reducing EmE occurrences and diminishing the urge to emotionally overeat [75, 76]. Another strategy based on episodic future thinking, “a projection of the self into the future to pre-experience an event” [77], found a reduction of snacking (as well as caloric intake coming from snacks) and diminished the need for immediate gratification [78].

Influence of impulsivity on the association between EmE and weight status

Impulsivity moderated the relationship between EmE and BMI in women. The more impulsive the individuals were, the stronger was the relationship between EmE and BMI. To our knowledge, the potential moderation effect of impulsivity on the relationship between EmE and weight status has not been previously studied. An impulsive behavior was found associated with weight status [3, 35, 46–49], a tendency to overeat [35–37], and eating disorders [38–44]. Highly impulsive individuals are more susceptible to present immediate impulses to eat in response to negative emotional states [63, 79, 80] while less impulsive individuals show a greater mindfulness [70]. Impulsivity may lead individuals with EmE to have more eating episodes following emotions, or to experience episodes of greater intensity, with intake of larger portions. A better inhibitory control could lead to fewer inner impulses and lower the tendency to eat an excessive amount of food, as shown by studies using inhibitory control trainings [81–83].

Gender Differences

Marginal significant gender differences were found in our study concerning the level of CFC and impulsivity. In the literature, no gender differences were found regarding the level of CFC [32], and mixed findings were found regarding differences in impulsivity [53, 84]. CFC and impulsivity moderated the relationship between EmE and BMI mostly in women. Moderating effects in men were less consistent. The psychological determinants influencing the ability to control urges to eat in response to negative emotions could therefore be different among impulsive men. These results

illustrate the need to take gender into account when studying associations between eating behavior and health markers such as weight status.

Strengths and limitations

The main strength of this study is its large sample size with individuals of various socio-demographic characteristics and nutritional status, which allows the use of multiple covariates to adjust for confounding factors. However, we cannot rule out the possibility that other important confounders were not taken into account such as levels of anxiety or stress. To our knowledge, only a few studies have assessed the moderating effect of psychological traits in the relationship between EmE and weight status. Thus, this study offers novel perspectives to better understand EmE and its association with weight. One limitation of our study concerns the delay between the administration of the TFEQ-R21 and the CFC-12 and BIS-11. Changes in EmE, CFC and impulsivity for some participants could have occurred during this period. However, as they represent psychological constructs, a low time variability can be assumed, as it has been suggested for impulsivity [53]. Another limit is the self-reported anthropometric measures, which could have led to attribution errors. However, standardized clinical measurements on a subsample (n = 2,513) of the NutriNet-Santé cohort showed a good convergence with self-reported data [85]. Our study could also present a selection bias because of the method used to recruit participants, which was based on volunteering. Consequently, our subjects may have high health awareness compared to the global population, and may not be representative of the French population. Recent studies reported a two-factor structure of the CFC-12, distinguishing immediate and future subscales. Even though there is no consensus on the use of the CFC-12, a two-dimension analysis could have added another perspective in our interpretation of the results. The BIS-11 questionnaire is one of the most used self-report measures of impulsivity. However, considering the multidimensionality of impulsivity as a construct and its various methods of measurement, caution is needed when interpreting and extrapolating our results.

CONCLUSIONS

In conclusion, our results show that CFC moderates the association between emotional eating and BMI (but not BMI change) among men and women. We also observed a similar moderation effect of impulsivity on the association between emotional eating and BMI (but not BMI change) in women. Being more future oriented could increase emotional self-control, and being less impulsive could help to reduce the occurrence of urges to eat. CFC and impulsivity could therefore represent two important psychological traits to take into account when attempting to prevent overeating in response to negative emotions. Interventional strategies targeting cognitive control such as inhibitory control training, episodic future thinking, message framing, and self-awareness (e.g., mindfulness based interventions) could be tested for their ability to increase consideration of future consequences and/or decrease impulsivity in relation to eating behavior.

LIST OF ABBREVIATIONS:

EmE: emotional eating; **CFC:** consideration of future consequences; **CFC-12:** consideration of future consequences scale; **BIS-11:** Barratt Impulsiveness Scale; **IRB:** International Research Board of the French Institute for Health and Medical Research; **CNIL:** Commission Nationale Informatique et Libertés; **TFEQ-R21:** Revised 21-item Three-Factor Eating Questionnaire; **CU:** consumption unit;

DECLARATIONS:

Ethics approval and consent to participate

This study was conducted in accordance with the guidelines of the Declaration of Helsinki, and all procedures were approved by the International Research Board of the French Institute for Health and Medical Research (IRB Inserm n° 0000388FWA00005831) and the Commission Nationale Informatique et Libertés (CNIL n° 908450 and n° 909216). Electronic informed consent was obtained from all participants.

Consent for publication

Not applicable

Availability of data and materials

In France, there is a very strict regulation concerning the protection of personal data and privacy making difficult the availability of raw data (even non-nominal data). The data may be subject to collaborations with other research team, in that case, please contact the authors.

Competing interests

The authors declare that they have no competing interests.

Sources of support

The NutriNet-Santé Study is supported by the French Ministry of Health (DGS), the Santé Publique France agency, the French National Institute for Health and Medical Research (INSERM), the French National Institute for Agricultural Research (INRA), the National Conservatory for Arts and Crafts (CNAM), the Medical Research Foundation (FRM), and the University of Paris 13.

This research was part of the FOODPOL project, which was supported by the French National Institute for Agricultural Research (Institut National de la Recherche Agronomique) in the context of the 2013-2017 Metaprogramme “Diet impacts and determinants: Interactions and Transitions”.

Authors' contributions

M.B. conducted the literature review and drafted the manuscript. M.B. performed analyses. M.B., F.B., F.E., G.R., E.K-G., S.H., and S.P. were involved in interpreting results and critically reviewed the manuscript. E.K-G., S.H. and S.P. were responsible for developing the design and protocol of the study. M.B., F.B., F.E., G.R., E.K-G., S.H., and S.P report no conflict of interest.

Acknowledgments

We thank Younes Esseddik, Thi Duong Van, Frédéric Coffinieres, Mac Rakotondrazafy, Régis Gatibelza and Paul Flanzy (computer scientists); and Nathalie Arnault, Véronique Gourlet, Fabien Szabo, Julien Allegre, Anouar Nechba and Laurent Bourhis (data-manager/biostatisticians) for their technical contribution to the NutriNet-Santé study. We thank all the volunteers of the NutriNet-Santé cohort.

REFERENCES

1. WHO. Obesity: preventing and managing the global epidemic: report of a WHO consultation. WHO Tech Rep Ser. 1999;894:253.
2. Herman CP, Polivy J. Anxiety, restraint, and eating behavior. *J Abnorm Psychol.* 1975;84:666.
3. Terracciano A, Sutin AR, McCrae RR, Deiana B, Ferrucci L, Schlessinger D, et al. Facets of personality linked to underweight and overweight. *Psychosom Med.* 2009;71:682–9.
4. Camilleri GM, Méjean C, Kesse-Guyot E, Andreeva VA, Bellisle F, Hercberg S, et al. The associations between emotional eating and consumption of energy-dense snack foods are modified by sex and depressive symptomatology. *J Nutr.* 2014;:jn–114.
5. De Lauzon B, Romon M, Deschamps V, Lafay L, Borys J-M, Karlsson J, et al. The Three-Factor Eating Questionnaire-R18 is able to distinguish among different eating patterns in a general population. *J Nutr.* 2004;134:2372–2380.
6. Elfhag K, Tholin S, Rasmussen F. Consumption of fruit, vegetables, sweets and soft drinks are associated with psychological dimensions of eating behaviour in parents and their 12-year-old children. *Public Health Nutr.* 2008;11:914–923.
7. Kontinen H, Silventoinen K, Sarlio-Lahteenkorva S, Mannisto S, Haukkala A. Emotional eating and physical activity self-efficacy as pathways in the association between depressive symptoms and adiposity indicators. *AmJ ClinNutr.* 2010;92:1031–9.
8. van Strien T, Herman CP, Anschutz DJ, Engels RC, de Weerth C. Moderation of distress-induced eating by emotional eating scores. *Appetite.* 2012;58:277–284.
9. Anschutz DJ, Van Strien T, Van De Ven MO, Engels RC. Eating styles and energy intake in young women. *Appetite.* 2009;53:119–122.
10. Lluch A, Herbeth B, Mejean L, Siest G. Dietary intakes, eating style and overweight in the Stanislas Family Study. *IntJObesRelat Metab Disord.* 2000;24:1493–9.
11. Eldredge KL, Agras WS. Weight and shape overconcern and emotional eating in binge eating disorder. *Int J Eat Disord.* 1996;19:73–82.
12. Fischer S, Chen E, Katterman S, Roerhig M, Bochierrri-Ricciardi L, Munoz D, et al. Emotional eating in a morbidly obese bariatric surgery-seeking population. *Obes Surg.* 2007;17:778–784.
13. Oliver G, Wardle J, Gibson EL. Stress and food choice: a laboratory study. *Psychosom Med.* 2000;62:853–865.
14. Pinaquy S, Chabrol H, Simon C, Louvet J-P, Barbe P. Emotional eating, alexithymia, and binge-eating disorder in obese women. *Obesity.* 2003;11:195–201.
15. Ricca V, Castellini G, Sauro CL, Ravaldi C, Lapi F, Mannucci E, et al. Correlations between binge eating and emotional eating in a sample of overweight subjects. *Appetite.* 2009;53:418–421.
16. Angle S, Engblom J, Eriksson T, Kautiainen S, Saha MT, Lindfors P, et al. Three factor eating questionnaire-R18 as a measure of cognitive restraint, uncontrolled eating and emotional eating in a sample of young Finnish females. *IntJ BehavNutrPhysAct.* 2009;6:41–7.

17. Konttinen H, Haukkala A, Sarlio-Lahteenkorva S, Silventoinen K, Jousilahti P. Eating styles, self-control and obesity indicators. The moderating role of obesity status and dieting history on restrained eating. *Appetite*. 2009;53:131–4.
18. van Strien T, Herman CP, Verheijden MW. Eating style, overeating, and overweight in a representative Dutch sample. Does external eating play a role? *Appetite*. 2009;52:380–7.
19. Gallant AR, Tremblay A, Perusse L, Bouchard C, Despres JP, Drapeau V. The Three-Factor Eating Questionnaire and BMI in adolescents: results from the Quebec family study. *BrJ Nutr*. 2010;104:1074–9.
20. Laitinen J, Ek E, Sovio U. Stress-related eating and drinking behavior and body mass index and predictors of this behavior. *Prev Med*. 2002;34:29–39.
21. Péneau S, Ménard E, Méjean C, Bellisle F, Hercberg S. Sex and dieting modify the association between emotional eating and weight status. *Am J Clin Nutr*. 2013;97:1307–13.
22. Sung J, Lee K, Song YM. Relationship of eating behavior to long-term weight change and body mass index: the Healthy Twin study. *EatWeightDisord*. 2009;14:e98-105.
23. Koenders PG, van ST. Emotional eating, rather than lifestyle behavior, drives weight gain in a prospective study in 1562 employees. *JOccupEnvironMed*. 2011;53:1287–93.
24. Hays NP, Roberts SB. Aspects of eating behaviors “disinhibition” and “restraint” are related to weight gain and BMI in women. *Obesity*. 2008;16:52–58.
25. Canetti L, Berry EM, Elizur Y. Psychosocial predictors of weight loss and psychological adjustment following bariatric surgery and a weight-loss program: The mediating role of emotional eating. *Int J Eat Disord*. 2009;42:109–117.
26. Strathman A, Gleicher F, Boninger DS, Edwards CS. The consideration of future consequences: Weighing immediate and distant outcomes of behavior. *J Pers Soc Psychol*. 1994;66:742–52.
27. van Beek J, Antonides G, Handgraaf MJ. Eat now, exercise later: The relation between consideration of immediate and future consequences and healthy behavior. *Personal Individ Differ*. 2013;54:785–791.
28. Joireman J, Shaffer MJ, Balliet D, Strathman A. Promotion orientation explains why future-oriented people exercise and eat healthy evidence from the two-factor consideration of future consequences-14 scale. *Pers Soc Psychol Bull*. 2012;38:1272–1287.
29. Ouellette JA, Hessling R, Gibbons FX, Reis-Bergan M, Gerrard M. Using images to increase exercise behavior: Prototypes versus possible selves. *Pers Soc Psychol Bull*. 2005;31:610–620.
30. Orbell S, Perugini M, Rakow T. Individual differences in sensitivity to health communications: consideration of future consequences. *Health Psychol*. 2004;23:388.
31. Adams J, Nettle D. Time perspective, personality and smoking, body mass, and physical activity: An empirical study. *Br J Health Psychol*. 2009;14:83–105.
32. Adams J, White M. Time perspective in socioeconomic inequalities in smoking and body mass index. *Health Psychol*. 2009;28:83.

33. Moeller FG, Barratt ES, Dougherty DM, Schmitz JM, Swann AC. Psychiatric aspects of impulsivity. *Am J Psychiatry*. 2001;158:1783–93.
34. Bari A, Robbins TW. Inhibition and impulsivity: Behavioral and neural basis of response control. *Prog Neurobiol*. 2013;108:44–79.
35. Guerrieri R, Nederkoorn C, Jansen A. The effect of an impulsive personality on overeating and obesity: Current state of affairs. *Psihol Teme*. 2008;17:265–286.
36. Jansen A, Nederkoorn C, van Baak L, Keirse C, Guerrieri R, Havermans R. High-restrained eaters only overeat when they are also impulsive. *Behav Res Ther*. 2009;47:105–10.
37. Yeomans MR, Leitch M, Mobini S. Impulsivity is associated with the disinhibition but not restraint factor from the Three Factor Eating Questionnaire. *Appetite*. 2008;50:469–76.
38. Claes L, Vandereycken W, Vertommen H. Impulsivity-related traits in eating disorder patients. *Personal Individ Differ*. 2005;39:739–49.
39. Dawe S, Loxton NJ. The role of impulsivity in the development of substance use and eating disorders. *Neurosci Biobehav Rev*. 2004;28:343–51.
40. Fahy T, Eisler I. Impulsivity and eating disorders. *Br J Psychiatry*. 1993;162:193–197.
41. Fischer S, Smith GT, Anderson KG. Clarifying the role of impulsivity in bulimia nervosa. *Int J Eat Disord*. 2003;33:406–411.
42. Rosval L, Steiger H, Bruce K, Israël M, Richardson J, Aubut M. Impulsivity in women with eating disorders: problem of response inhibition, planning, or attention? *Int J Eat Disord*. 2006;39:590–3.
43. Schag K, Schönleber J, Teufel M, Zipfel S, Giel KE. Food-related impulsivity in obesity and Binge Eating Disorder – a systematic review. *Obes Rev*. 2013;14:477–95.
44. Waxman SE. A systematic review of impulsivity in eating disorders. *Eur Eat Disord Rev*. 2009;17:408–425.
45. Gerlach G, Herpertz S, Löber S. Personality traits and obesity: a systematic review. *Obes Rev*. 2015;16:32–63.
46. Mobbs O, Crépin C, Thiéry C, Golay A, Van der Linden M. Obesity and the four facets of impulsivity. *Patient Educ Couns*. 2010;79:372–7.
47. Nederkoorn C, Smulders FT, Havermans RC, Roefs A, Jansen A. Impulsivity in obese women. *Appetite*. 2006;47:253–256.
48. Rydén A, Sullivan M, Torgerson JS, Karlsson J, Lindroos AK, Taft C. Severe obesity and personality: a comparative controlled study of personality traits. *Int J Obes*. 2003;27:1534–1540.
49. Van den Berg L, Pieterse K, Malik JA, Luman M, van Dijk KW, Oosterlaan J, et al. Association between impulsivity, reward responsiveness and body mass index in children. *Int J Obes*. 2011;35:1301–1307.

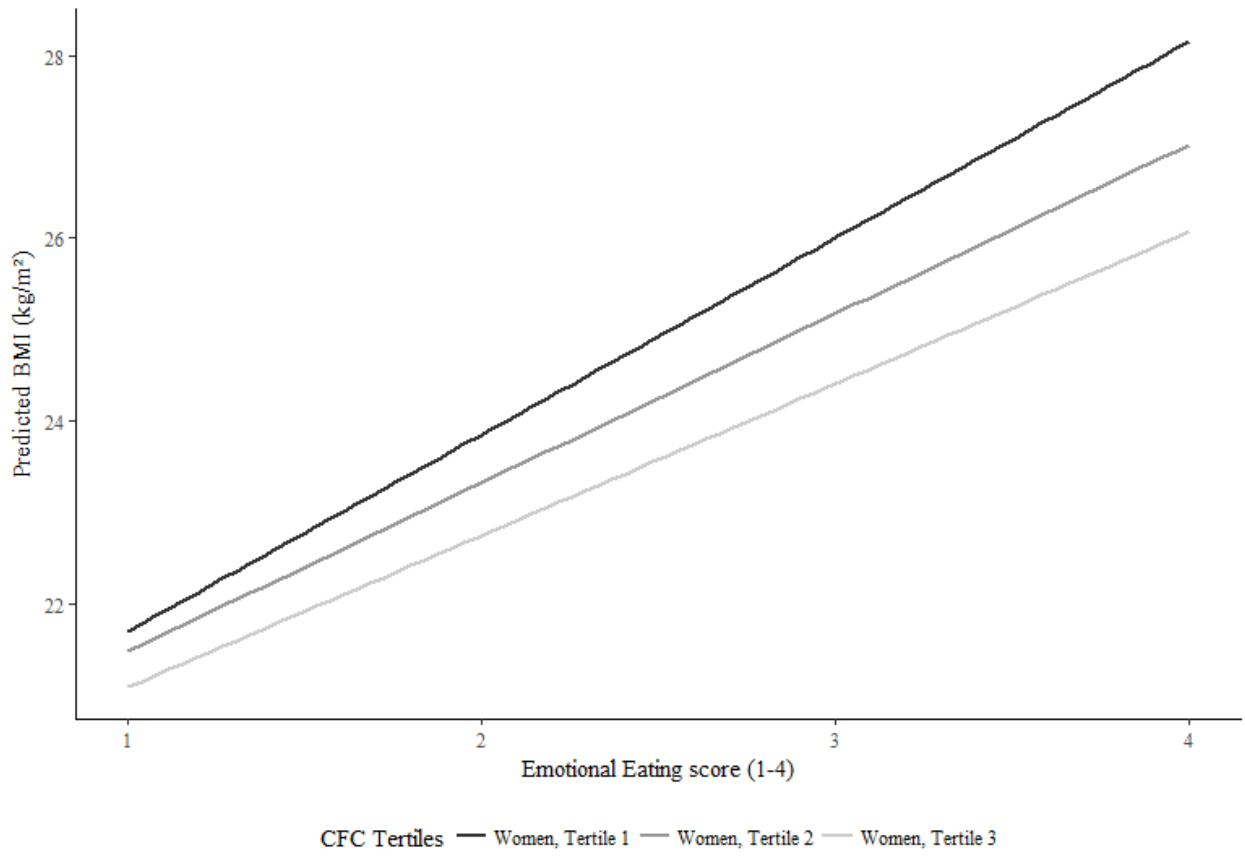
50. Joireman J, Anderson J, Strathman A. The aggression paradox: understanding links among aggression, sensation seeking, and the consideration of future consequences. *J Pers Soc Psychol.* 2003;84:1287.
51. Joireman J, King S. Individual differences in the consideration of future and (more) immediate consequences: A review and directions for future research. *Soc Personal Psychol Compass.* 2016;10:313–326.
52. Joireman J, Balliet D, Sprott D, Spangenberg E, Schultz J. Consideration of future consequences, ego-depletion, and self-control: Support for distinguishing between CFC-Immediate and CFC-Future sub-scales. *Personal Individ Differ.* 2008;45:15–21.
53. Stanford MS, Mathias CW, Dougherty DM, Lake SL, Anderson NE, Patton JH. Fifty years of the Barratt Impulsiveness Scale: An update and review. *Personal Individ Differ.* 2009;47:385–395.
54. Hofmann W, Friese M, Strack F. Impulse and self-control from a dual-systems perspective. *Perspect Psychol Sci.* 2009;4:162–176.
55. Herberg S, Castetbon K, Czernichow S, Malon A, Mejean C, Kesse E, et al. The Nutrinet-Santé Study: a web-based prospective study on the relationship between nutrition and health and determinants of dietary patterns and nutritional status. *BMC Public Health.* 2010;10:242.
56. Tholin S, Rasmussen F, Tynelius P, Karlsson J. Genetic and environmental influences on eating behavior: the Swedish Young Male Twins Study. *AmJClinNutr.* 2005;81:564–9.
57. Demarque C, Apostolidis T, Chagnard A, Dany L. Adaptation et validation française de l'échelle de perspective temporelle «Consideration of future consequences»(CFC). *Bull Psychol.* 2010;:351–360.
58. Baylé FJ, Bourdel MC, Caci H, Gorwood P, Chignon JM, Adés J, et al. [Factor analysis of french translation of the Barratt impulsivity scale (BIS-10)]. *Can J Psychiatry Rev Can Psychiatr.* 2000;45:156–65.
59. Patton JH, Stanford MS, Barratt ES. Factor structure of the Barratt impulsiveness scale. *J Clin Psychol.* 1995;51:768–74.
60. Hagenaars AJ, De Vos K, Asghar Zaidi M. Poverty statistics in the late 1980s: Research based on micro-data. 1994.
61. Craig CL, Marshall AL, Sjöström M, Bauman AE, Booth ML, Ainsworth BE, et al. International physical activity questionnaire: 12-country reliability and validity. *Med Sci Sports Exerc.* 2003;35:1381–95.
62. Baumeister RF. Yielding to temptation: Self-control failure, impulsive purchasing, and consumer behavior. *J Consum Res.* 2002;28:670–676.
63. Ebner D, Latner J, Rosewall J, Chisholm A. Impulsivity in restrained eaters: emotional and external eating are associated with attentional and motor impulsivity. *Eat Weight Disord EWD.* 2012;17:e62-65.
64. Jasinska AJ, Yasuda M, Burant CF, Gregor N, Khatri S, Sweet M, et al. Impulsivity and inhibitory control deficits are associated with unhealthy eating in young adults. *Appetite.* 2012;59:738–47.

65. Ouwens MA, van Strien T, van Leeuwe JF. Possible pathways between depression, emotional and external eating. A structural equation model. *Appetite*. 2009;53:245–248.
66. Pothos EM, Tapper K, Calitri R. Cognitive and behavioral correlates of BMI among male and female undergraduate students. *Appetite*. 2009;52:797–800.
67. Rothman KJ, Greenland S, Lash TL. *Modern epidemiology*. Third Edition. 2008.
68. D'Argembeau A, Renaud O, Van der Linden M. Frequency, characteristics and functions of future-oriented thoughts in daily life. *Appl Cogn Psychol*. 2011;25:96–103.
69. Liu PJ, Wisdom J, Roberto CA, Liu LJ, Ubel PA. Using Behavioral Economics to Design More Effective Food Policies to Address Obesity. *Appl Econ Perspect Policy*. 2014;36:6–24.
70. Wittmann M, Peter J, Gutina O, Otten S, Kohls N, Meissner K. Individual differences in self-attributed mindfulness levels are related to the experience of time and cognitive self-control. *Personal Individ Differ*. 2014;64:41–45.
71. Bishop SR, Lau M, Shapiro S, Carlson L, Anderson ND, Carmody J, et al. Mindfulness: A proposed operational definition. *Clin Psychol Sci Pract*. 2004;11:230–241.
72. Drake L, Duncan E, Sutherland F, Abernethy C, Henry C. Time perspective and correlates of wellbeing. *Time Soc*. 2008;17:47–61.
73. Seema R, Sircova A. Mindfulness—a Time Perspective? Estonian Study. *Balt J Psychol*. 2013;14.
74. Frieze M, Messner C, Schaffner Y. Mindfulness meditation counteracts self-control depletion. *Conscious Cogn*. 2012;21:1016–22.
75. Katterman SN, Kleinman BM, Hood MM, Nackers LM, Corsica JA. Mindfulness meditation as an intervention for binge eating, emotional eating, and weight loss: a systematic review. *Eat Behav*. 2014;15:197–204.
76. O'Reilly GA, Cook L, Spruijt-Metz D, Black DS. Mindfulness-based interventions for obesity-related eating behaviours: a literature review. *Obes Rev*. 2014;15:453–461.
77. Atance CM, O'Neill DK. Episodic future thinking. *Trends Cogn Sci*. 2001;5:533–539.
78. Dassen FC, Jansen A, Nederkoorn C, Houben K. Focus on the future: Episodic future thinking reduces discount rate and snacking. *Appetite*. 2016;96:327–332.
79. Bekker MH, van de Meerendonk C, Mollerus J. Effects of negative mood induction and impulsivity on self-perceived emotional eating. *Int J Eat Disord*. 2004;36:461–469.
80. Racine SE, Culbert KM, Larson CL, Klump KL. The possible influence of impulsivity and dietary restraint on associations between serotonin genes and binge eating. *J Psychiatr Res*. 2009;43:1278–86.
81. Houben K, Jansen A. Training inhibitory control. A recipe for resisting sweet temptations. *Appetite*. 2011;56:345–349.
82. Houben K. Overcoming the urge to splurge: Influencing eating behavior by manipulating inhibitory control. *J Behav Ther Exp Psychiatry*. 2011;42:384–388.

83. Jones A, Di Lemma LC, Robinson E, Christiansen P, Nolan S, Tudur-Smith C, et al. Inhibitory control training for appetitive behaviour change: A meta-analytic investigation of mechanisms of action and moderators of effectiveness. *Appetite*. 2016;97:16–28.
84. Cross CP, Copping LT, Campbell A. Sex differences in impulsivity: a meta-analysis. *Psychol Bull*. 2011;137:97–130.
85. Lassale C, Péneau S, Touvier M, Julia C, Galan P, Hercberg S, et al. Validity of web-based self-reported weight and height: results of the Nutrinet-Santé study. *J Med Internet Res*. 2013;15.

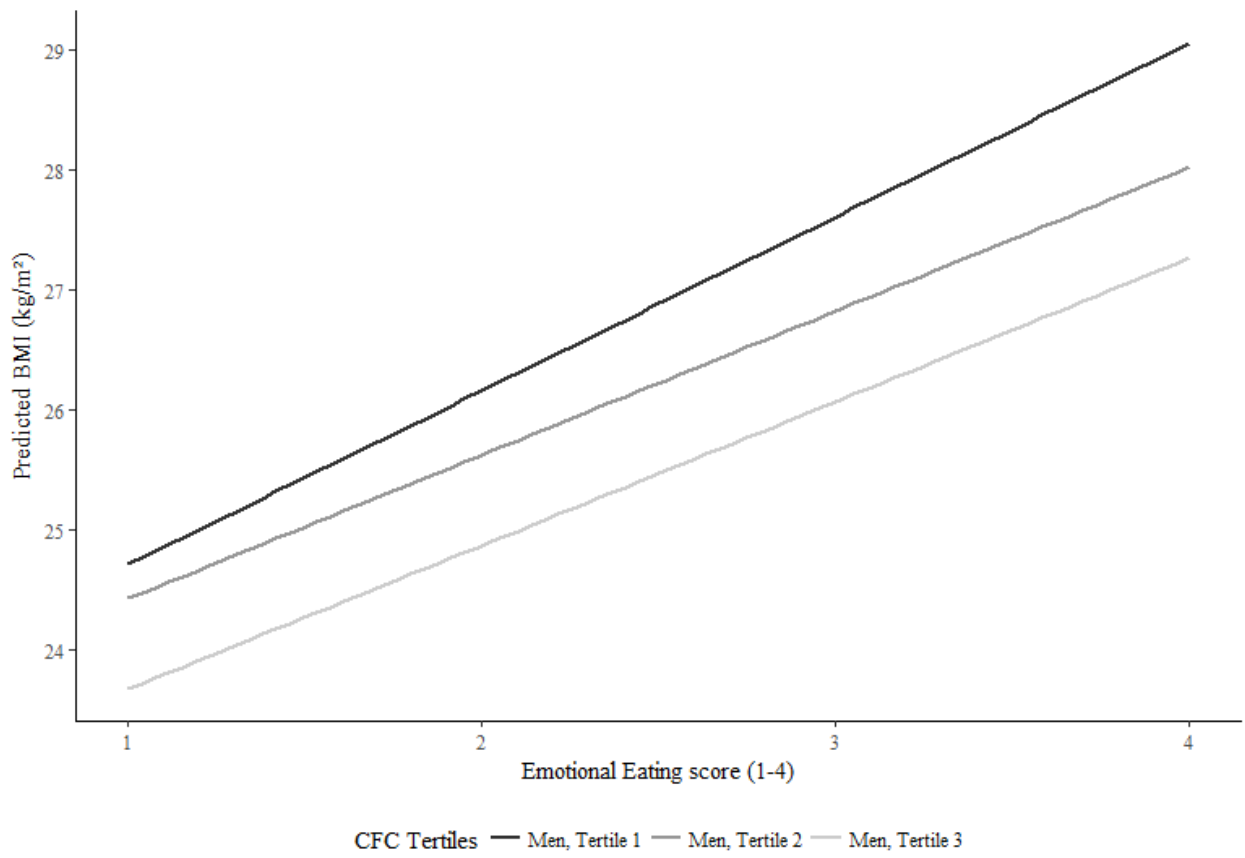
Additional File 1 (.docx)

Title: Association between emotional eating and BMI according to consideration of future consequences categories (CFC) in women



Additional File 2 (.docx)

Title: Association between emotional eating and BMI according to consideration of future consequences categories (CFC) in men



Additional File 3 (.docx)

Title: Association between emotional eating and BMI according to impulsivity categories in women

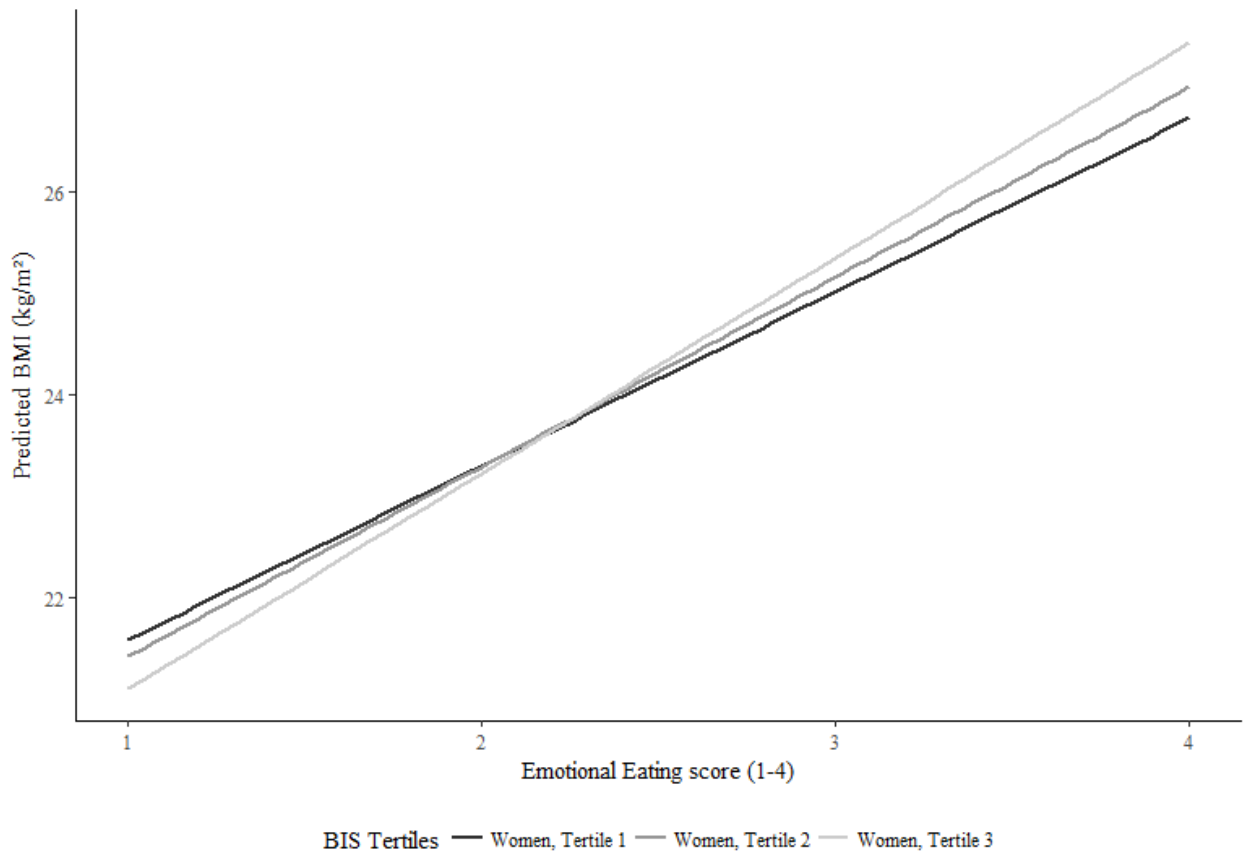


Table 1. Characteristics of 39,771 participants according to gender (NutriNet-Santé study, 2014)

	All (n=39,771)	Women (n=29,797)	Men (n=9,974)	P ¹
Age (years) ²	49.9 ± 13.7	48.5 ± 13.5	54.1 ± 13.6	<.0001
Education level (%)				<.0001
Primary	2.8	2.7	3.3	
Secondary	32.8	32.4	34.3	
Some college	30.9	33.2	24.0	
University	33.2	31.5	38.2	
Missing data	0.2	0.2	0.2	
Occupational status (%)				<.0001
Unemployed	10.0	11.9	4.5	
Student	3.5	4.1	1.5	
Self-employed, farmer	1.7	1.6	2.0	
Employee, manual worker	16.0	18.5	8.5	
Intermediate professions	16.5	18.1	11.7	
Managerial staff, intellectual profession	22.1	20.6	26.7	
Retired	30.1	25.1	45.1	
Monthly household income (%) ³				<.0001
< 1,200€	13.3	14.6	9.3	
1,200-1,799€	23.1	23.7	21.4	
1,800-2,299€	15.3	15.4	14.7	
2,300-2,699€	9.5	8.7	11.8	
2,700-3,699€	16.5	15.3	20.0	
≥ 3,700€	11.1	9.6	15.6	
Unwilling to answer	10.3	11.4	6.8	
Missing data	1.0	1.2	0.4	
Smoking status (%)				<.0001
Never smokers	48.7	51.6	40.0	
Smokers	51.3	48.4	60.0	
Physical activity (%)				<.0001
Low	21.6	22.3	19.4	
Moderate	40.5	42.1	35.6	
High	34.4	31.9	42.0	
Missing data	3.5	3.7	3.0	
History of dieting (%)				<.0001
Never dieters	60.8	57.7	70.3	
Dieters	39.2	42.3	29.7	
Baseline BMI (kg/m ²) ²	24.0 ± 4.5	23.6 ± 4.6	25.1 ± 3.8	<.0001
BMI change/year (kg.m ⁻² .y ⁻¹) ^{2,4}	0.04 ± 0.48	0.05 ± 0.51	0.02 ± 0.36	<.0001
Period of follow-up (years) ^{4,5}	5.27 (4.00-6.93)	5.19 (3.97-6.91)	5.96 (4.00-6.94)	<.0001
Baseline Weight status (%)				<.0001
Underweight (< 18.5 kg/m ²)	4.7	5.9	1.1	
Normal (≥ 18.5 and <25 kg/m ²)	63.4	66.4	54.1	
Overweight (≥ 25 and <30 kg/m ²)	22.9	18.6	35.5	
Obese (≥ 30 kg/m ²)	8.9	8.8	9.3	
Missing data	0.1	0.1	0.0	
CFC (CFC-12) (range: 12-60) ²	40.4 ± 7.0	40.2 ± 7.0	40.8 ± 6.9	<.0001
Impulsivity (BIS-11) (range: 30-120) ²	58.6 ± 8.0	58.9 ± 7.9	57.4 ± 8.0	<.0001
Emotional eating score (range: 1-4) ⁵	2.00 (1.33-2.83)	2.17 (1.67-2.83)	1.67 (1.00-2.17)	<.0001

CFC-12, Consideration of Future Consequences scale, high CFC scores indicate a high level of future orientation.

BIS-11, Barratt Impulsiveness Scale (11th version), high BIS-11 scores indicate a high level of impulsivity.

¹*p-value based on t tests for continuous variables or chi-square tests for categorical variables (corrected for multiple testing with a Holm-Bonferroni procedure)*

²*Mean \pm SD*

³*Members of a household received different weights according to the OECD-modified equivalence scale: 1 for the first adult in the household, 0.5 for other persons aged 14 or older and 0.3 for children under 14 [60]. Total household income is then divided by the sum of the weights *s* to yield a representative income*

⁴*Based on the 38,665 participants with at least two measures of BMI*

⁵*Median (Interquartile range), adjusted p-value based on Wilcoxon two-sample test*

Table 2. Consideration of future consequences (CFC), impulsivity, and emotional eating scores in 39,771 participants (NutriNet-Santé study, 2014)

GENDER	CFC	Emotional eating score		Impulsivity	Emotional eating score	
		Median (Interquartile range)	P ¹		Median (Interquartile range)	P ¹
WOMEN	CFC Tertile 1	2.33 (1.67-3.00)	<.0001	Impulsivity Tertile 1	2.00 (1.33-2.67)	<.0001
	CFC Tertile 2	2.17 (1.67-2.83)		Impulsivity Tertile 2	2.17 (1.67-2.83)	
	CFC Tertile 3	2.17 (1.50-2.83)		Impulsivity Tertile 3	2.33 (1.83-3.00)	
MEN	CFC Tertile 1	1.67 (1.00-2.17)	.78	Impulsivity Tertile 1	1.50 (1.00-2.00)	<.0001
	CFC Tertile 2	1.67 (1.17-2.17)		Impulsivity Tertile 2	1.67 (1.17-2.17)	
	CFC Tertile 3	1.67 (1.00-2.17)		Impulsivity Tertile 3	1.83 (1.17-2.50)	

Emotional eating score ranges from 1 to 4.

CFC-12, Consideration of Future Consequences scale, high CFC-12 scores indicate a high level of future orientation.

BIS-11, Barratt Impulsiveness Scale (11th version), high BIS-11 scores indicate a high level of impulsivity.

The three categories of CFC-12 and BIS-11 were calculated according to tertiles of the total score.

¹p-values are based on Kruskal-Wallis tests (corrected for multiple testing with a Holm-Bonferroni procedure)

Table 3. Association between emotional eating and repeated measures of BMI according to consideration of future consequences categories (CFC) (NutriNet-Santé study, 2014)

Gender	CFC	EmE β^1 (95% CI)	P ²	EmE × CFC-12 β^3 (95% CI)	P ²	EmE × CFC-12 β^3 (95% CI)	P ²
Women	CFC Tertile 1	1.72 (1.63, 1.81)	<.0001	Ref			
	CFC Tertile 2	1.48 (1.37, 1.59)	<.0001	-0.23 (-0.37, -0.09)	.007	Ref	
	CFC Tertile 3	1.29 (1.20, 1.38)	<.0001	-0.43 (-0.55, -0.30)	<.0001	-0.19 (-0.33, -0.05)	.03
Men	CFC Tertile 1	1.18 (1.04, 1.33)	<.0001	Ref			
	CFC Tertile 2	0.83 (0.65, 1.00)	<.0001	-0.36 (-0.58, -0.13)	.01	Ref	
	CFC Tertile 3	0.91 (0.76, 1.06)	<.0001	-0.27 (-0.48, -0.07)	.03	0.08 (-0.15, 0.31)	.48

CFC-12, Consideration of Future Consequences scale, high CFC-12 scores indicate a high level of future orientation. The three categories of CFC-12 were calculated according to tertiles of the total score.

EmE, Emotional Eating, is continuous variable ranging from 1 to 4.

¹ β coefficients of the EmE effect can be interpreted as changes in BMI (in kg/m²) per increase of 1 point in the EmE scale in each CFC category.

²Adjusted p-value (correction for multiple testing with a Holm-Bonferroni procedure) based on linear mixed-effects models with time, age, education level, occupational status, monthly income household unit, smoking status, physical activity, and history of dieting as fixed effects, and intercept and time as random effects.

³ β coefficients of the EmE × CFC-12 interaction can be interpreted as differences of BMI slope (in kg/m²) per increase of 1 point in the EmE scale between CFC categories.

Table 4. Association between emotional eating and repeated measures of BMI according to impulsivity categories (NutriNet-Santé study, 2014)

Gender	BIS-11	EmE β^1 (95% CI)	P ²	EmE × BIS-11 β^3 (95% CI)	P ²	EmE × BIS-11 β^3 (95% CI)	P ²
Women	BIS-11 Tertile 1	1.35 (1.25, 1.46)	<.0001	Ref			
	BIS-11 Tertile 2	1.47 (1.38, 1.57)	<.0001	0.12 (-0.02, 0.26)	.18	Ref	
	BIS-11 Tertile 3	1.73 (1.63, 1.82)	<.0001	0.37 (0.24, 0.51)	<.0001	0.26 (0.12, 0.39)	.0009
Men	All	1.00 (0.91, 1.10)	<.0001	-		-	

BIS-11, Barratt Impulsiveness Scale (11th version), high BIS-11 scores indicate a high level of impulsivity.

The three categories of BIS-11 were calculated according to tertiles of the total score.

EmE, Emotional Eating, is continuous variable ranging from 1 to 4.

¹ *β coefficients of the EmE effect can be interpreted as changes in BMI (in kg/m²) per increase of 1 point in the EmE scale in each impulsivity category.*

²*Adjusted p-value (correction for multiple testing with a Holm-Bonferroni procedure) based on linear mixed-effects models with time, age, education level, occupational status, monthly income household unit, smoking status, physical activity, and history of dieting as fixed effects, and intercept and time as random effects.*

³ *β coefficients of the EmE × BIS-11 interaction can be interpreted as differences in change of BMI (in kg/m²) per increase of 1 point in the EmE scale between impulsivity categories.*

DISCUSSION GENERALE ET PERSPECTIVES

1. Principaux résultats

Les objectifs de cette thèse étaient d'étudier les relations entre les préférences temporelles, les comportements alimentaires et l'obésité.

L'impulsivité a été associée à une moins bonne qualité du régime alimentaire évaluée selon le score PNNS (score *a priori* basé sur les recommandations nutritionnelles). Des associations positives ont été observées entre l'impulsivité et la consommation de boissons alcoolisées et de produits apéritifs ; et des associations négatives ont été observées pour les fruits et légumes, les viandes et volailles, la charcuterie, les produits laitiers, les desserts et les féculents. De plus, l'impulsivité était positivement associée aux apports énergétiques. Cependant, l'impulsivité n'a pas été associée à la consommation d'aliments palatables tels que les fromages, les matières grasses, les produits gras et sucrés et les fast-foods. Ces résultats divergent par rapport aux hypothèses de mécanisme de l'impulsivité, car des associations significatives étaient attendues pour ces groupes d'aliments. En accord avec nos hypothèses, l'impulsivité a été positivement associée à la fréquence de grignotage et à une augmentation de chance d'avoir un risque de TCA. Des associations particulièrement élevées ont été observées pour les troubles boulimiques et les accès hyperphagiques qui sont caractérisées par des pertes de contrôles sur l'alimentation.

La considération des conséquences futures a été associée à une meilleure qualité nutritionnelle du régime alimentaire calculée à partir du score PNNS et plusieurs associations significatives ont été observées avec les consommations des groupes d'aliments. En particulier, l'échelle de CFC était directement associée à une augmentation de consommation de fruits et légumes, produits laitiers, féculents, aliments complets, légumineuses, et produits sucrés ; et une diminution de consommation de viandes et volailles, charcuterie, matières grasses, fast food et boissons alcoolisées. Les principales motivations observées permettant d'expliquer ces choix étaient des préoccupations élevées pour la santé et l'environnement, et une faible préoccupation pour l'innovation. Les participants de l'étude avec un niveau élevé de CFC étaient également motivés par le goût des aliments qu'ils choisissaient, ayant pour conséquence une suppression de l'effet de la CFC pour certains groupes d'aliments. Un niveau élevé de CFC était également associé

à une augmentation de chance de consommer 14 groupes d'aliments issus de l'agriculture biologique. Les associations les plus fortes ont été observées pour les féculents et les fruits et légumes.

Concernant l'obésité, l'impulsivité était associée à une augmentation de chance d'être obèse, tandis que la CFC était associée à une diminution de chance d'être obèse. Plus particulièrement, l'impulsivité était positivement associée au surpoids et l'obésité chez les hommes et seulement à l'obésité chez les femmes. Les associations étaient globalement plus fortes chez les hommes. La CFC était négativement associée au surpoids et à l'obésité en transversal. Les analyses de médiation sur mesures répétées entre CFC et IMC montraient des effets indirects significatifs des patterns alimentaires et de l'activité physique sur cette relation. Cependant, la CFC n'était pas associée à un changement d'IMC sur la période étudiée. Enfin, l'impulsivité et la CFC ont modéré la relation positive entre alimentation émotionnelle et obésité, avec une diminution de l'effet de l'alimentation émotionnelle lorsque l'impulsivité était faible ou lorsque la CFC était élevée, notamment chez les femmes. Ces résultats montrent le rôle de l'interaction entre émotions et cognition et de son impact potentiel sur les comportements alimentaires et l'obésité.

L'ensemble des résultats observés était globalement similaire chez les hommes et femmes (excepté la relation entre impulsivité et surpoids) ou selon l'âge des participants. Tous ces travaux mettent en évidence l'importance des facteurs psychologiques et plus particulièrement l'impulsivité et la CFC en tant que déterminants du comportement alimentaire et du surpoids.

Résultats complémentaires apportés par les travaux menés en tant que co-auteur

Des études apportant des informations complémentaires au regard des principaux résultats ont également été menées. Les échelles de restriction cognitive rigide et flexible ont été validées au sein de la cohorte NutriNet-Santé. Cette étude de validation a renforcé la nécessité de distinguer ces deux types de restriction pouvant avoir des conséquences différentes sur l'autorégulation des comportements alimentaires. Conformément à la littérature, la restriction flexible n'était pas associée à l'obésité alors que la restriction rigide l'était. De plus, la restriction flexible n'était pas corrélée à l'impulsivité et à la CFC (Impulsivité : $r = -0,07$; $P = 0,10$ / CFC : $r = 0,05$; $P = 0,30$), alors que la restriction rigide était positivement corrélée à l'impulsivité et négativement corrélée à l'échelle de CFC (Impulsivité : $r = 0,11$; $P = 0,01$ / CFC : $r = -0,09$; $P = 0,04$).

2. Impulsivité et considération des conséquences futures

L'impulsivité et la perspective temporelle sont deux mesures des préférences temporelles et partagent donc des points communs. Dans l'échantillon des participants de NutriNet-Santé ayant répondu aux deux questionnaires, l'échelle de CFC était négativement corrélée à l'échelle d'impulsivité de Barratt chez les femmes ($r = -0,40$; $P < 0,0001$) et chez les hommes ($r = -0,43$; $P < 0,0001$). Une étude ayant mesuré ces deux échelles a également observé une corrélation négative du même ordre ($r = -0,44$; $P < 0,01$) (Cosenza and Nigro, 2015). En conséquence, plus un individu est orienté dans le futur, moins il est impulsif. Malgré ces corrélations, ces deux mesures possèdent des différences. La CFC mesure un dilemme intertemporel entre l'adoption d'un comportement présent pour des bénéfices immédiats ou des bénéfices futurs (Joireman and King, 2016). Cet arbitrage nécessite l'anticipation et la représentation des conséquences immédiates et futures. Concernant l'impulsivité, on retrouve une absence d'anticipation ou de représentation des conséquences futures, voir des conséquences immédiates (Moeller et al., 2001). Cependant, il existe un manque d'études dans la littérature permettant d'approfondir les différences de mécanisme entre ces deux concepts (Joireman and King, 2016). La CFC est parfois considérée comme une mesure d'impulsivité (Emery and Levine, 2017), ou un concept équivalent à l'escompte temporel malgré l'absence d'une relation robuste entre ces deux mesures (Teuscher and Mitchell, 2011). De plus, le nombre important de définitions de l'impulsivité représente une autre limite à cette comparaison (Emery and Levine, 2017).

Les différences entre impulsivité et considération des conséquences futures apparaissent également au niveau des associations observées avec le comportement alimentaire et le statut pondéral. L'impulsivité était positivement associée à l'alimentation émotionnelle, au contraire de la CFC qui était faiblement associée à l'alimentation émotionnelle chez les femmes et n'était pas associée chez les hommes. L'impulsivité pourrait donc avoir un lien plus important avec les affects émotionnels par rapport à la CFC. Ces aspects rejoignent le neuroticisme, l'un des traits de personnalité du modèle du *Big Five* caractérisé par une personnalité impulsive et susceptible à exprimer des émotions négatives (Gerlach et al., 2015). Parallèlement, la CFC serait plutôt associée avec la conscienciosité, autre trait de personnalité du modèle du *Big Five*, caractérisée par l'auto-discipline, la recherche de réussite et l'atteinte d'un objectif (Gick, 2014).

Concernant les associations avec les consommations alimentaires, les forces d'associations étaient globalement plus fortes avec la CFC qu'avec l'impulsivité. Nos hypothèses portaient sur une association positive entre la CFC et la consommation de groupes d'aliments « sains », tels que les fruits et légumes ou les féculents complets, car un haut niveau de CFC suppose un comportement présent en accord avec des objectifs futurs (exemple : une meilleure santé). Pour l'impulsivité, une association positive avec la consommation de groupes d'aliments palatables, tels que les produits gras et sucrés et fast food, était attendue. Cette hypothèse reposait sur les difficultés des personnes impulsives à inhiber certains désirs alimentaires. Nos hypothèses ont été vérifiées pour la CFC, avec des associations positives pour la consommation de fruits et légumes, de féculents complets et de légumineuses, mais pour l'impulsivité seules deux associations positives avec les consommations de boissons alcoolisées et de produits apéritifs ont été obtenues. Une des possibilités pouvant expliquer ce résultat repose sur la mesure d'impulsivité utilisée qui est une mesure d'un trait impulsif et non d'états impulsifs (qui mesurent avec une meilleure précision les mécanismes d'inhibition). L'analyse de médiation entre la CFC et les consommations alimentaires par les motivations des choix alimentaires a permis d'approfondir cette relation. Cependant, aucun médiateur n'a été exploré dans la relation entre impulsivité et consommations alimentaires. On ne peut exclure la possibilité de l'existence d'un effet supprimeur de cette relation.

Enfin, les résultats de l'impulsivité et de la CFC avec le surpoids et l'obésité correspondent aux résultats attendus. Un niveau élevé d'impulsivité a été positivement associé à l'obésité, et un haut niveau d'orientation vers le futur a été négativement associé à l'IMC. De nombreux facteurs liés à l'autorégulation ont été associés à l'IMC telles que la désinhibition (Bryant et al., 2008) ou la pleine conscience (O'Reilly et al., 2014). Il est possible que l'impulsivité ou la CFC partagent des mécanismes communs ou liés avec ces facteurs. L'impulsivité a par exemple souvent été liée à la désinhibition soulignant la sensation de perte de contrôle régulièrement observée parmi les individus impulsifs (Yeomans et al., 2008; Etievant et al., 2010). La pleine conscience, par son effet sur la gestion des émotions, pourrait également permettre d'améliorer les capacités d'inhibition des individus impulsifs (Peters et al., 2011), ou d'améliorer l'orientation vers le futur (Drake et al., 2008). Cependant, ces facteurs sont rarement étudiés simultanément, ce qui limite la portée des résultats obtenus avec les autres concepts liés à l'autorégulation.

3. Considérations méthodologiques

3.1. Population d'étude

La généralisation des observations obtenues est limitée par la représentativité des échantillons analysés. L'étude NutriNet-Santé est une cohorte prospective basée sur le volontariat des participants. La participation aux études épidémiologiques est généralement associée aux facteurs socio-démographiques, avec une sous-représentation des groupes d'individus de faible position socio-économique (Tjønneland et al., 2007). Une analyse comparant les caractéristiques de l'étude NutriNet-Santé avec les caractéristiques de la population française a montré que la cohorte NutriNet-Santé avait une proportion plus importante de femmes (78,0% vs 52,4%), plus d'individus avec un niveau d'éducation élevé (niveau universitaire : 61,5% vs 24,9%), avaient plus de personnes nées en France (94,9% vs 86,5%), plus de personnes en couple (70,8% vs 62,0%), moins souvent d'enfants dans le foyer (34,2% vs 36,6%), moins de personnes retraitées (17,1% vs 27,4%), moins d'agriculteurs (1,8% vs 14,9%), moins d'artisans (1,8% vs 3,4%), plus de cadres ou personnes avec une profession intellectuelle (22,1% vs 9,1%), plus d'étudiants (8,8% vs 4,5%), et plus d'ouvriers/employés (35,8% vs 31,8%) (Andreeva et al., 2015). La représentation géographique, l'âge et les niveaux de revenu sont similaires à ceux de la population générale française. Cependant, les études épidémiologiques sont rarement représentatives de la population générale et reportent fréquemment des proportions plus importantes de femmes ou de personnes avec un niveau d'éducation élevé (Galea and Tracy, 2007). De plus, la cohorte NutriNet-Santé est basée sur internet, permettant la participation de personnes âgées, de personnes nées en dehors de la France, ou encore de personnes sans emplois ou handicapées qui sont généralement sous-représentées (Galea and Tracy, 2007; Andreeva et al., 2015). En effet, environ 71,6% de la population française utilisait internet en 2009 (World Bank Open Data), et 74% des ouvriers, 79% des chômeurs et 55% des personnes avec un faible niveau d'éducation ont déclaré utiliser internet lors d'une enquête en 2010 (Gombault, 2011). Certains participants de l'étude ont aussi indiqué que l'utilisation d'internet a conditionné leur participation (Méjean et al., 2014a).

Les cohortes épidémiologiques sont également concernées par l'attrition des participants au fur et à mesure du déroulement des études (Rothman et al., 2008; Woodward, 2013). Les

préférences temporelles ont été mesurées 5 ans après le lancement de la cohorte NutriNet-Santé et une part importante des participants de l'étude ont été inclus au début de l'étude. Il est donc possible que les personnes ayant répondu aux questionnaires des préférences temporelles présentent des intérêts accrus aux thématiques de santé et de nutrition et un profil psychologique particulier par rapport à l'ensemble des participants de l'étude, qui eux-mêmes sont plus susceptibles de présenter ces intérêts par rapport à la population générale française. Par conséquent, seule une partie des inclus de l'étude ont répondu à ces questionnaires, qui étaient cependant optionnels. Il est probable que ces personnes possèdent moins de chance de présenter des comportements à risque pour la santé. Toutefois, l'ensemble des éléments sur ce biais de sélection indiquerait plutôt une sous-estimation de l'effet des préférences temporelles sur les comportements alimentaires.

Malgré les différences de profils socio-démographiques entre la cohorte et la population française, l'élément essentiel des travaux réalisés repose sur la diversité de ces profils au sein de la cohorte. En effet, la majorité des études analysant l'association entre des facteurs psychologiques et les comportements alimentaires ne sont pas réalisées en population générale et ne prennent donc pas en compte ces facteurs de confusion. L'ensemble des résultats présentés renforce les hypothèses préétablies sur la relation entre préférences temporelles, comportements alimentaires et obésité.

3.2. Données nutritionnelles

Les consommations alimentaires ont été évaluées à partir d'au moins trois enregistrements de 24 heures sur une période de deux ans avant et deux après le remplissage des questionnaires sur les préférences temporelles. En général, les individus ne modifient pas de façon importante leur régime alimentaire d'une année à l'autre (Willett, 2012), et les corrélations entre les mesures répétées de certains nutriments restent acceptables pour des intervalles pouvant aller jusqu'à 5 ans (Byers et al., 1987; Rohan and Potter, 1984). L'utilisation d'une période d'évaluation plus large nous permet donc d'inclure plus d'individus dans nos analyses, tout en ayant une estimation plus précise des consommations alimentaires.

Les enregistrements de 24 heures ont l'avantage de minimiser le biais de mémoire des participants et d'être répartis sur plusieurs saisons (Willett, 2012). Cependant, les dates étant connues à l'avance, les individus peuvent avoir tendance à modifier leur alimentation,

consciemment ou non (Rutishauser, 2005). De plus, les consommations de boissons ou les prises alimentaires hors repas sont susceptibles d'être sous-estimées. Plusieurs études ont analysé la concordance des données recueillies dans la cohorte NutriNet-Santé. Ainsi, l'utilisation des enregistrements de 24 heures a été validée dans une première étude à partir de comparaison des apports en protéines, potassium et sodium avec des biomarqueurs urinaires (Lassale et al., 2015). Dans une deuxième étude, les apports en poisson, fruits, légumes et certains micronutriments ont été corrélés à des biomarqueurs sanguins (β -carotène, vitamine C et acides gras polyinsaturés oméga 3) (Lassale et al., 2016). Enfin, les données ont été comparées aux données obtenues lors d'un entretien avec des diététiciens et ont montré une bonne concordance (Touvier et al., 2011).

L'évaluation des consommations alimentaires issues de l'agriculture biologique ont été évaluées avec un questionnaire de fréquence alimentaire. Ce type de questionnaire nécessite un effort de mémoire important et estime de façon moins précise les consommations alimentaires usuelles, mais est plus simple à remplir pour les participants (Rothman et al., 2008). L'utilisation d'un questionnaire de fréquence alimentaire a permis d'évaluer les quantités et la part d'aliments d'origine biologique par rapport aux aliments conventionnels (au total ou par groupe d'aliments). Une analyse de sensibilité a également vérifié la robustesse de la pondération utilisée afin de déterminer les quantités d'aliments biologiques reportées (Baudry et al., 2015). Par ailleurs, les éventuelles sous- ou sur-déclarations obtenues à partir des enregistrements de 24 heures ou du questionnaire de fréquence alimentaire ont été vérifiées

Les patterns alimentaires ont été étudiés à partir de méthodes *a priori* avec le score PNNS et *a posteriori* avec l'utilisation d'analyses en composantes principales, renforçant notamment le lien positif entre CFC et qualité de l'alimentation. L'utilisation du score PNNS a permis d'analyser les liens entre les préférences temporelles et l'adhésion aux repères nutritionnels français. La prise en compte d'une pénalité sur les apports énergétiques représente également une force des analyses réalisées, car les individus ayant des apports alimentaires élevés ont plus de chance d'atteindre les recommandations. Cependant, il existe de grandes disparités dans la construction des scores *a priori* et les résultats obtenus peuvent être difficilement comparables à d'autres études ou généralisables selon les scores utilisés, sachant qu'ils dépendent également de la méthode de recueil utilisée (Etievant et al., 2010). Les méthodes *a posteriori* possèdent plusieurs inconvénients. Les interprétations des patterns obtenus à partir des méthodes d'analyse statistique exploratoire

possèdent une dimension subjective importante, dépendent de l'échantillon analysé et des groupes d'aliments étudiés. Les comparaisons de résultats entre études et/ou pays sont difficiles en raison de ces variabilités. Toutefois, elles permettent de distinguer des profils nutritionnels non préalablement définies en maximisant la variance et l'utilisation des données à disposition. Les charges obtenues à l'issue de l'analyse permettent également de connaître le poids relatif et la contribution de chacun des groupes d'aliments utilisés par rapport à chacune des composantes obtenues.

Enfin, l'utilisation d'un questionnaire sur les motivations des choix alimentaires a permis d'approfondir la relation entre CFC et consommations alimentaires, notamment grâce à la prise en compte des motivations environnementales et éthique qui sont particulièrement pertinentes dans l'étude des préférences temporelles.

3.3. Données sur les comportements alimentaires

Les pratiques du grignotage ont été mesurées grâce à des questions ad hoc. Ces questions n'ont pas été validées, et la qualité nutritionnelle de ces prises alimentaires n'a pas été évaluée. Cependant, une étude sur le grignotage réalisée dans un échantillon de NutriNet-Santé suggère que les grignotages des participants possédaient une densité énergétique plus importante par rapport aux repas principaux. Les données sur les troubles des conduites alimentaires ont été obtenues à partir du questionnaire SCOFF. Ce questionnaire ne permet pas de diagnostiquer directement les TCA, mais est un outil recommandé dans l'évaluation des risques de TCA, notamment car il s'agit d'un questionnaire court et simple à remplir (NICE). De plus, il possède une bonne sensibilité et une bonne spécificité, malgré une valeur prédictive positive relativement faible (Luck et al., 2002). Par conséquent, une surestimation des cas de risque de TCA est possible (faux positifs), mais elle est jugée comme acceptable en pratique dans la mesure où les vrais positifs sont identifiés (NICE). La classification des TCA a été réalisée avec l'algorithme Expali selon une classification large des différents troubles, en incluant les cas atypiques d'anorexie et de boulimie. Cette classification permet une étude plus cohérente des hypothèses relatives aux mécanismes de l'impulsivité en regroupant des comportements homogènes. Cependant, la comparaison des chiffres de prévalence avec les études utilisant une autre classification est plus difficile.

3.4. Données anthropométriques

Les données anthropométriques utilisées au cours des analyses sont des données auto-reportées par les participants de l'étude. Un biais de déclaration est donc possible sur ces données. Plusieurs études montrent que les participants ont tendance à surestimer leur taille et à sous-estimer leur poids (Engstrom et al., 2003; Taylor et al., 2006; Nyholm et al., 2007). De plus, l'IMC est associée positivement avec la tendance à sous-estimer le poids (Wada et al., 2005). Une étude comparant des données déclarées au sein d'un sous-échantillon de l'étude NutriNet-Santé aux données déclarées lors d'un entretien a été menée (Lassale et al., 2013b). Cette étude a validé la concordance des données auto-reportées avec 93% de cas concordants sur 2513 participants. Les erreurs de classification étaient principalement liées à une sous-estimation du poids et une surestimation de la taille, introduisant une sous-estimation de l'IMC chez les hommes ($-0,32 \pm 0,66$ kg/m²) et chez les femmes ($-0,34 \pm 1,67$ kg/m²). L'ampleur de ces écarts de déclaration sont similaires voir moindres que les données observées dans la littérature à partir de questionnaire en ligne ou d'entretiens en face en face (Gorber et al., 2007; Pursey et al., 2014). L'utilisation d'internet et l'anonymat pourraient par exemple diminuer le biais de désirabilité sociale de certains participants.

3.5. Données sur les préférences temporelles

Le questionnaire d'impulsivité de Barratt et l'échelle de considération des conséquences futures ont été utilisés pour mesurer l'impulsivité et la perspective temporelle. Cependant, d'autres échelles permettent également de mesurer ces concepts. Toutefois, les corrélations observées parmi les échelles d'impulsivité ou de perspective temporelle suggèrent que des notions ou des mécanismes différents sont mesurés (Bari and Robbins, 2013; Joireman and King, 2016). Certains auteurs remettent notamment en cause le choix de la terminologie qui complexifie la compréhension du concept d'impulsivité (Emery and Levine, 2017). Le questionnaire d'impulsivité de Barratt corrèle de façon modérée avec les autres auto-questionnaires d'impulsivité et ne corrèle pas avec les mesures comportementales d'impulsivité (Stanford, 2009). L'échelle de CFC est également conceptuellement différente des autres mesures de perspective temporelle comme l'inventaire de perspective temporelle de Zimbardo (Strathman et al., 1994).

L'interprétation des résultats obtenus dépend donc grandement de la validité des mesures utilisées et ne sont pas nécessairement comparables ou généralisables aux études traitant de l'impulsivité ou de la perspective temporelle.

Du fait des résultats des analyses psychométriques, les sous-dimensions du questionnaire d'impulsivité de Barratt n'ont pas été étudiées malgré leur contribution potentielle dans l'interprétation des résultats. Quel que soit le modèle testé (unidimensionnel, échelle en 3 dimensions ou échelle en 6 dimensions), les indices d'adéquation des analyses factorielles confirmatoires étaient peu satisfaisants dans notre échantillon. De plus, seule l'échelle unidimensionnelle possédait une cohérence interne satisfaisante ($> 0,70$). Les coefficients alpha de Cronbach étaient particulièrement faibles pour les facteurs de premier ordre (0,17 pour la dimension « Persévérance » ou 0,41 pour la dimension « Instabilité Cognitive »). Plusieurs études ont présenté des difficultés de validation concernant cette échelle (Ireland and Archer, 2008; Reid et al., 2014, 2014). Il est important de noter que l'étude de validation originale a été réalisée à partir d'une analyse en composantes principales (Patton et al., 1995), et non à partir d'une méthode confirmatoire recommandée comme l'analyse factorielle confirmatoire (Hoyle, 2012). Les auteurs de ce questionnaire ont par ailleurs observé que la majorité des études utilisait seulement la dimension globale de cette échelle (Stanford, 2009).

Différentes versions de l'échelle de considération des conséquences futures ont été développées dans la littérature. L'échelle de CFC peut principalement être interprétée comme une échelle unidimensionnelle (Strathman et al., 1994), ou une échelle mesurant les ampleurs accordées aux conséquences dans le présent et dans le futur séparément (Joireman et al., 2008). Plusieurs études ont confirmé une structure bidimensionnelle de cette échelle (Joireman et al., 2008; Rappange et al., 2009; Toepoel, 2010; Joireman et al., 2012b; Adams, 2012; Camus et al., 2014). Cependant, d'autres auteurs argumentent que l'échelle de CFC devrait être représentée à partir d'un modèle « bifactoriel » (*bi-factor model*), qui a la particularité de considérer deux variables latentes (une immédiate et une future) et de les regrouper sous une variable latente commune représentant une orientation temporelle future (McKay et al., 2015), supportant alors une structure unidimensionnelle du CFC. Deux autres études psychométriques du CFC supportent également une structure unidimensionnelle (Crockett et al., 2009; Hevey et al., 2010). Celles-ci suggèrent que la prise en compte de la corrélation des erreurs de mesures permet de renforcer le modèle

unidimensionnel car la solution en deux facteurs serait un artéfact causé par la formulation complexe des questions (Mckay et al., 2012), et l'utilisation des items inversés (Crockett et al., 2009). Les analyses psychométriques réalisées dans cette thèse ont également montré une amélioration de l'adéquation des modèles avec la prise en compte des corrélations entre les erreurs de mesures.

Le développement de nouvelles méthodes de validation plus flexibles des échelles psychométriques, comme les modèles d'équations structurelles exploratoires (combinaison des analyses factorielles exploratoires avec rotation et des modèles d'équations structurelles), pourrait permettre d'approfondir et faciliter la validation des échelles psychométriques.

3.6. Analyses statistiques

Le nombre important de participants dans la cohorte NutriNet-Santé permet de réaliser des modèles d'analyses statistiques avancés tels que les modèles mixtes ou les modèles d'équations structurelles, tout en ajustant sur de nombreuses variables, et en testant parallèlement plusieurs effets modérateurs (comme les variables démographiques ou les préférences temporelles) ou médiateurs. En conséquence du nombre important de tests réalisés, la significativité des résultats a été ajustée afin de diminuer le risque alpha.

Parmi les facteurs d'ajustement pris en compte au cours des analyses, les facteurs socio-démographiques ont été considérés comme facteurs de confusion pour les analyses portant sur l'impulsivité et la perspective temporelle. Une approche différente a été utilisée concernant les variables de mode de vie et les données anthropométriques. Ces variables ont été considérées comme facteur d'ajustement pour l'impulsivité au contraire de la CFC. Ce choix repose principalement sur les données de la littérature mettant en avant un potentiel impact de l'activité physique, du tabac, de la consommation d'alcool ou encore du gain de poids sur les différentes mesures de l'impulsivité. Par exemple, l'activité physique améliore le contrôle inhibiteur (Joseph et al., 2011), ainsi que le bien-être psychologique et la santé mentale (Fox, 2000; McAuley et al., 2000). Le tabac (Yi et al., 2008) et la consommation d'alcool (Goldstein and Volkow, 2002; Jentsch and Taylor, 1999; Jones et al., 2016) peuvent aussi influencer les fonctions exécutives et augmenter le niveau d'impulsivité. Enfin, le gain de poids a été associé avec une augmentation de l'impulsivité (Sutin et al., 2013). Cependant, le CFC a été conceptuellement développé afin de prédire des

comportements présents (Joireman and King, 2016). De plus, aucune étude n'a montré un impact de ces facteurs sur le CFC. Par conséquent, nous n'avons pas ajusté sur ces facteurs dans nos analyses.

Il est nécessaire de tenir compte de la nature transversale de certaines des analyses réalisées qui limite la portée et l'interprétation des résultats. On ne peut exclure une causalité inverse des relations étudiées. Il est par exemple possible que l'obésité entraîne une diminution des capacités d'inhibition ou une motivation avec des préférences excessivement portées sur le présent. En effet, les personnes obèses pourraient d'avantage s'engager vers des tâches ou comportements épuisant leurs ressources d'autorégulation, ayant pour conséquence une préférence accrue pour le présent (Joireman et al., 2008). On ne peut donc écarter que ces associations soient bidirectionnelles. Il a été possible de réaliser des analyses longitudinales, mais la durée de la période étudiée était relativement courte et une seule mesure des préférences temporelles a été obtenue, limitant également l'interprétation de ces analyses.

Enfin, il est important de considérer les tailles des effets obtenus, ainsi que leur intervalle de confiance. Certains résultats observés peuvent être considérés comme marginaux du fait de leur faible magnitude en comparaison de l'écart-type de leur distribution, ou dans certains cas l'intervalle de confiance peut être relativement large suggérant une certaine prudence concernant l'interprétation des estimations.

4. Perspectives de recherche

Les mesures d'impulsivité et de perspective temporelle utilisées dans cette thèse correspondent à des mesures générales (neutres) des préférences temporelles, c'est-à-dire qu'elles ne sont pas portées sur un domaine spécifique comme l'alimentation. Ces mesures représentent une capacité d'autorégulation des comportements de façon globale, cependant plusieurs études suggèrent une certaine variabilité de cette capacité d'autorégulation selon des domaines comportementaux spécifiques (Tsukayama et al., 2012, 2013). La distinction entre des comportements généraux et des domaines spécifiques a régulièrement été débattue en psychologie (Epstein and O'brien, 1985).

Les questionnaires généraux de mesures de l'impulsivité et de CFC ont permis de prédire de nombreux domaines de comportements. Le questionnaire d'impulsivité de Barratt a par exemple été associé à de nombreux troubles psychiatriques (Stanford, 2009), et l'échelle de CFC a été associée à des comportements liés à la santé, à l'environnement ou aux décisions économiques (Joireman and King, 2016). Plusieurs auteurs suggèrent d'étudier l'autorégulation de façon générale. Les travaux en laboratoire de Baumeister et collègues ont montré que les facteurs déterminants l'autorégulation étaient généraux (Baumeister et al., 2018b). Les personnes exerçant une autorégulation dans un domaine montraient également des capacités d'autorégulation dans d'autres domaines, et les interventions basées sur des stratégies métacognitives générales ont entraîné l'amélioration des capacités d'autorégulation dans plusieurs domaines (Tsukayama et al., 2012). Les stratégies basées sur la pleine conscience ont également montré une efficacité dans plusieurs domaines comme les addictions (Chiesa and Serretti, 2014), les comportements alimentaires (O'Reilly et al., 2014), ou la prise en charge de patients atteints d'un cancer (Shennan et al., 2011).

Cependant, une étude a montré que l'IMC était uniquement associé à une mesure comportementale de l'impulsivité liée à l'alimentation, et non à une mesure comportementale générale de l'impulsivité (Houben, 2014). Une autre étude a également montré un état impulsif plus important chez des sujets présentant des accès hyperphagiques en utilisant des stimuli dans le domaine de l'alimentation, par rapport à des stimuli neutres (Svaldi et al., 2014). Globalement, une méta-analyse réalisée sur l'effet du contrôle inhibiteur sur les comportements alimentaires

(consommations d'acides gras saturés, snacks, chocolats ...) a indiqué que la majorité des études utilisent une mesure comportementale spécifique à l'alimentation (Allom et al., 2016). Une seule étude retenue dans cette méta-analyse a utilisé une mesure neutre, montrant une taille d'effet moins importante par rapport aux mesures spécifiques. Une méta-analyse réalisée sur la relation entre escompte temporel et obésité montre également un effet plus important des mesures spécifiques à l'alimentation par rapport à des mesures monétaires (Barlow et al., 2016). Le questionnaire mesurant la CFC a été adapté aux domaines de l'alimentation (CFC-Food) et de l'activité physique (CFC-Exercise) (van Beek et al., 2013). Parmi ces deux adaptations, seule la CFC-Food a été associée à un meilleur comportement alimentaire auto-reporté, et seule la CFC-Exercise a été associée à une activité physique plus intense (van Beek et al., 2013). De la même façon, dans une autre étude, seule la CFC-Food était associée à une meilleure alimentation auto-reportée, et non la mesure générale de CFC (Dassen et al., 2015).

En considérant ces données de la littérature, il est possible de suggérer que les effets observés dans les travaux présentés ici sous-estiment les effets des préférences temporelles sur les comportements alimentaires et l'obésité. Il existe des différences de capacité d'autorégulation interindividuelle et intra-individuelle. Les différences intra-individuelles ont été interprétées comme une différence de sensibilité aux stimuli et désirs selon les domaines considérés. Plus précisément, Tsukayama et collègues ont suggéré que l'autorégulation était dépendante des différences de désirs subjectifs et de coûts, eux-mêmes dépendants du domaine considéré, alors que la volonté, les ressources internes, et les stratégies utilisées permettant d'exercer une autorégulation ne dépendaient pas d'un domaine spécifique (Tsukayama et al., 2012).

Un élément clé pour les recherches futures est par conséquent l'étude de l'effet de la variabilité des préférences temporelles sur les comportements alimentaires et l'obésité, à partir d'analyses longitudinales sur une longue période. Dans ce contexte, la distinction entre mesures générales et mesures spécifiques des préférences temporelles paraît être un point essentiel afin de correctement estimer ces effets. Ces mesures pourraient permettre une meilleure appréciation et compréhension des effets des stratégies d'interventions basées sur les thérapies cognitivo-comportementales, les entraînements du contrôle inhibiteur (*inhibitory control trainings*), la pensée future épisodique ou prospection épisodique (*episodic future thinking*), et les interventions basées sur la pleine conscience ; ainsi que de prendre en compte les caractéristiques individuelles.

5. Perspectives de santé publique

De nombreuses politiques de santé publique visent à améliorer les comportements alimentaires et l'obésité. Ces interventions ciblent généralement la population générale, mais également des sous-populations comme les enfants, les malades ou les populations défavorisées. En raison des nombreux déterminants des comportements alimentaires et de l'obésité, les objectifs peuvent être de cibler les individus ou de cibler plus largement leur environnement. Ainsi, même si les différentes interventions politiques se sont essentiellement focalisées sur des politiques de prix (taxes nutritionnelles, fiscalité nutritionnelle) ou d'information (campagnes d'informations, étiquetage nutritionnelle, publicité), d'autres approches prennent par exemple en compte les différences culturelles, l'environnement familial, les attraits sensoriels ou encore la disponibilité des produits sur les lieux de consommation (Etievant et al., 2010).

Les messages nutritionnels représentent une stratégie d'intervention pouvant avoir une efficacité variable selon la méthodologie utilisée (Inserm, 2017). Les messages ne sont pas perçus de la même manière par tous les individus et les différences individuelles psychologiques sont à prendre en compte pour améliorer l'efficacité de ces messages. Plusieurs études ont notamment montré qu'un niveau élevé de considération des conséquences futures était associé à une meilleure réceptivité des messages sanitaires (Orbell et al., 2004; Orbell and Hagger, 2006; Morison et al., 2010). Les messages nutritionnels, transmis par l'intermédiaire de médias comme la télévision ou internet, pourraient alors s'avérer être plus efficaces en tenant compte de la perspective temporelle des individus (Higgins, 2002; Martinez and Fieulaine, 2015; Pavey and Churchill, 2017). L'impulsivité a également une implication dans l'assimilation des messages nutritionnels. Elle est associée aux processus primaires de pensée (ou système 1), tandis que de nombreux messages ou recommandations nutritionnels nécessitent une évaluation lente et rationnelle de l'information (Liu et al., 2014; Roberto and Kawachi, 2014). Cependant, les processus secondaires de pensée (ou système 2) qui sont plus élaborées ne garantissent pas non plus une meilleure compréhension des messages, surtout lorsque ces derniers impliquent des considérations numériques (Kahneman and Egan, 2011), comme cela peut-être le cas des étiquettes nutritionnelles (Liu et al., 2015; Rothman et al., 2006). Par conséquent, une information trop complexe pourrait mener dans certaines situations à des échecs d'autorégulation en requérant un effort cognitif trop important, ou en

biaisant les représentations nécessaires à un arbitrage de type bénéfices/coûts. La prise en compte des capacités d'autorégulation des individus peut permettre de favoriser l'efficacité des messages nutritionnels (Liu et al., 2014), en se focalisant par exemple sur les processus primaires de pensée. L'information nutritionnelle ou les messages nutritionnels peuvent donc être simplifiés afin d'éviter l'utilisation de processus cognitifs élaborés en utilisant par exemple un logo nutritionnel, une répétition de messages nutritionnels simples (habituer le consommateur), ou partir de suggestions indirectes avec la théorie du nudge (Thaler and Sunstein, 2008). Le nudge est un concept qui permet d'orienter les comportements des individus de façon prévisibles, par l'intermédiaire d'une architecture de choix, sans interdire aucune option et sans modifier leurs motivations. Le nudge peut par exemple être appliqué en modifiant l'emplacement des produits de haute densité énergétique (en les rendant moins accessibles), ou en modifiant la taille de portion par défaut de certains produits.

CONCLUSION GENERALE

L'étude des comportements alimentaires et de l'obésité est complexe et nécessite une approche pluridisciplinaire. Ce travail de thèse utilise une approche épidémiologique des facteurs psychologiques représentés par les préférences temporelles. Il permet notamment de renforcer les hypothèses de relations entre l'impulsivité, la qualité de la consommation alimentaire, la fréquence de grignotage, les TCA et l'obésité ; mais également d'approfondir les associations entre la considération des conséquences futures, les motivations des choix alimentaires, et les consommations alimentaires (conventionnelles et issues de l'agriculture biologique). Cependant, ces observations ne permettent pas de confirmer une relation causale entre ces facteurs. Les études interventionnelles ou essais randomisés sont toutefois difficiles à mettre en œuvre dans le cadre de l'étude de déterminants psychologiques. Le développement de mesures de préférences temporelles spécifiques à l'alimentation et la réalisation d'analyses longitudinales pourraient permettre d'approfondir ces connaissances. Les résultats observés apportent de nouveaux arguments en faveur de la prise en compte des déterminants psychologiques, notamment dans le développement des interventions de santé publique.

REFERENCES

- Adams, J. (2012). Consideration of immediate and future consequences, smoking status, and body mass index. *Health Psychol.* 31, 260.
- Adams, J., and Nettle, D. (2009). Time perspective, personality and smoking, body mass, and physical activity: An empirical study. *Br. J. Health Psychol.* 14, 83–105.
- Ajzen, I. (1991). The theory of planned behavior. *Organ. Behav. Hum. Decis. Process.* 50, 179–211.
- Allom, V., Mullan, B., and Hagger, M. (2016). Does inhibitory control training improve health behaviour? A meta-analysis. *Health Psychol. Rev.* 10, 168–186.
- Altman, M. (2017). *Handbook of Behavioural Economics and Smart Decision-Making: Rational Decision-Making within the Bounds of Reason*. Edward Elgar Publishing.
- Andersen, R. E., Crespo, C. J., Bartlett, S. J., Cheskin, L. J., and Pratt, M. (1998). Relationship of physical activity and television watching with body weight and level of fatness among children: results from the Third National Health and Nutrition Examination Survey. *Jama* 279, 938–942.
- Andreeva, V. A., Salanave, B., Castetbon, K., Deschamps, V., Vernay, M., Kesse-Guyot, E., et al. (2015). Comparison of the sociodemographic characteristics of the large NutriNet-Santé e-cohort with French Census data: the issue of volunteer bias revisited. *J Epidemiol Community Health* 69, 893–898. doi:10.1136/jech-2014-205263.
- Angle, S., Engblom, J., Eriksson, T., Kautiainen, S., Saha, M. T., Lindfors, P., et al. (2009). Three factor eating questionnaire-R18 as a measure of cognitive restraint, uncontrolled eating and emotional eating in a sample of young Finnish females. *IntJ BehavNutrPhysAct* 6, 41–47. doi:10.1186/1479-5868-6-41.
- Anschutz, D. J., Van Strien, T., Van De Ven, M. O., and Engels, R. C. (2009). Eating styles and energy intake in young women. *Appetite* 53, 119–122.
- ANSES (2016). Actualisation des repères du PNNS : élaboration des références nutritionnelles. Maisons-Alfort: ANSES.
- ANSES (2017). *Etude individuelle nationale des consommations alimentaires 3 (INCA 3)*. Maisons-Alfort: ANSES.
- APA (2013). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders (DSM-5)*. American Psychiatric Association.
- Arnow, B., Kenardy, J., and Agras, W. S. (1995). The Emotional Eating Scale: The development of a measure to assess coping with negative affect by eating. *Int. J. Eat. Disord.* 18, 79–90.

- Arrondel, L., Masson, A., and Verger, D. (2004). Mesurer les préférences individuelles pour le présent. *Econ. Stat.* 374, 87–128.
- Babbs, R. K., Sun, X., Felsted, J., Chouinard-Decorte, F., Veldhuizen, M. G., and Small, D. M. (2013). Decreased caudate response to milkshake is associated with higher body mass index and greater impulsivity. *Physiol. Behav.* 121, 103–111. doi:10.1016/j.physbeh.2013.03.025.
- Bachmanov, A. A., and Beauchamp, G. K. (2007). Taste Receptor Genes. *Annu. Rev. Nutr.* 27, 389–414. doi:10.1146/annurev.nutr.26.061505.111329.
- Bari, A., and Robbins, T. W. (2013). Inhibition and impulsivity: Behavioral and neural basis of response control. *Prog. Neurobiol.* 108, 44–79. doi:10.1016/j.pneurobio.2013.06.005.
- Barlow, P., Reeves, A., McKee, M., Galea, G., and Stuckler, D. (2016). Unhealthy diets, obesity and time discounting: a systematic literature review and network analysis. *Obes. Rev.* 17, 810–819. doi:10.1111/obr.12431.
- Baroni, L., Cenci, L., Tettamanti, M., and Berati, M. (2006). Evaluating the environmental impact of various dietary patterns combined with different food production systems. *Eur. J. Clin. Nutr.* 61, 279–286. doi:10.1038/sj.ejcn.1602522.
- Basdevant, A., Craplet, C., and Guy-Grand, B. (1993). Snacking patterns in obese French women. *Appetite* 21, 17–23.
- Batterham, R. L., Cohen, M. A., Ellis, S. M., Le Roux, C. W., Withers, D. J., Frost, G. S., et al. (2003). Inhibition of food intake in obese subjects by peptide YY3–36. *N. Engl. J. Med.* 349, 941–948.
- Baudry, J., Méjean, C., Allès, B., Péneau, S., Touvier, M., Hercberg, S., et al. (2015). Contribution of Organic Food to the Diet in a Large Sample of French Adults (the NutriNet-Santé Cohort Study). *Nutrients* 7, 8615–8632.
- Baumeister, R. F. (2002). Yielding to temptation: Self-control failure, impulsive purchasing, and consumer behavior. *J. Consum. Res.* 28, 670–676.
- Baumeister, R. F., Bratslavsky, E., and Muraven, M. (2018a). “Ego depletion: Is the active self a limited resource?,” in *Self-Regulation and Self-Control* (Routledge), 24–52.
- Baumeister, R. F., Bratslavsky, E., and Muraven, M. (2018b). “Ego depletion: Is the active self a limited resource?,” in *Self-Regulation and Self-Control* (Routledge), 24–52.
- Bayle, F. J., Bourdel, M. C., Caci, H., Gorwood, P., Chignon, J. M., Ades, J., et al. (2000). [Factor analysis of french translation of the Barratt impulsivity scale (BIS-10)]. *Can. J. Psychiatry Rev. Can. Psychiatr.* 45, 156–165.

- Beenstock, J., Adams, J., and White, M. (2010). The association between time perspective and alcohol consumption in university students: cross-sectional study. *Eur. J. Public Health* 21, 438–443.
- Bell, C. G., Walley, A. J., and Froguel, P. (2005). The genetics of human obesity. *Nat. Rev. Genet.* 6, 221–234. doi:10.1038/nrg1556.
- Bellisle, F. (1998). Nutritional effects of umami in the human diet. *Food Rev. Int.* 14, 309–319. doi:10.1080/87559129809541163.
- Bellisle, F. (2014). Meals and snacking, diet quality and energy balance. *Physiol. Behav.* 134, 38–43.
- Bellisle, F., Dalix, A. M., Mennen, L., Galan, P., Hercberg, S., De Castro, J. M., et al. (2003). Contribution of snacks and meals in the diet of French adults: a diet-diary study. *Physiol. Behav.* 79, 183–189.
- Bellisle, F., Lucas, F., Amrani, R., and Le Magnen, J. (1984). Deprivation, palatability and the micro-structure of meals in human subjects. *Appetite* 5, 85–94.
- Berns, G. S., Laibson, D., and Loewenstein, G. (2007). Intertemporal choice – toward an integrative framework. *Trends Cogn. Sci.* 11, 482–488. doi:10.1016/j.tics.2007.08.011.
- Birch, L. L. (1999). Development of Food Preferences. *Annu. Rev. Nutr.* 19, 41–62. doi:10.1146/annurev.nutr.19.1.41.
- Bishop, S. R., Lau, M., Shapiro, S., Carlson, L., Anderson, N. D., Carmody, J., et al. (2004). Mindfulness: A proposed operational definition. *Clin. Psychol. Sci. Pract.* 11, 230–241.
- Black, A. E. (2000). Critical evaluation of energy intake using the Goldberg cut-off for energy intake: basal metabolic rate. A practical guide to its calculation, use and limitations. *Int. J. Obes.* 24, 1119.
- Black, A. E., Coward, W. A., Cole, T. J., and Prentice, A. M. (1996). Human energy expenditure in affluent societies: an analysis of 574 doubly-labelled water measurements. *Eur. J. Clin. Nutr.* 50, 72–92.
- Blaylock, J., Smallwood, D., Kassel, K., Variyam, J., and Aldrich, L. (1999). Economics, food choices, and nutrition. *Food Policy* 24, 269–286. doi:10.1016/S0306-9192(99)00029-9.
- Blundell, J. E., Stubbs, R. J., Golding, C., Croden, F., Alam, R., Whybrow, S., et al. (2005). Resistance and susceptibility to weight gain: Individual variability in response to a high-fat diet. *Physiol. Behav.* 86, 614–622. doi:10.1016/j.physbeh.2005.08.052.
- Bolton, R. P., Heaton, K. W., and Burroughs, L. F. (1981). The role of dietary fiber in satiety, glucose, and insulin: studies with fruit and fruit juice. *Am. J. Clin. Nutr.* 34, 211–217.

- Bongers, P., and Jansen, A. (2016). Emotional eating is not what you think it is and emotional eating scales do not measure what you think they measure. *Front. Psychol.* 7. Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5143883/> [Accessed August 21, 2017].
- Booth, K. M., Pinkston, M. M., and Poston, W. S. C. (2005). Obesity and the Built Environment. *J. Am. Diet. Assoc.* 105, 110–117. doi:10.1016/j.jada.2005.02.045.
- Booth, S. L., Sallis, J. F., Ritenbaugh, C., Hill, J. O., Birch, L. L., Frank, L. D., et al. (2001). Environmental and Societal Factors Affect Food Choice and Physical Activity: Rationale, Influences, and Leverage Points. *Nutr. Rev.* 59, S21–S36. doi:10.1111/j.1753-4887.2001.tb06983.x.
- Bouchard, C., and Tremblay, A. (1997). Genetic influences on the response of body fat and fat distribution to positive and negative energy balances in human identical twins. *J. Nutr.* 127, 943S–947S.
- Boutelle, K. N., Fulkerson, J. A., Neumark-Sztainer, D., Story, M., and French, S. A. (2007). Fast food for family meals: relationships with parent and adolescent food intake, home food availability and weight status. *Public Health Nutr.* 10, 16–23. doi:10.1017/S136898000721794X.
- Bowman, S. (2007). Low economic status is associated with suboptimal intakes of nutritious foods by adults in the National Health and Nutrition Examination Survey 1999-2002. *Nutr. Res.* 27, 515–523. doi:10.1016/j.nutres.2007.06.010.
- Bowman, S. A., and Vinyard, B. T. (2004). Fast Food Consumption of U.S. Adults: Impact on Energy and Nutrient Intakes and Overweight Status. *J. Am. Coll. Nutr.* 23, 163–168. doi:10.1080/07315724.2004.10719357.
- Brignell, C., Griffiths, T., Bradley, B. P., and Mogg, K. (2009). Attentional and approach biases for pictorial food cues. Influence of external eating. *Appetite* 52, 299–306. doi:10.1016/j.appet.2008.10.007.
- Brodsky, B. S., Oquendo, M., Ellis, S. P., Haas, G. L., Malone, K. M., and Mann, J. J. (2001). The Relationship of Childhood Abuse to Impulsivity and Suicidal Behavior in Adults With Major Depression. *Am. J. Psychiatry* 158, 1871–1877. doi:10.1176/appi.ajp.158.11.1871.
- Broos, N., Schmaal, L., Wiskerke, J., Kosteljik, L., Lam, T., Stoop, N., et al. (2012). The relationship between impulsive choice and impulsive action: a cross-species translational study. *PloS One* 7, e36781.
- Bruderer Enzler, H. (2015). Consideration of future consequences as a predictor of environmentally responsible behavior: Evidence from a general population study. *Environ. Behav.* 47, 618–643.
- Bryant, E. J., King, N. A., and Blundell, J. E. (2008). Disinhibition: its effects on appetite and weight regulation. *Obes. Rev.* 9, 409–419. doi:10.1111/j.1467-789X.2007.00426.x.

- Burton-Freeman, B. (2000). Dietary fiber and energy regulation. *J. Nutr.* 130, 272S–275S.
- Byers, T., Marshall, J., Anthony, E., FIEDLER, R., and Zielezny, M. (1987). The reliability of dietary history from the distant past. *Am. J. Epidemiol.* 125, 999–1011.
- Camilleri, G. M., Méjean, C., Bellisle, F., Andreeva, V. A., Kesse-Guyot, E., Hercberg, S., et al. (2016). Intuitive eating is inversely associated with body weight status in the general population-based NutriNet-Santé study. *Obesity* 24, 1154–1161. doi:10.1002/oby.21440.
- Camilleri, G. M., Méjean, C., Bellisle, F., Andreeva, V. A., Kesse-Guyot, E., Hercberg, S., et al. (2017). Intuitive Eating Dimensions Were Differently Associated with Food Intake in the General Population–Based NutriNet-Santé Study. *J. Nutr.* 147, 61–69. doi:10.3945/jn.116.234088.
- Camilleri, G. M., Méjean, C., Bellisle, F., Andreeva, V. A., Sautron, V., Hercberg, S., et al. (2015). Cross-cultural validity of the Intuitive Eating Scale-2. Psychometric evaluation in a sample of the general French population. *Appetite* 84, 34–42. doi:10.1016/j.appet.2014.09.009.
- Camilleri, G. M., Méjean, C., Kesse-Guyot, E., Andreeva, V. A., Bellisle, F., Hercberg, S., et al. (2014). The associations between emotional eating and consumption of energy-dense snack foods are modified by sex and depressive symptomatology. *J. Nutr.*, jn–114.
- Campfield, L. A., and Smith, F. J. (2003). Blood glucose dynamics and control of meal initiation: a pattern detection and recognition theory. *Physiol. Rev.* 83, 25–58.
- Campos, S., Doxey, J., and Hammond, D. (2011). Nutrition labels on pre-packaged foods: a systematic review. *Public Health Nutr.* 14, 1496–1506. doi:10.1017/S1368980010003290.
- Camus, G., Berjot, S., and Ernst-Vintila, A. (2014). Validation française de l'échelle de prise en considération des conséquences futures de nos actes (CFC-14). *Rev. Int. Psychol. Soc.* 27, 35–63.
- Canetti, L., Berry, E. M., and Elizur, Y. (2009). Psychosocial predictors of weight loss and psychological adjustment following bariatric surgery and a weight-loss program: The mediating role of emotional eating. *Int. J. Eat. Disord.* 42, 109–117.
- Cappuccio, F. P., Taggart, F. M., Kandala, N.-B., Currie, A., Peile, E., Stranges, S., et al. (2008). Meta-analysis of short sleep duration and obesity in children and adults. *Sleep* 31, 619–626.
- Carter, P., Gray, L. J., Troughton, J., Khunti, K., and Davies, M. J. (2010). Fruit and vegetable intake and incidence of type 2 diabetes mellitus: systematic review and meta-analysis. *BMJ* 341, c4229. doi:10.1136/bmj.c4229.
- Cecchini, M., Sassi, F., Lauer, J. A., Lee, Y. Y., Guajardo-Barron, V., and Chisholm, D. (2010). Tackling of unhealthy diets, physical inactivity, and obesity: health effects and cost-effectiveness. *The Lancet* 376, 1775–1784.

- Chamorro, J., Bernardi, S., Potenza, M. N., Grant, J. E., Marsh, R., Wang, S., et al. (2012). Impulsivity in the general population: a national study. *J. Psychiatr. Res.* 46, 994–1001. doi:10.1016/j.jpsychires.2012.04.023.
- Chiesa, A., and Serretti, A. (2014). Are Mindfulness-Based Interventions Effective for Substance Use Disorders? A Systematic Review of the Evidence. *Subst. Use Misuse* 49, 492–512. doi:10.3109/10826084.2013.770027.
- Chiolero, A., Faeh, D., Paccaud, F., and Cornuz, J. (2008). Consequences of smoking for body weight, body fat distribution, and insulin resistance. *Am. J. Clin. Nutr.* 87, 801–809. doi:10.1093/ajcn/87.4.801.
- Christoph, M., Mason, S., Winkler, M., Hooper, L., and Neumark-Sztainer, D. (2018). Longitudinal Associations of Intuitive Eating with Weight Status and Dietary Intake. *J. Nutr. Educ. Behav.* 50, S117. doi:10.1016/j.jneb.2018.04.161.
- Churchill, S., Jessop, D., and Sparks, P. (2008). Impulsive and/or planned behaviour: Can impulsivity contribute to the predictive utility of the theory of planned behaviour? *Br. J. Soc. Psychol.* 47, 631–646.
- Claes, L., Vandereycken, W., and Vertommen, H. (2002). Impulsive and compulsive traits in eating disordered patients compared with controls. *Personal. Individ. Differ.* 32, 707–714. doi:10.1016/S0191-8869(01)00071-X.
- Claes, L., Vandereycken, W., and Vertommen, H. (2005). Impulsivity-related traits in eating disorder patients. *Personal. Individ. Differ.* 39, 739–749. doi:10.1016/j.paid.2005.02.022.
- Clément, K., Vaisse, C., Lahlou, N., Cabrol, S., Pelloux, V., Cassuto, D., et al. (1998). A mutation in the human leptin receptor gene causes obesity and pituitary dysfunction. *Nature* 392, 398–401. doi:10.1038/32911.
- Cohen, D., and Farley, T. A. (2007). Eating as an Automatic Behavior. *Prev. Chronic. Dis.* 5. Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2248777/> [Accessed August 14, 2018].
- Colles, S. L., Dixon, J. B., and O'Brien, P. E. (2007). Night eating syndrome and nocturnal snacking: association with obesity, binge eating and psychological distress. *Int. J. Obes.* 31, 1722–1730. doi:10.1038/sj.ijo.0803664.
- Copping, L. T., Campbell, A., and Muncer, S. (2014). Conceptualizing time preference: A life-history analysis. *Evol. Psychol.* 12, 147470491401200420.
- Cosenza, M., and Nigro, G. (2015). Wagering the future: Cognitive distortions, impulsivity, delay discounting, and time perspective in adolescent gambling. *J. Adolesc.* 45, 56–66. doi:10.1016/j.adolescence.2015.08.015.

- Craig, C. L., Marshall, A. L., Sjöström, M., Bauman, A. E., Booth, M. L., Ainsworth, B. E., et al. (2003). International physical activity questionnaire: 12-country reliability and validity. *Med. Sci. Sports Exerc.* 35, 1381–1395. doi:10.1249/01.MSS.0000078924.61453.FB.
- Crews, F. T., and Boettiger, C. A. (2009). Impulsivity, frontal lobes and risk for addiction. *Pharmacol. Biochem. Behav.* 93, 237–247.
- Crockett, R. A., Weinman, J., Hankins, M., and Marteau, T. (2009). Time orientation and health-related behaviour: Measurement in general population samples. *Psychol. Health* 24, 333–350.
- Crocq, M. A., and Guelfi, J. D. (2015). DSM-5. *Man. Diagn. Stat. Troubl. Mentaux Am. Psychiatr. Assoc. Issy--Moulineaux Elsevier Masson*.
- Cross, C. P., Copping, L. T., and Campbell, A. (2011). Sex differences in impulsivity: a meta-analysis. *Psychol. Bull.* 137, 97–130. doi:10.1037/a0021591.
- Cullen, M. (2011). Mindfulness-based interventions: An emerging phenomenon. *Mindfulness* 2, 186–193.
- Dalle Grave, R., Calugi, S., Corica, F., Di Domizio, S., and Marchesini, G. (2009). Psychological Variables Associated with Weight Loss in Obese Patients Seeking Treatment at Medical Centers. *J. Am. Diet. Assoc.* 109, 2010–2016. doi:10.1016/j.jada.2009.09.011.
- Dallongeville, J., Marécaux, N., Fruchart, J.-C., and Amouyel, P. (1998). Cigarette Smoking Is Associated with Unhealthy Patterns of Nutrient Intake: a Meta-analysis. *J. Nutr.* 128, 1450–1457. doi:10.1093/jn/128.9.1450.
- Daltrey, M. H., and Langer, P. (1984). Development and evaluation of a measure of future time perspective. *Percept. Mot. Skills* 58, 719–725.
- Darmon, N., and Drewnowski, A. (2008). Does social class predict diet quality? *Am. J. Clin. Nutr.* 87, 1107–1117.
- Daruna, J. H., and Barnes, P. A. (1993). A neurodevelopmental view of impulsivity.
- Dassen, F. C., Houben, K., and Jansen, A. (2015). Time orientation and eating behavior: Unhealthy eaters consider immediate consequences, while healthy eaters focus on future health. *Appetite* 91, 13–19.
- Dauchet, L., Amouyel, P., Hercberg, S., and Dallongeville, J. (2006). Fruit and vegetable consumption and risk of coronary heart disease: a meta-analysis of cohort studies. *J. Nutr.* 136, 2588–2593.
- Daugherty, J. R., and Brase, G. L. (2010). Taking time to be healthy: Predicting health behaviors with delay discounting and time perspective. *Personal. Individ. Differ.* 48, 202–207. doi:10.1016/j.paid.2009.10.007.

- de Graaf, C. (2006). Effects of snacks on energy intake: an evolutionary perspective. *Appetite* 47, 18–23.
- de La Bruslerie, H., and Pralong, F. (2012). La valeur psychologique du temps: Une synthèse de la littérature. *Actual. Économique* 88, 361–400.
- De Lauzon, B., Romon, M., Deschamps, V., Lafay, L., Borys, J.-M., Karlsson, J., et al. (2004). The Three-Factor Eating Questionnaire-R18 is able to distinguish among different eating patterns in a general population. *J. Nutr.* 134, 2372–2380.
- DEDIPAC knowledge hub Determinants of nutrition and eating • DONE Universität Konstanz. Available at: <https://www.uni-konstanz.de/DONE/> [Accessed August 30, 2018].
- Deglaire, A., Méjean, C., Castetbon, K., Kesse-Guyot, E., Hercberg, S., and Schlich, P. (2015). Associations between weight status and liking scores for sweet, salt and fat according to the gender in adults (The Nutrinet-Santé study). *Eur. J. Clin. Nutr.* 69, 40–46. doi:10.1038/ejcn.2014.139.
- Delormier, T., Frohlich, K. L., and Potvin, L. (2009). Food and eating as social practice – understanding eating patterns as social phenomena and implications for public health. *Sociol. Health Illn.* 31, 215–228. doi:10.1111/j.1467-9566.2008.01128.x.
- Demarque, C., Apostolidis, T., Chagnard, A., and Dany, L. (2010). Adaptation et validation française de l'échelle de perspective temporelle «Consideration of future consequences»(CFC). *Bull. Psychol.*, 351–360.
- den Hoed, M., Westerterp-Plantenga, M. S., Bouwman, F. G., Mariman, E. C., and Westerterp, K. R. (2009). Postprandial responses in hunger and satiety are associated with the rs9939609 single nucleotide polymorphism in FTO. *Am. J. Clin. Nutr.* 90, 1426–1432. doi:10.3945/ajcn.2009.28053.
- Després, J.-P., and Lemieux, I. (2006). Abdominal obesity and metabolic syndrome. *Nature* 444, 881.
- Deurenberg, P., Yap, M., and Staveren, W. van (1998). Body mass index and percent body fat: a meta analysis among different ethnic groups. *Int. J. Obes.* 22, 1164–1171. doi:10.1038/sj.ijo.0800741.
- Dick, D. M., Smith, G., Olausson, P., Mitchell, S. H., Leeman, R. F., O'Malley, S. S., et al. (2010). Review: understanding the construct of impulsivity and its relationship to alcohol use disorders. *Addict. Biol.* 15, 217–226.
- Dickman, S. J. (1990). Functional and dysfunctional impulsivity: Personality and cognitive correlates. *J. Pers. Soc. Psychol.* 58, 95.
- Dietrich, A., Federbusch, M., Grellmann, C., Villringer, A., and Horstmann, A. (2014). Body weight status, eating behavior, sensitivity to reward/punishment, and gender: relationships

and interdependencies. *Front. Psychol.* 5. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4202791/> [Accessed August 21, 2015].

- Diliberti, N., Bordi, P. L., Conklin, M. T., Roe, L. S., and Rolls, B. J. (2004). Increased portion size leads to increased energy intake in a restaurant meal. *Obes. Res.* 12, 562–568. doi:10.1038/oby.2004.64.
- DiMaggio, D. P., and Mattes, R. D. (2000). Liquid versus solid carbohydrate: effects on food intake and body weight. *Int. J. Obes.* 24, 794.
- Dina, C., Meyre, D., Gallina, S., Durand, E., Körner, A., Jacobson, P., et al. (2007). Variation in FTO contributes to childhood obesity and severe adult obesity. *Nat. Genet.* 39, 724.
- Dixon, J. B. (2010). The effect of obesity on health outcomes. *Mol. Cell. Endocrinol.* 316, 104–108. doi:10.1016/j.mce.2009.07.008.
- Downs, J. S., Loewenstein, G., and Wisdom, J. (2009). Strategies for promoting healthier food choices. *Am. Econ. Rev.* 99, 159–164.
- Drake, L., Duncan, E., Sutherland, F., Abernethy, C., and Henry, C. (2008). Time perspective and correlates of wellbeing. *Time Soc.* 17, 47–61.
- Drewnowski, A. (2001). The science and complexity of bitter taste. *Nutr. Rev.* 59, 163–169.
- Drewnowski, A., Henderson, S. A., and Barratt-Fornell, A. (2001). Genetic taste markers and food preferences. *Drug Metab. Dispos.* 29, 535–538.
- Drewnowski, A., and Popkin, B. M. (1997). The nutrition transition: new trends in the global diet. *Nutr. Rev.* 55, 31–43.
- Drewnowski, A., and Specter, S. E. (2004). Poverty and obesity: the role of energy density and energy costs. *Am. J. Clin. Nutr.* 79, 6–16.
- Ducrot, P., Méjean, C., Aroumougame, V., Ibanez, G., Allès, B., Kesse-Guyot, E., et al. (2017). Meal planning is associated with food variety, diet quality and body weight status in a large sample of French adults. *Int. J. Behav. Nutr. Phys. Act.* 14, 12. doi:10.1186/s12966-017-0461-7.
- Dunn, K. I., Mohr, P., Wilson, C. J., and Wittert, G. A. (2011). Determinants of fast-food consumption. An application of the theory of planned behaviour. *Appetite* 57, 349–357.
- Durand, C. P., Andalib, M., Dunton, G. F., Wolch, J., and Pentz, M. A. (2011). A systematic review of built environment factors related to physical activity and obesity risk: implications for smart growth urban planning. *Obes. Rev.* 12, e173–e182. doi:10.1111/j.1467-789X.2010.00826.x.

- Dyke, N. V., and Drinkwater, E. J. (2014). Review Article Relationships between intuitive eating and health indicators: literature review. *Public Health Nutr.* 17, 1757–1766. doi:10.1017/S1368980013002139.
- Eertmans, A., Victoir, A., Vansant, G., and Van den Bergh, O. (2005). Food-related personality traits, food choice motives and food intake: Mediator and moderator relationships. *Food Qual. Prefer.* 16, 714–726. doi:10.1016/j.foodqual.2005.04.007.
- Elfhag, K., and Morey, L. C. (2008). Personality traits and eating behavior in the obese: poor self-control in emotional and external eating but personality assets in restrained eating. *Eat. Behav.* 9, 285–293.
- Emery, R. L., and Levine, M. D. (2017). Questionnaire and behavioral task measures of impulsivity are differentially associated with body mass index: A comprehensive meta-analysis. *Psychol. Bull.* 143, 868.
- Engstrom, J. L., Paterson, S. A., Doherty, A., Trabulsi, M., and Speer, K. L. (2003). Accuracy of self-reported height and weight in women: an integrative review of the literature. *J. Midwifery Womens Health* 48, 338–345. doi:10.1016/S1526-9523(03)00281-2.
- Epstein, L. H., Dearing, K. K., Paluch, R. A., Roemmich, J. N., and Cho, D. (2007). Price and maternal obesity influence purchasing of low- and high-energy-dense foods. *Am. J. Clin. Nutr.* 86, 914–922. doi:10.1093/ajcn/86.4.914.
- Epstein, S., and O'Brien, E. J. (1985). The person–situation debate in historical and current perspective. *Psychol. Bull.* 98, 513.
- Erlichman, J., Kerbey, A. L., and James, W. P. T. (2002). Physical activity and its impact on health outcomes. Paper 2: prevention of unhealthy weight gain and obesity by physical activity: an analysis of the evidence. *Obes. Rev.* 3, 273–287. doi:10.1046/j.1467-789X.2002.00078.x.
- Estaquio, C., Kesse-Guyot, E., Deschamps, V., Bertrais, S., Dauchet, L., Galan, P., et al. (2009). Adherence to the French Programme National Nutrition Sante Guideline Score is associated with better nutrient intake and nutritional status. *J. Am. Diet. Assoc.* 109, 1031–1041.
- Etievant, P., Bellisle, F., Dallongeville, J., Etilé, F., Guichard, E., Padilla, M., et al. (2010). Les comportements alimentaires. Quels en sont les déterminants? Quelles actions, pour quels effets?[Rapport d'expertise].
- Eysenck, S. B., Pearson, P. R., Easting, G., and Allsopp, J. F. (1985). Age norms for impulsiveness, venturesomeness and empathy in adults. *Personal. Individ. Differ.* 6, 613–619.
- Fahy, T., and Eisler, I. (1993). Impulsivity and eating disorders. *Br. J. Psychiatry* 162, 193–197.
- Fairburn, C. G., and Harrison, P. J. (2003). Eating disorders. *The Lancet* 361, 407–416.

- Fairchild, A. J., and McDaniel, H. L. (2017). Best (but oft-forgotten) practices: mediation analysis. *Am. J. Clin. Nutr.* 105, 1259–1271.
- Faith, M. S., Pietrobelli, A., Nuñez, C., Heo, M., Heymsfield, S. B., and Allison, D. B. (1999). Evidence for Independent Genetic Influences on Fat Mass and Body Mass Index in a Pediatric Twin Sample. *Pediatrics* 104, 61–67. doi:10.1542/peds.104.1.61.
- Falissard, B. (2008). *Mesurer la subjectivité en santé: perspective méthodologique et statistique*. Elsevier Masson.
- FAO (2011). *The state of the world's land and water resources for food and agriculture (SOLAW) - Managing systems at risk*. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).
- Feingold, A., and Mazzella, R. (1998). Gender Differences in Body Image Are Increasing. *Psychol. Sci.* 9, 190–195. doi:10.1111/1467-9280.00036.
- Feldman, S., Eisenberg, M. E., Neumark-Sztainer, D., and Story, M. (2007). Associations between Watching TV during Family Meals and Dietary Intake Among Adolescents. *J. Nutr. Educ. Behav.* 39, 257–263. doi:10.1016/j.jneb.2007.04.181.
- Fichter, M. M., and Quadflieg, N. (2016). Mortality in eating disorders - results of a large prospective clinical longitudinal study. *Int. J. Eat. Disord.* 49, 391–401. doi:10.1002/eat.22501.
- Filozof, C., Pinilla, M. C. F., and Fernández-Cruz, A. (2004). Smoking cessation and weight gain. *Obes. Rev.* 5, 95–103. doi:10.1111/j.1467-789X.2004.00131.x.
- Fischer, S., Smith, G. T., and Anderson, K. G. (2003). Clarifying the role of impulsivity in bulimia nervosa. *Int. J. Eat. Disord.* 33, 406–411.
- Fogelholm, M., and Kukkonen-Harjula, K. (2000). Does physical activity prevent weight gain – a systematic review. *Obes. Rev.* 1, 95–111. doi:10.1046/j.1467-789x.2000.00016.x.
- Forslund, H. B., Torgerson, J. S., Sjöström, L., and Lindroos, A. K. (2005). Snacking frequency in relation to energy intake and food choices in obese men and women compared to a reference population. *Int. J. Obes.* 29, 711–719.
- Fossati, A., Barratt, E. S., Borroni, S., Villa, D., Grazioli, F., and Maffei, C. (2007). Impulsivity, aggressiveness, and DSM-IV personality disorders. *Psychiatry Res.* 149, 157–167.
- Foster, G. D., Wadden, T. A., Swain, R. M., Stunkard, A. J., Platte, P., and Vogt, R. A. (1998). The Eating Inventory in obese women: clinical correlates and relationship to weight loss. *IntJObesRelat Metab Disord* 22, 778–785.
- Fox, K. R. (2000). Self-esteem, self-perceptions and exercise. *Int. J. Sport Psychol.*
- Fraisse, P. (1967). *Psychologie du temps*.

- Frederick, S., Loewenstein, G., and O'donoghue, T. (2002). Time discounting and time preference: A critical review. *J. Econ. Lit.* 40, 351–401.
- Freedman, M. R., and Brochado, C. (2010). Reducing Portion Size Reduces Food Intake and Plate Waste. *Obesity* 18, 1864–1866. doi:10.1038/oby.2009.480.
- Friese, M., Messner, C., and Schaffner, Y. (2012). Mindfulness meditation counteracts self-control depletion. *Conscious. Cogn.* 21, 1016–1022. doi:10.1016/j.concog.2012.01.008.
- Furnham, A., Badmin, N., and Sneade, I. (2002). Body image dissatisfaction: Gender differences in eating attitudes, self-esteem, and reasons for exercise. *J. Psychol.* 136, 581–596.
- Galea, S., and Tracy, M. (2007). Participation rates in epidemiologic studies. *Ann. Epidemiol.* 17, 643–653.
- Gallant, A. R., Tremblay, A., Perusse, L., Bouchard, C., Despres, J. P., and Drapeau, V. (2010). The Three-Factor Eating Questionnaire and BMI in adolescents: results from the Quebec family study. *Br.J.Nutr.* 104, 1074–1079. doi:10.1017/S0007114510001662.
- Garcia, F. D., Grigioni, S., Chelali, S., Meyrignac, G., Thibaut, F., and Dechelotte, P. (2010). Validation of the French version of SCOFF questionnaire for screening of eating disorders among adults. *World J. Biol. Psychiatry* 11, 888–893.
- Geliebter, A. (1988). Gastric distension and gastric capacity in relation to food intake in humans. *Physiol. Behav.* 44, 665–668.
- Gerber, P. J., Steinfeld, H., Henderson, B., Mottet, A., Opio, C., Dijkman, J., et al. (2013). *Tackling climate change through livestock: a global assessment of emissions and mitigation opportunities*. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).
- Gerlach, G., Herpertz, S., and Loeber, S. (2015). Personality traits and obesity: a systematic review. *Obes. Rev.* 16, 32–63.
- Gerstein, D. E., Woodward-Lopez, G., Evans, A. E., Kelsey, K., and Drewnowski, A. (2004). Clarifying concepts about macronutrients' effects on satiation and satiety. *J. Am. Diet. Assoc.* 104, 1151–1153.
- Gibney, M. J., Vorster, H. H., and Kok, F. J. (2002). *Introduction to human nutrition*. Blackwell Science Oxford.
- Gick, M. (2014). An exploration of interactions between Conscientiousness and Consideration of Future Consequences on healthy eating. *Personal. Individ. Differ.* 66, 181–187.
- Giskes, K., Turrell, G., Patterson, C., and Newman, B. (2002). Socio-economic differences in fruit and vegetable consumption among Australian adolescents and adults. *Public Health Nutr.* 5, 663–669. doi:10.1079/PHN2002339.

- Gjesme, T. (1979). Future time orientation as a function of achievement motives, ability, delay of gratification, and sex. *J. Psychol.* 101, 173–188.
- Godfrey, K. M., Gallo, L. C., and Afari, N. (2015). Mindfulness-based interventions for binge eating: a systematic review and meta-analysis. *J. Behav. Med.* 38, 348–362. doi:10.1007/s10865-014-9610-5.
- Godsey, J. (2013). The role of mindfulness based interventions in the treatment of obesity and eating disorders: An integrative review. *Complement. Ther. Med.* 21, 430–439. doi:10.1016/j.ctim.2013.06.003.
- Gold, P. W., and Chrousos, G. P. (2002). Organization of the stress system and its dysregulation in melancholic and atypical depression: high vs low CRH/NE states. *Mol. Psychiatry* 7, 254–275. doi:10.1038/sj.mp.4001032.
- Goldberg, G. R., Black, A. E., Jebb, S. A., Cole, T. J., Murgatroyd, P. R., Coward, W. A., et al. (1991). Critical evaluation of energy intake data using fundamental principles of energy physiology: 1. Derivation of cut-off limits to identify under-recording. *Eur. J. Clin. Nutr.* 45, 569–581.
- Goldberg, L. R. (1990). An alternative "description of personality": the big-five factor structure. *J. Pers. Soc. Psychol.* 59, 1216.
- Goldstein, R. Z., and Volkow, N. D. (2002). Drug addiction and its underlying neurobiological basis: neuroimaging evidence for the involvement of the frontal cortex. *Am. J. Psychiatry* 159, 1642–1652.
- Gombault, V. (2011). Deux ménages sur trois disposent d'internet chez eux. *Insee Prem.* 1340.
- Goossens, L., Braet, C., Van Vlierberghe, L., and Mels, S. (2009). Loss of control over eating in overweight youngsters: the role of anxiety, depression and emotional eating. *Eur. Eat. Disord. Rev.* 17, 68–78.
- Gorber, S. C., Tremblay, M., Moher, D., and Gorber, B. (2007). A comparison of direct vs. self-report measures for assessing height, weight and body mass index: a systematic review. *Obes. Rev.* 8, 307–326.
- Granö, N., Virtanen, M., Vahtera, J., Elovainio, M., and Kivimäki, M. (2004). Impulsivity as a predictor of smoking and alcohol consumption. *Personal. Individ. Differ.* 37, 1693–1700.
- Guerrieri, R. (2009). Inducing impulsivity leads high and low restrained eaters into overeating, whereas current dieters stick to their diet. 53, 93–100.
- Guerrieri, R., Nederkoorn, C., and Jansen, A. (2008). The effect of an impulsive personality on overeating and obesity: Current state of affairs. *Psichol. Teme* 17, 265–286.

- Guthrie, J. F., Lin, B.-H., and Frazao, E. (2002). Role of Food Prepared Away from Home in the American Diet, 1977-78 versus 1994-96: Changes and Consequences. *J. Nutr. Educ. Behav.* 34, 140–150. doi:10.1016/S1499-4046(06)60083-3.
- Haden, S. C., and Shiva, A. (2008). Trait impulsivity in a forensic inpatient sample: An evaluation of the Barratt Impulsiveness Scale. *Behav. Sci. Law* 26, 675–690.
- Hagger, M. S., Wood, C., Stiff, C., and Chatzisarantis, N. L. (2010). Ego depletion and the strength model of self-control: a meta-analysis. *Psychol. Bull.* 136, 495–525. doi:10.1037/a0019486.
- Hallström, E., Carlsson-Kanyama, A., and Börjesson, P. al (2015). Environmental impact of dietary change: a systematic review. *J. Clean. Prod.* 91, 1–11.
- Halton, T. L., and Hu, F. B. (2004). The effects of high protein diets on thermogenesis, satiety and weight loss: a critical review. *J. Am. Coll. Nutr.* 23, 373–385.
- Hampl, J. S., Heaton, C. L. B., and Taylor, C. A. (2003). Snacking patterns influence energy and nutrient intakes but not body mass index. *J. Hum. Nutr. Diet.* 16, 3–11.
- Hartmann, C., Siegrist, M., and van der Horst, K. (2013). Snack frequency: associations with healthy and unhealthy food choices. *Public Health Nutr.* 16, 1487–1496.
- Hassen, W. S., Castetbon, K., Tichit, C., Péneau, S., Nechba, A., Ducrot, P., et al. (2018). Energy, nutrient and food content of snacks in French adults. *Nutr. J.* 17, 33.
- Hawkes, C., Smith, T. G., Jewell, J., Wardle, J., Hammond, R. A., Friel, S., et al. (2015). Smart food policies for obesity prevention. *The Lancet* 385, 2410–2421. doi:10.1016/S0140-6736(14)61745-1.
- Haynes, A., Kemps, E., and Moffitt, R. (2015). The moderating role of state inhibitory control in the effect of evaluative conditioning on temptation and unhealthy snacking. *Physiol. Behav.* 152, 135–142. doi:10.1016/j.physbeh.2015.09.020.
- Hays, N. P., and Roberts, S. B. (2008). Aspects of eating behaviors “disinhibition” and “restraint” are related to weight gain and BMI in women. *Obesity* 16, 52–58.
- HCSP (2017). Avis relatif à la révision des repères alimentaires pour les adultes du futur Programme national nutrition santé 2017-2021.
- Heimberg, L. K. (1963). The measurement of future time perspective.
- Henry, C. J. K. (1990). Body mass index and the limits of human survival. *Eur. J. Clin. Nutr.* 44, 329–335.
- Herle, M., Fildes, A., Rijdsdijk, F., Steinsbekk, S., and Llewellyn, C. (2018). The Home Environment Shapes Emotional Eating. *Child Dev.* 89, 1423–1434. doi:10.1111/cdev.12799.

- Herman, C. P., and Mack, D. (1975). Restrained and unrestrained eating. *J. Pers.* 43, 647–660.
- Hevey, D., Pertl, M., Thomas, K., Maher, L., Craig, A., and Chuinneagain, S. N. (2010). Consideration of future consequences scale: Confirmatory factor analysis. *Personal. Individ. Differ.* 48, 654–657.
- Higgins, E. T. (2002). How Self-Regulation Creates Distinct Values: The Case of Promotion and Prevention Decision Making. *J. Consum. Psychol.* 12, 177–191. doi:10.1207/S15327663JCP1203_01.
- Hoch, S. J., and Loewenstein, G. F. (1991). Time-inconsistent Preferences and Consumer Self-Control. *J. Consum. Res.* 17, 492–507. doi:10.1086/208573.
- Houben, K. (2014). Eating on impulse: the relation between overweight and food-specific inhibitory control. 5, 6–8.
- Howarth, N. C., Saltzman, E., and Roberts, S. B. (2001). Dietary fiber and weight regulation. *Nutr. Rev.* 59, 129–139.
- Hoyle, R. H. (2012). *Handbook of structural equation modeling*. Guilford Press Available at: <https://books.google.fr/books?hl=fr&lr=&id=qC4aMfXL1JkC&oi=fnd&pg=PR1&dq=handbook+of+structural+equation+modeling&ots=EzMi5zzEpP&sig=0D2x5iISaLCZ19cTW3dfgakradY> [Accessed August 8, 2017].
- Hu, F. (2008). *Obesity epidemiology*. Oxford University Press.
- Hu, F. B. (2002). Dietary pattern analysis: a new direction in nutritional epidemiology. *Curr. Opin. Lipidol.* 13, 3–9.
- Hu, F. B., Li, T. Y., Colditz, G. A., Willett, W. C., and Manson, J. E. (2003). Television watching and other sedentary behaviors in relation to risk of obesity and type 2 diabetes mellitus in women. *Jama* 289, 1785–1791.
- Hu, Y., Zong, G., Liu, G., Wang, M., Rosner, B., Pan, A., et al. (2018). Smoking Cessation, Weight Change, Type 2 Diabetes, and Mortality. *N. Engl. J. Med.* 379, 623–632. doi:10.1056/NEJMoa1803626.
- Hulshof, K. F. a. M., Brussaard, J. H., Kruizinga, A. G., Telman, J., and Löwik, M. R. H. (2003). Socio-economic status, dietary intake and 10 y trends: the Dutch National Food Consumption Survey. *Eur. J. Clin. Nutr.* 57, 128–137. doi:10.1038/sj.ejcn.1601503.
- Husman, J., and Lens, W. (1999). The role of the future in student motivation. *Educ. Psychol.* 34, 113–125.
- INSEE (2018). INSEE (Institut national de la statistique et des études économiques) [National Institute of Statistics and Economic Studies]. Unités de consommation [consumption units]. Available at: <http://www.insee.fr/en/methodes/default.asp?page=definitions/unite-consommation.htm> [Accessed January 25, 2016].

- Inserm (2014). *Inégalités sociales de santé en lien avec l'alimentation et l'activité physique*. Collection Expertise collective. Paris: Inserm Available at: <http://www.ipubli.inserm.fr/handle/10608/6515> [Accessed August 14, 2018].
- Inserm (2017). *Agir sur les comportements nutritionnels. Réglementation, marketing et influence des communications de santé*. Montrouge: EDP Sciences. Available at: <https://www.inserm.fr/information-en-sante/expertises-collectives/agir-sur-comportements-nutritionnels> [Accessed August 14, 2018].
- InVS (2007). Etude nationale nutrition santé ENNS, 2006.
- Ireland, J. L., and Archer, J. (2008). Impulsivity among adult prisoners: A confirmatory factor analysis study of the Barratt Impulsivity Scale. *Personal. Individ. Differ.* 45, 286–292.
- Jacquemont, S., Reymond, A., Zufferey, F., Harewood, L., Walters, R. G., Kutalik, Z., et al. (2011). Mirror extreme BMI phenotypes associated with gene dosage at the chromosome 16p11. 2 locus. *Nature* 478, 97.
- Januszewska, R., Pieniak, Z., and Verbeke, W. (2011). Food choice questionnaire revisited in four countries. Does it still measure the same? *Appetite* 57, 94–98. doi:10.1016/j.appet.2011.03.014.
- Jasinska, A. J., Yasuda, M., Burant, C. F., Gregor, N., Khatri, S., Sweet, M., et al. (2012). Impulsivity and inhibitory control deficits are associated with unhealthy eating in young adults. *Appetite* 59, 738–747. doi:10.1016/j.appet.2012.08.001.
- Jentsch, J. D., and Taylor, J. R. (1999). Impulsivity resulting from frontostriatal dysfunction in drug abuse: implications for the control of behavior by reward-related stimuli. *Psychopharmacology (Berl.)* 146, 373–390.
- Johnson, F., Pratt, M., and Wardle, J. (2012). Dietary restraint and self-regulation in eating behavior. *Int. J. Obes.* 36, 665–674. doi:10.1038/ijo.2011.156.
- Joireman, J., Balliet, D., Sprött, D., Spangenberg, E., and Schultz, J. (2008). Consideration of future consequences, ego-depletion, and self-control: Support for distinguishing between CFC-Immediate and CFC-Future sub-scales. *Personal. Individ. Differ.* 45, 15–21.
- Joireman, J., and King, S. (2016). Individual differences in the consideration of future and (more) immediate consequences: A review and directions for future research. *Soc. Personal. Psychol. Compass* 10, 313–326.
- Joireman, J., Shaffer, M. J., Balliet, D., and Strathman, A. (2012a). Promotion orientation explains why future-oriented people exercise and eat healthy evidence from the two-factor consideration of future consequences-14 scale. *Pers. Soc. Psychol. Bull.* 38, 1272–1287.
- Joireman, J., Shaffer, M. J., Balliet, D., and Strathman, A. (2012b). Promotion orientation explains why future-oriented people exercise and eat healthy evidence from the two-factor consideration of future consequences-14 scale. *Pers. Soc. Psychol. Bull.* 38, 1272–1287.

- Joireman, J., Strathman, A., and Balliet, D. P. (2006). Considering future consequences: An integrative model.
- Jon Schoenfeld, B., Albert Aragon, A., and Krieger, J. W. (2015). Effects of meal frequency on weight loss and body composition: a meta-analysis. *Nutr. Rev.* 73, 69–82.
- Jones, A., Di Lemma, L. C., Robinson, E., Christiansen, P., Nolan, S., Tudur-Smith, C., et al. (2016). Inhibitory control training for appetitive behaviour change: A meta-analytic investigation of mechanisms of action and moderators of effectiveness. *Appetite* 97, 16–28.
- Joseph, R. J., Alonso-Alonso, M., Bond, D. S., Pascual-Leone, A., and Blackburn, G. L. (2011). The neurocognitive connection between physical activity and eating behaviour. *Obes. Rev.* 12, 800–812.
- Kahneman, D., and Egan, P. (2011). *Thinking, fast and slow*. Farrar, Straus and Giroux New York.
- Kahneman, D., and Riis, J. (2005). Living, and thinking about it: Two perspectives on life. *Sci. Well-Being* 1.
- Kant, A. K. (2004). Dietary patterns and health outcomes. *J. Am. Diet. Assoc.* 104, 615–635.
- Kaplan, H. I., and Kaplan, H. S. (1957). The psychosomatic concept of obesity. *J. Nerv. Ment. Dis.*
- Karvetti, R. L., and Knuts, L. R. (1985). Validity of the 24-hour dietary recall. *J. Am. Diet. Assoc.* 85.
- Katterman, S. N., Kleinman, B. M., Hood, M. M., Nackers, L. M., and Corsica, J. A. (2014). Mindfulness meditation as an intervention for binge eating, emotional eating, and weight loss: a systematic review. *Eat. Behav.* 15, 197–204.
- Keski-Rahkonen, A., and Mustelin, L. (2016). Epidemiology of eating disorders in Europe: prevalence, incidence, comorbidity, course, consequences, and risk factors. *Curr. Opin. Psychiatry* 29, 340. doi:10.1097/YCO.0000000000000278.
- Kesse-Guyot, E., Castetbon, K., Touvier, M., Hercberg, S., and Galan, P. (2010). Relative validity and reproducibility of a food frequency questionnaire designed for French adults. *Ann. Nutr. Metab.* 57, 153–162.
- Kirby, K. N. (2009). One-year temporal stability of delay-discount rates. *Psychon. Bull. Rev.* 16, 457–462.
- Kirby, K. N., and Maraković, N. N. (1996). Delay-discounting probabilistic rewards: Rates decrease as amounts increase. *Psychon. Bull. Rev.* 3, 100–104.
- Kirby, K. N., Petry, N. M., and Bickel, W. K. (1999). Heroin addicts have higher discount rates for delayed rewards than non-drug-using controls. *J. Exp. Psychol. Gen.* 128, 78.

- Koenders, P. G., and van, S. T. (2011). Emotional eating, rather than lifestyle behavior, drives weight gain in a prospective study in 1562 employees. *J. Occup. Environ. Med.* 53, 1287–1293. doi:10.1097/JOM.0b013e31823078a2.
- Konttinen, H., Haukkala, A., Sarlio-Lahteenkorva, S., Silventoinen, K., and Jousilahti, P. (2009). Eating styles, self-control and obesity indicators. The moderating role of obesity status and dieting history on restrained eating. *Appetite* 53, 131–134. doi:10.1016/j.appet.2009.05.001.
- Konttinen, H., Silventoinen, K., Sarlio-Lahteenkorva, S., Mannisto, S., and Haukkala, A. (2010). Emotional eating and physical activity self-efficacy as pathways in the association between depressive symptoms and adiposity indicators. *AmJ ClinNutr* 92, 1031–1039. doi:10.3945/ajcn.2010.29732.
- Köster, E. P. (2009). Diversity in the determinants of food choice: A psychological perspective. *Food Qual. Prefer.* 20, 70–82.
- Kovač, V. B., and Rise, J. (2007). The relation between past behavior, intention, planning, and quitting smoking: The moderating effect of future orientation. *J. Appl. Biobehav. Res.* 12, 82–100.
- Laibson, D. I. (1996). Hyperbolic discount functions, undersaving, and savings policy. National bureau of economic research.
- Laitinen, J., Ek, E., and Sovio, U. (2002). Stress-related eating and drinking behavior and body mass index and predictors of this behavior. *Prev. Med.* 34, 29–39.
- Lampuré, A., Schlich, P., Deglaire, A., Castetbon, K., Péneau, S., Hercberg, S., et al. (2015). Sociodemographic, Psychological, and Lifestyle Characteristics Are Associated with a Liking for Salty and Sweet Tastes in French Adults. *J. Nutr.* 145, 587–594. doi:10.3945/jn.114.201269.
- Lane, S. D., Cherek, D. R., Rhoades, H. M., Pietras, C. J., and Tcheremissine, O. V. (2003). Relationships Among Laboratory and Psychometric Measures of Impulsivity: Implications in Substance Abuse and Dependence. *Addict. Disord. Their Treat.* 2, 33.
- Larson, N. I., Perry, C. L., Story, M., and Neumark-Sztainer, D. (2006). Food Preparation by Young Adults Is Associated with Better Diet Quality. *J. Am. Diet. Assoc.* 106, 2001–2007. doi:10.1016/j.jada.2006.09.008.
- Larsson, S. C., and Wolk, A. (2006). Meat consumption and risk of colorectal cancer: A meta-analysis of prospective studies. *Int. J. Cancer* 119, 2657–2664. doi:10.1002/ijc.22170.
- Lassale, C., Castetbon, K., Laporte, F., Camilleri, G. M., Deschamps, V., Vernay, M., et al. (2015). Validation of a Web-based, self-administered, non-consecutive-day dietary record tool against urinary biomarkers. *Br. J. Nutr.* 113, 953–962.

- Lassale, C., Castetbon, K., Laporte, F., Deschamps, V., Vernay, M., Camilleri, G. M., et al. (2016). Correlations between fruit, vegetables, fish, vitamins, and fatty acids estimated by web-based nonconsecutive dietary records and respective biomarkers of nutritional status. *J. Acad. Nutr. Diet.* 116, 427–438.
- Lassale, C., Fezeu, L., Andreeva, V. A., Hercberg, S., Kengne, A. P., Czernichow, S., et al. (2012). Association between dietary scores and 13-year weight change and obesity risk in a French prospective cohort. *Int. J. Obes.* 36, 1455.
- Lassale, C., Galan, P., Julia, C., Fezeu, L., Hercberg, S., and Kesse-Guyot, E. (2013a). Association between Adherence to Nutritional Guidelines, the Metabolic Syndrome and Adiposity Markers in a French Adult General Population. *PLOS ONE* 8, e76349. doi:10.1371/journal.pone.0076349.
- Lassale, C., Péneau, S., Touvier, M., Julia, C., Galan, P., Hercberg, S., et al. (2013b). Validity of web-based self-reported weight and height: results of the Nutrinet-Santé study. *J. Med. Internet Res.* 15, e152. doi:10.2196/jmir.2575.
- Lê, J., Dallongeville, J., Wagner, A., Arveiler, D., Haas, B., Cottel, D., et al. (2013). Attitudes toward healthy eating: a mediator of the educational level–diet relationship. *Eur. J. Clin. Nutr.* 67, 808–814. doi:10.1038/ejcn.2013.110.
- Le Moullec, N., Deheeger, M., Preziosi, P., Monteiro, P., Valeix, P., Rolland-Cachera, M. F., et al. (1996). Validation of the photo manual used for the collection of dietary data in the SU. VI. MAX. study. *Cah Nutr Diet* 31, 158–164.
- Lewin, K. (1942). Time perspective and morale.
- Ley, R. E., Turnbaugh, P. J., Klein, S., and Gordon, J. I. (2006). Microbial ecology: human gut microbes associated with obesity. *nature* 444, 1022.
- Lindeman, M., and Väänänen, M. (2000). Measurement of ethical food choice motives. *Appetite* 34, 55–59. doi:10.1006/appe.1999.0293.
- Liu, P. J., Bettman, J. R., Uhalde, A. R., and Ubel, P. A. (2015). ‘How many calories are in my burrito?’ Improving consumers’ understanding of energy (calorie) range information. *Public Health Nutr.* 18, 15–24.
- Liu, P. J., Wisdom, J., Roberto, C. A., Liu, L. J., and Ubel, P. A. (2014). Using Behavioral Economics to Design More Effective Food Policies to Address Obesity. *Appl. Econ. Perspect. Policy* 36, 6–24. doi:10.1093/aapp/ppt027.
- Lluch, A. (1995). Identification des conduites alimentaires par approches nutritionnelles et psychométriques: implications thérapeutiques et préventives dans l’obésité humaine.
- Lluch, A., Herbeth, B., Mejean, L., and Siest, G. (2000). Dietary intakes, eating style and overweight in the Stanislas Family Study. *IntJObesRelat Metab Disord* 24, 1493–1499.

- Loeber, S., Grosshans, M., Korucuoglu, O., Vollmert, C., Vollstädt-Klein, S., Schneider, S., et al. (2012). Impairment of inhibitory control in response to food-associated cues and attentional bias of obese participants and normal-weight controls. *Int. J. Obes.* 36, 1334–1339.
- Lönnqvist, F., Arner, P., Nordfors, L., and Schalling, M. (1995). Overexpression of the obese (ob) gene in adipose tissue of human obese subjects. *Nat. Med.* 1, 950.
- Luck, A. J., MorganLuck, J. F., Reid, F., O'Brien, A., Brunton, J., Price, C., et al. (2002). The SCOFF questionnaire and clinical interview for eating disorders in general practice: comparative study. *BMJ* 325, 755–756. doi:10.1136/bmj.325.7367.755.
- Lumley, J., Stevenson, R. J., Oaten, M. J., Mahmut, M., and Yeomans, M. R. (2016). Individual differences in impulsivity and their relationship to a Western-style diet. *Personal. Individ. Differ.* 97, 178–185.
- Ma, Y., Olendzki, B. C., Li, W., Hafner, A. R., Chiriboga, D., Hebert, J. R., et al. (2006). Seasonal variation in food intake, physical activity, and body weight in a predominantly overweight population. *Eur. J. Clin. Nutr.* 60, 519–528. doi:10.1038/sj.ejcn.1602346.
- MacKinnon, D. P., Krull, J. L., and Lockwood, C. M. (2000). Equivalence of the mediation, confounding and suppression effect. *Prev. Sci.* 1, 173–181.
- Malik, V. S., Willett, W. C., and Hu, F. B. (2013). Global obesity: trends, risk factors and policy implications. *Nat. Rev. Endocrinol.* 9, 13–27. doi:10.1038/nrendo.2012.199.
- Marr, J. W. (1971). “Individual dietary surveys: purposes and methods,” in *World review of nutrition and dietetics* (Karger Publishers), 105–164.
- Martinez, F., and Fioulaine, N. (2015). “Time and the Misfits: Temporal Framing and Priming in Persuasive Communication,” in *Time Perspective Theory; Review, Research and Application: Essays in Honor of Philip G. Zimbardo*, eds. M. Stolarski, N. Fioulaine, and W. van Beek (Cham: Springer International Publishing), 385–402. doi:10.1007/978-3-319-07368-2_25.
- Masicampo, E. J., and Baumeister, R. F. (2007). Relating Mindfulness and Self-Regulatory Processes. *Psychol. Inq.* 18, 255–258. doi:10.1080/10478400701598363.
- Mathieu, J. (2009). What Should You Know about Mindful and Intuitive Eating? *J. Acad. Nutr. Diet.* 109, 1982. doi:10.1016/j.jada.2009.10.023.
- Matta, J., Carette, C., Lange, C. R., and Czernichow, S. (2018). Épidémiologie de l'obésité en France et dans le monde. *Presse Médicale* 47, 434–438.
- McAuley, E., Blissmer, B., Katula, J., Duncan, T. E., and Mihalko, S. L. (2000). Physical activity, self-esteem, and self-efficacy relationships in older adults: A randomized controlled trial. *Ann. Behav. Med.* 22, 131.

- McDonald, C. M., Baylin, A., Arsenault, J. E., Mora-Plazas, M., and Villamor, E. (2009). Overweight Is More Prevalent Than Stunting and Is Associated with Socioeconomic Status, Maternal Obesity, and a Snacking Dietary Pattern in School Children from Bogotá, Colombia. *J. Nutr.* 139, 370–376. doi:10.3945/jn.108.098111.
- McKay, M. T., Ballantyne, N., Goudie, A. J., Sumnall, H. R., and Cole, J. C. (2012). “Here for a good time, not a long time”: Decision-making, future consequences and alcohol use among Northern Irish adolescents. *J. Subst. Use* 17, 1–18.
- McKay, M. T., Cole, J. C., and Percy, A. (2015). Further evidence for a bifactor solution for the Consideration of Future Consequences Scale: Measurement and conceptual implications. *Personal. Individ. Differ.* 83, 219–222.
- Méjean, C., de Edelenyi, F. S., Touvier, M., Kesse-Guyot, E., Julia, C., Andreeva, V. A., et al. (2014a). Motives for participating in a web-based nutrition cohort according to sociodemographic, lifestyle, and health characteristics: the NutriNet-Sante cohort study. *J. Med. Internet Res.* 16.
- Méjean, C., Deglaire, A., Kesse-Guyot, E., Hercberg, S., Schlich, P., and Castetbon, K. (2014b). Association between intake of nutrients and food groups and liking for fat (The Nutrinet-Sante Study). *Appetite* 78, 147–155.
- Mialon, M., and Mialon, J. (2018). Analysis of corporate political activity strategies of the food industry: evidence from France. *Public Health Nutr.*, 1–15. doi:10.1017/S1368980018001763.
- Milfont, T. L., Wilson, J., and Diniz, P. (2012). Time perspective and environmental engagement: A meta-analysis. *Int. J. Psychol.* 47, 325–334. doi:10.1080/00207594.2011.647029.
- Mischel, W. (1974). “Processes in delay of gratification,” in *Advances in experimental social psychology* (Elsevier), 249–292.
- Mischel, W., and Ebbsen, E. B. (1970). Attention in delay of gratification. *J. Pers. Soc. Psychol.* 16, 329.
- Mizushige, T., Inoue, K., and Fushiki, T. (2007). Why is fat so tasty? Chemical reception of fatty acid on the tongue. *J. Nutr. Sci. Vitaminol. (Tokyo)* 53, 1–4.
- Moeller, F. G., Barratt, E. S., Dougherty, D. M., Schmitz, J. M., and Swann, A. C. (2001). Psychiatric aspects of impulsivity. *Am. J. Psychiatry* 158, 1783–1793.
- Mombaerts, P. (2004). Genes and ligands for odorant, vomeronasal and taste receptors. *Nat. Rev. Neurosci.* 5, 263–278. doi:10.1038/nrn1365.
- Morgan, J. F., Reid, F., and Lacey, J. H. (1999). The SCOFF questionnaire: assessment of a new screening tool for eating disorders. *Bmj* 319, 1467–1468.

- Morison, L. A., Cozzolino, P. J., and Orbell, S. (2010). Temporal perspective and parental intention to accept the human papillomavirus vaccination for their daughter. *Br. J. Health Psychol.* 15, 151–165. doi:10.1348/135910709X437092.
- Mullan, B., Allom, V., Brogan, A., Kothe, E., and Todd, J. (2014). Self-regulation and the intention behaviour gap. Exploring dietary behaviours in university students. *Appetite* 73, 7–14.
- Must, A., and Tybor, D. J. (2005). Physical activity and sedentary behavior: a review of longitudinal studies of weight and adiposity in youth. *Int. J. Obes.* 29, S84–S96. doi:10.1038/sj.ijo.0803064.
- Myhre, J. B., Løken, E. B., Wandel, M., and Andersen, L. F. (2015). The contribution of snacks to dietary intake and their association with eating location among Norwegian adults - results from a cross-sectional dietary survey. *BMC Public Health* 15, 369. doi:10.1186/s12889-015-1712-7.
- Nederkoorn, C., Guerrieri, R., Havermans, R. C., Roefs, A., and Jansen, A. (2009). The interactive effect of hunger and impulsivity on food intake and purchase in a virtual supermarket. *Int. J. Obes.* 33, 905–912.
- Nestle, M. (2013). *Food Politics: How the Food Industry Influences Nutrition and Health*. University of California Press.
- Ng, M., Fleming, T., Robinson, M., Thomson, B., Graetz, N., Margono, C., et al. (2014). Global, regional, and national prevalence of overweight and obesity in children and adults during 1980–2013: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2013. *The Lancet* 384, 766–781. doi:10.1016/S0140-6736(14)60460-8.
- NICE Eating disorders: recognition and treatment | Guidance and guidelines | NICE. Available at: <https://www.nice.org.uk/guidance/NG69> [Accessed February 26, 2018].
- Nutrinet-Santé, E. (2013). Table de composition des aliments de l'étude Nutrinet-Santé. *Paris Econ.*
- Nuttin, J. (2014). *Future time perspective and motivation: Theory and research method*. Psychology Press.
- Nyholm, M., Gullberg, B., Merlo, J., Lundqvist-Persson, C., Råstam, L., and Lindblad, U. (2007). The Validity of Obesity Based on Self-reported Weight and Height: Implications for Population Studies. *Obesity* 15, 197–197. doi:10.1038/oby.2007.536.
- O'Connor, L., Brage, S., Griffin, S. J., Wareham, N. J., and Forouhi, N. G. (2015). The cross-sectional association between snacking behaviour and measures of adiposity: the Fenland Study, UK. *Br. J. Nutr.* 114, 1286–1293. doi:10.1017/S000711451500269X.
- Olson, K. L., and Emery, C. F. (2015). Mindfulness and Weight Loss: A Systematic Review. *Psychosom. Med.* 77, 59. doi:10.1097/PSY.000000000000127.

- Orbell, S., and Hagger, M. (2006). Temporal framing and the decision to take part in type 2 diabetes screening: Effects of individual differences in consideration of future consequences on persuasion. *Health Psychol.* 25, 537.
- Orbell, S., Perugini, M., and Rakow, T. (2004). Individual differences in sensitivity to health communications: consideration of future consequences. *Health Psychol.* 23, 388.
- O'Reilly, G. A., Black, D. S., Huh, J., Davis, J. N., Unger, J., and Spruijt-Metz, D. (2017). Sugar Restriction Leads to Increased Ad Libitum Sugar Intake by Overweight Adolescents in an Experimental Test Meal Setting. *J. Acad. Nutr. Diet.* 117, 1041–1048. doi:10.1016/j.jand.2017.03.025.
- O'Reilly, G. A., Cook, L., Spruijt-Metz, D., and Black, D. S. (2014). Mindfulness-based interventions for obesity-related eating behaviours: a literature review. *Obes. Rev.* 15, 453–461.
- Paeratakul, S., Ferdinand, D. P., Champagne, C. M., Ryan, D. H., and Bray, G. A. (2003). Fast-food consumption among US adults and children: Dietary and nutrient intake profile. *J. Am. Diet. Assoc.* 103, 1332–1338. doi:10.1016/S0002-8223(03)01086-1.
- Painter, J., and Wansink, B. (2002). How visibility and convenience influence candy consumption.
- Parmenter, K., Waller, J., and Wardle, J. (2000). Demographic variation in nutrition knowledge in England. *Health Educ. Res.* 15, 163–174. doi:10.1093/her/15.2.163.
- Patel, S. R., and Hu, F. B. (2008). Short sleep duration and weight gain: a systematic review. *Obesity* 16, 643–653.
- Patton, J. H., Stanford, M. S., and Barratt, E. S. (1995). Factor structure of the Barratt impulsiveness scale. *J. Clin. Psychol.* 51, 768–774.
- Pavey, L., and Churchill, S. (2017). Impulsivity and temporal frame: Reducing frequency of snacking by highlighting immediate health benefits. *Eat. Behav.* 26, 1–5.
- Pearson, N., Biddle, S. J., and Gorely, T. (2009). Family correlates of fruit and vegetable consumption in children and adolescents: a systematic review. *Public Health Nutr.* 12, 267–283. doi:10.1017/S1368980008002589.
- Peetsma, T., and Van der Veen, I. (2011). Relations between the development of future time perspective in three life domains, investment in learning, and academic achievement. *Learn. Instr.* 21, 481–494.
- Pelleymounter, M. A., Cullen, M. J., Baker, M. B., Hecht, R., Winters, D., Boone, T., et al. (1995). Effects of the obese gene product on body weight regulation in ob/ob mice. *Science* 269, 540–543.

- Péneau, S., Ménard, E., Méjean, C., Bellisle, F., and Hercberg, S. (2013). Sex and dieting modify the association between emotional eating and weight status. *Am. J. Clin. Nutr.* 97, 1307–1313. doi:10.3945/ajcn.112.054916.
- Pereira, L. S., Cordery, I., and Iacovides, I. (2009). *Coping with water scarcity: Addressing the challenges*. Springer Science & Business Media.
- Peters, J. R., Erisman, S. M., Upton, B. T., Baer, R. A., and Roemer, L. (2011). A Preliminary Investigation of the Relationships Between Dispositional Mindfulness and Impulsivity. *Mindfulness* 2, 228–235. doi:10.1007/s12671-011-0065-2.
- Petrocelli, J. V. (2003). Factor validation of the consideration of future consequences scale: Evidence for a short version. *J. Soc. Psychol.* 143, 405–413.
- Ph.D, P. A. H., and Fong, G. T. (2007). Temporal self-regulation theory: A model for individual health behavior. *Health Psychol. Rev.* 1, 6–52. doi:10.1080/17437190701492437.
- Piko, B. F., and Brassai, L. (2009). The Role of Individual and Familial Protective Factors in Adolescents' Diet Control. *J. Health Psychol.* 14, 810–819. doi:10.1177/1359105309338971.
- Piko, B. F., and Pinczés, T. (2014). Impulsivity, depression and aggression among adolescents. *Personal. Individ. Differ.* 69, 33–37. doi:10.1016/j.paid.2014.05.008.
- Pollard, J., Kirk, S. F. L., and Cade, J. E. (2002). Factors affecting food choice in relation to fruit and vegetable intake: a review. *Nutr. Res. Rev.* 15, 373–387. doi:10.1079/NRR200244.
- Popkin, B. M. (1993). Nutritional Patterns and Transitions. *Popul. Dev. Rev.* 19, 138–157. doi:10.2307/2938388.
- Popkin, B. M., Adair, L. S., and Ng, S. W. (2012). Global nutrition transition and the pandemic of obesity in developing countries. *Nutr. Rev.* 70, 3–21. doi:10.1111/j.1753-4887.2011.00456.x.
- Popkin, B. M., Duffey, K., and Gordon-Larsen, P. (2005). Environmental influences on food choice, physical activity and energy balance. *Physiol. Behav.* 86, 603–613. doi:10.1016/j.physbeh.2005.08.051.
- Poulos, C. X., Le, A. D., and Parker, J. L. (1995). Impulsivity predicts individual susceptibility to high levels of alcohol self-administration. *Behav. Pharmacol.* 6, 810–814.
- Provencher, V., Drapeau, V., Tremblay, A., Després, J.-P., and Lemieux, S. (2003). Eating behaviors and indexes of body composition in men and women from the Québec family study. *Obes. Res.* 11, 783–792. doi:10.1038/oby.2003.109.
- Pursey, K., Burrows, T. L., Stanwell, P., and Collins, C. E. (2014). How Accurate is Web-Based Self-Reported Height, Weight, and Body Mass Index in Young Adults? *J. Med. Internet Res.* 16. doi:10.2196/jmir.2909.

- Rankinen, T., Zuberi, A., Chagnon, Y. C., Weisnagel, S. J., Argyropoulos, G., Walts, B., et al. (2006). The human obesity gene map: the 2005 update. *Obesity* 14, 529–644.
- Rappange, D. R., Brouwer, W. B., and Van Exel, N. J. A. (2009). Back to the consideration of future consequences scale: Time to reconsider? *J. Soc. Psychol.* 149, 562–584.
- Regnier, F. (2008). Obésité, corpulence et souci de minceur: inégalités sociales en France et aux Etats-Unis.
- Reid, R. C., Cyders, M. A., Moghaddam, J. F., and Fong, T. W. (2014). Psychometric properties of the Barratt Impulsiveness Scale in patients with gambling disorders, hypersexuality, and methamphetamine dependence. *Addict. Behav.* 39, 1640–1645.
- Reise, S. P., Moore, T. M., Sabb, F. W., Brown, A. K., and London, E. D. (2013). The Barratt Impulsiveness Scale-11: reassessment of its structure in a community sample. *Psychol. Assess.* 25, 631–642. doi:10.1037/a0032161.
- Reynolds, B., Ortengren, A., Richards, J. B., and de Wit, H. (2006). Dimensions of impulsive behavior: Personality and behavioral measures. *Personal. Individ. Differ.* 40, 305–315. doi:10.1016/j.paid.2005.03.024.
- Riet, J. van't, Sijtsema, S. J., Dagevos, H., and De Bruijn, G.-J. (2011). The importance of habits in eating behaviour. An overview and recommendations for future research. *Appetite* 57, 585–596. doi:10.1016/j.appet.2011.07.010.
- Robbins, T. (2002). The 5-choice serial reaction time task: behavioural pharmacology and functional neurochemistry. *Psychopharmacology (Berl.)* 163, 362–380.
- Roberto, C. A., and Kawachi, I. (2014). Use of Psychology and Behavioral Economics to Promote Healthy Eating. *Am. J. Prev. Med.* 47, 832–837. doi:10.1016/j.amepre.2014.08.002.
- Rohan, T. E., and Potter, J. D. (1984). Retrospective assessment of dietary intake. *Am. J. Epidemiol.* 120, 876–887.
- Rolls, B. J., Fedoroff, I. C., and Guthrie, J. F. (1991). Gender differences in eating behavior and body weight regulation. *Health Psychol.* 10, 133.
- Rolls, B. J., Morris, E. L., and Roe, L. S. (2002). Portion size of food affects energy intake in normal-weight and overweight men and women. *Am. J. Clin. Nutr.* 76, 1207–1213. doi:10.1093/ajcn/76.6.1207.
- Rolls, B. J., Rowe, E. A., and Rolls, E. T. (1982). How sensory properties of foods affect human feeding behavior. *Physiol. Behav.* 29, 409–417.
- Romon, M., Gomila, S., Hincker, P., Soudan, B., and Dallongeville, J. (2006). Influence of weight loss on plasma ghrelin responses to high-fat and high-carbohydrate test meals in obese women. *J. Clin. Endocrinol. Metab.* 91, 1034–1041.

- Rosenkranz, R. R., and Dzewaltowski, D. A. (2008). Model of the home food environment pertaining to childhood obesity. *Nutr. Rev.* 66, 123–140.
- Rosseel, Y. (2012). lavaan: An R Package for Structural Equation Modeling. *J. Stat. Softw.* 48, 1–36.
- Rothman, K. J., Greenland, S., and Lash, T. L. (2008). *Modern epidemiology*. Third Edition.
- Rothman, R. L., Housam, R., Weiss, H., Davis, D., Gregory, R., Gebretsadik, T., et al. (2006). Patient Understanding of Food Labels: The Role of Literacy and Numeracy. *Am. J. Prev. Med.* 31, 391–398. doi:10.1016/j.amepre.2006.07.025.
- Rozin, P., Fischler, C., Imada, S., Sarubin, A., and Wrzesniewski, A. (1999). Attitudes to food and the role of food in life in the USA, Japan, Flemish Belgium and France: Possible implications for the diet–health debate. *Appetite* 33, 163–180.
- Rudel, R. A., Gray, J. M., Engel, C. L., Rawsthorne, T. W., Dodson, R. E., Ackerman, J. M., et al. (2011). Food Packaging and Bisphenol A and Bis(2-Ethyhexyl) Phthalate Exposure: Findings from a Dietary Intervention. *Environ. Health Perspect.* 119, 914–920. doi:10.1289/ehp.1003170.
- Ruderman, A. J., and Christensen, H. (1983). Restraint theory and its applicability to overweight individuals. *J. Abnorm. Psychol.* 92, 210.
- Ruffault, A., Czernichow, S., Hagger, M. S., Ferrand, M., Erichot, N., Carette, C., et al. (2017). The effects of mindfulness training on weight-loss and health-related behaviours in adults with overweight and obesity: A systematic review and meta-analysis. *Obes. Res. Clin. Pract.* 11, 90–111. doi:10.1016/j.orcp.2016.09.002.
- Rutishauser, I. H. (2005). Dietary intake measurements. *Public Health Nutr.* 8, 1100–1107.
- Sáez-Almendros, S., Obrador, B., Bach-Faig, A., and Serra-Majem, L. (2013). Environmental footprints of Mediterranean versus Western dietary patterns: beyond the health benefits of the Mediterranean diet. *Environ. Health* 12, 118.
- Sairanen, E., Tolvanen, A., Karhunen, L., Kolehmainen, M., Järvelä, E., Rantala, S., et al. (2015). Psychological Flexibility and Mindfulness Explain Intuitive Eating in Overweight Adults. *Behav. Modif.* 39, 557–579. doi:10.1177/0145445515576402.
- Sautron, V., Péneau, S., Camilleri, G. M., Muller, L., Ruffieux, B., Hercberg, S., et al. (2015). Validity of a questionnaire measuring motives for choosing foods including sustainable concerns. *Appetite* 87, 90–97.
- Savage, J. S., Hoffman, L., and Birch, L. L. (2009). Dieting, restraint, and disinhibition predict women’s weight change over 6 y. *Am. J. Clin. Nutr.* 90, 33–40. doi:10.3945/ajcn.2008.26558.

- Schachter, S., Goldman, R., and Gordon, A. (1968). Effects of fear, food deprivation, and obesity on eating. *J. Pers. Soc. Psychol.* 10, 91.
- Schag, K., Schönleber, J., Teufel, M., Zipfel, S., and Giel, K. E. (2013). Food-related impulsivity in obesity and Binge Eating Disorder – a systematic review. *Obes. Rev.* 14, 477–495. doi:10.1111/obr.12017.
- Schofield, W. N. (1984). Predicting basal metabolic rate, new standards and review of previous work. *Hum. Nutr. Clin. Nutr.* 39, 5–41.
- Sebastian, R. S., Wilkinson Enns, C., and Goldman, J. D. (2011). Snacking patterns of US adults: What we eat in America, NHANES 2007–2008. *Food Surv. Res. Group Diet. Data Brief* 4, 1–8.
- Shahar, D. R., Yerushalmi, N., Lubin, F., Froom, P., Shahar, A., and Kristal-Boneh, E. (2001). Seasonal variations in dietary intake affect the consistency of dietary assessment. *Eur. J. Epidemiol.* 17, 129–133. doi:10.1023/A:1017542928978.
- Shankland, R. (2016). *Les troubles du comportement alimentaire*. Dunod.
- Sheeran, P., Gollwitzer, P. M., and Bargh, J. A. (2013). Nonconscious processes and health. *Health Psychol. Off. J. Div. Health Psychol. Am. Psychol. Assoc.* 32, 460–473. doi:10.1037/a0029203.
- Shennan, C., Payne, S., and Fenlon, D. (2011). What is the evidence for the use of mindfulness-based interventions in cancer care? A review. *Psychooncology.* 20, 681–697. doi:10.1002/pon.1819.
- Sniehotta, F. F., Pesseau, J., and Araújo-Soares, V. (2014). Time to retire the theory of planned behaviour. *Health Psychol. Rev.* 8, 1–7. doi:10.1080/17437199.2013.869710.
- Song, Y., Hauser, R., Hu, F. B., Franke, A. A., Liu, S., and Sun, Q. (2014). Urinary concentrations of bisphenol A and phthalate metabolites and weight change: a prospective investigation in US women. *Int. J. Obes.* 38, 1532.
- Sørensen, L. B., Møller, P., Flint, A., Martens, M., and Raben, A. (2003). Effect of sensory perception of foods on appetite and food intake: a review of studies on humans. *Int. J. Obes.* 27, 1152.
- Soubry, A. (2015). Epigenetic inheritance and evolution: A paternal perspective on dietary influences. *Prog. Biophys. Mol. Biol.* 118, 79–85. doi:10.1016/j.pbiomolbio.2015.02.008.
- Soubry, A., Murphy, S. K., Wang, F., Huang, Z., Vidal, A. C., Fuemmeler, B. F., et al. (2015). Newborns of obese parents have altered DNA methylation patterns at imprinted genes. *Int. J. Obes.* 39, 650.

- Speliotes, E. K., Willer, C. J., Berndt, S. I., Monda, K. L., Thorleifsson, G., Jackson, A. U., et al. (2010). Association analyses of 249,796 individuals reveal 18 new loci associated with body mass index. *Nat. Genet.* 42, 937–948. doi:10.1038/ng.686.
- Spiegelman, B. M., and Flier, J. S. (2001). Obesity and the Regulation of Energy Balance. *Cell* 104, 531–543. doi:10.1016/S0092-8674(01)00240-9.
- Stanford, M. S. (2009). Fifty years of the barratt impulsiveness scale: an update and review. 47, 385–395.
- Stanford, M. S., and Barratt, E. S. (1996). Verbal skills, finger tapping, and cognitive tempo define a second-order factor of temporal information processing. *Brain Cogn.* 31, 35–45.
- Stanley, S., Wynne, K., McGowan, B., and Bloom, S. (2005). Hormonal regulation of food intake. *Physiol. Rev.* 85, 1131–1158.
- Steinberg, L., Albert, D., Cauffman, E., Banich, M., Graham, S., and Woolard, J. (2008). Age differences in sensation seeking and impulsivity as indexed by behavior and self-report: Evidence for a dual systems model. *Dev. Psychol.* 44, 1764–1778. doi:10.1037/a0012955.
- Steinsbekk, S., Barker, E. D., Llewellyn, C., Fildes, A., and Wichstrøm, L. (2018). Emotional Feeding and Emotional Eating: Reciprocal Processes and the Influence of Negative Affectivity. *Child Dev.* 89, 1234–1246. doi:10.1111/cdev.12756.
- Stephoe, A., Pollard, T. M., and Wardle, J. (1995). Development of a measure of the motives underlying the selection of food: the food choice questionnaire. *Appetite* 25, 267–284.
- Stok, F. M., Hoffmann, S., Volkert, D., Boeing, H., Ensenauer, R., Stelmach-Mardas, M., et al. (2017). The DONE framework: Creation, evaluation, and updating of an interdisciplinary, dynamic framework 2.0 of determinants of nutrition and eating. *PLoS One* 12, e0171077.
- St-Onge, M.-P., Roberts, A. L., Chen, J., Kelleman, M., O’Keeffe, M., RoyChoudhury, A., et al. (2011). Short sleep duration increases energy intakes but does not change energy expenditure in normal-weight individuals. *Am. J. Clin. Nutr.* 94, 410–416. doi:10.3945/ajcn.111.013904.
- Story, M., and French, S. (2004). Food Advertising and Marketing Directed at Children and Adolescents in the US. *Int. J. Behav. Nutr. Phys. Act.* 1, 3. doi:10.1186/1479-5868-1-3.
- Strathman, A., Gleicher, F., Boninger, D. S., and Edwards, C. S. (1994). The consideration of future consequences: Weighing immediate and distant outcomes of behavior. *J. Pers. Soc. Psychol.* 66, 742–752. doi:10.1037/0022-3514.66.4.742.
- Strien, T. van, Frijters, J. E. R., Bergers, G. P. A., and Defares, P. B. (1986). The Dutch Eating Behavior Questionnaire (DEBQ) for assessment of restrained, emotional, and external eating behavior. *Int. J. Eat. Disord.* 5, 295–315. doi:10.1002/1098-108X(198602)5:2<295::AID-EAT2260050209>3.0.CO;2-T.

- Strotz, M. (1956). Inconsistency in Dynamic Utility Maximization, *23Rev. Econ. Stud* 165, 165.
- Stunkard, A. J., Foch, T. T., and Hrubec, Z. (1986). A Twin Study of Human Obesity. *JAMA* 256, 51–54. doi:10.1001/jama.1986.03380010055024.
- Stunkard, A. J., and Messick, S. (1985). The three-factor eating questionnaire to measure dietary restraint, disinhibition and hunger. *J. Psychosom. Res.* 29, 71–83.
- Sung, J., Lee, K., and Song, Y. M. (2009). Relationship of eating behavior to long-term weight change and body mass index: the Healthy Twin study. *Eat.Weight.Disord.* 14, e98-105.
- Sutin, A. R., Costa, P. T., Chan, W., Milaneschi, Y., Eaton, W. W., Zonderman, A. B., et al. (2013). I Know Not To, but I Can't Help It Weight Gain and Changes in Impulsivity-Related Personality Traits. *Psychol. Sci.* 24, 1323–1328.
- Svaldi, J., Naumann, E., Trentowska, M., and Schmitz, F. (2014). General and food-specific inhibitory deficits in binge eating disorder. *Int. J. Eat. Disord.* 47, 534–542. doi:10.1002/eat.22260.
- Swann, A. C., Dougherty, D. M., Pazzaglia, P. J., Pham, M., and Moeller, F. G. (2004). Impulsivity: a link between bipolar disorder and substance abuse. *Bipolar Disord.* 6, 204–212.
- Symmank, C., Mai, R., Hoffmann, S., Stok, F. M., Renner, B., Lien, N., et al. (2017). Predictors of food decision making: A systematic interdisciplinary mapping (SIM) review. *Appetite* 110, 25–35.
- Tarasuk, V. S. (2001). Household Food Insecurity with Hunger Is Associated with Women's Food Intakes, Health and Household Circumstances. *J. Nutr.* 131, 2670–2676. doi:10.1093/jn/131.10.2670.
- Tavolacci, M.-P., Gillibert, A., ZhuSoubise, A., Grigioni, S., and Déchelotte, P. (2017). Dépistage et orientation diagnostique des troubles du comportement alimentaire. in (Nantes, France).
- Taylor, A. W., Grande, E. D., Gill, T. K., Chittleborough, C. R., Wilson, D. H., Adams, R. J., et al. (2006). How valid are self-reported height and weight? A comparison between CATI self-report and clinic measurements using a large cohort study. *Aust. N. Z. J. Public Health* 30, 238–246. doi:10.1111/j.1467-842X.2006.tb00864.x.
- Tepper, B. J. (2008). Nutritional implications of genetic taste variation: the role of PROP sensitivity and other taste phenotypes. *Annu Rev Nutr* 28, 367–388.
- Teuscher, U., and Mitchell, S. H. (2011). Relation between time perspective and delay discounting: A literature review. *Psychol. Rec.* 61, 613–632.
- Thaler, R. (1981). Some empirical evidence on dynamic inconsistency. *Econ. Lett.* 8, 201–207.
- Thaler, R. H., and Sunstein, C. R. (2008). *Nudge: Improving decisions about health, wealth, and happiness*. New Haven, CT, US: Yale University Press.

- The GBD 2015 Obesity Collaborators (2017). Health Effects of Overweight and Obesity in 195 Countries over 25 Years. *N. Engl. J. Med.* 0, null. doi:10.1056/NEJMoa1614362.
- Tjønneland, A., Olsen, A., Boll, K., Stripp, C., Christensen, J., Engholm, G., et al. (2007). Study design, exposure variables, and socioeconomic determinants of participation in Diet, Cancer and Health: A population-based prospective cohort study of 57,053 men and women in Denmark. *Scand. J. Public Health* 35, 432–441. doi:10.1080/14034940601047986.
- Todd, J. E., Mancino, L., and Lin, B.-H. (2010). The Impact of Food Away from Home on Adult Diet Quality. Rochester, NY: Social Science Research Network Available at: <https://papers.ssrn.com/abstract=1557129> [Accessed August 16, 2018].
- Toepoel, V. (2010). Is consideration of future consequences a changeable construct? *Personal. Individ. Differ.* 48, 951–956.
- Tome, D., Schwarz, J., Darcel, N., and Fromentin, G. (2009). Protein, amino acids, vagus nerve signaling, and the brain—. *Am. J. Clin. Nutr.* 90, 838S–843S.
- Torres, S. J., and Nowson, C. A. (2007). Relationship between stress, eating behavior, and obesity. *Nutrition* 23, 887–894. doi:10.1016/j.nut.2007.08.008.
- Torrubia, R., Avila, C., Moltó, J., and Caseras, X. (2001). The Sensitivity to Punishment and Sensitivity to Reward Questionnaire (SPSRQ) as a measure of Gray's anxiety and impulsivity dimensions. *Personal. Individ. Differ.* 31, 837–862.
- Touvier, M., Kesse-Guyot, E., Méjean, C., Pollet, C., Malon, A., Castetbon, K., et al. (2011). Comparison between an interactive web-based self-administered 24 h dietary record and an interview by a dietitian for large-scale epidemiological studies. *Br. J. Nutr.* 105, 1055–1064.
- Tribole, E., and Resch, E. (1995). *Intuitive eating: a recovery book for the chronic dieter: rediscover the pleasures of eating and rebuild your body image.*
- Trommer, B. L., Hoepfner, J.-A. B., Lorber, R., and Armstrong, K. J. (1988). The Go—No-Go paradigm in attention deficit disorder. *Ann. Neurol.* 24, 610–614.
- Tsukayama, E., Duckworth, A. L., and Kim, B. (2012). Resisting Everything Except Temptation: Evidence and an Explanation for Domain-specific Impulsivity. *Eur. J. Personal.* 26, 318–334. doi:10.1002/per.841.
- Tsukayama, E., Duckworth, A. L., and Kim, B. (2013). Domain-specific impulsivity in school-age children. *Dev. Sci.* 16, 879–893. doi:10.1111/desc.12067.
- Tucker, L. A., and Bates, L. (2009). Restrained Eating and Risk of Gaining Weight and Body Fat in Middle-Aged Women: A 3-Year Prospective Study. *Am. J. Health Promot.* 23, 187–194. doi:10.4278/ajhp.07061456.

- Turnbaugh, P. J., Ley, R. E., Mahowald, M. A., Magrini, V., Mardis, E. R., and Gordon, J. I. (2006). An obesity-associated gut microbiome with increased capacity for energy harvest. *nature* 444, 1027.
- Tylka, T. L., and Kroon Van Diest, A. M. (2013). The Intuitive Eating Scale–2: Item refinement and psychometric evaluation with college women and men. *J. Couns. Psychol.* 60, 137.
- Vaisse, C., Clement, K., Guy-Grand, B., and Froguel, P. (1998). A frameshift mutation in human MC4R is associated with a dominant form of obesity. *Nat. Genet.* 20, 113.
- van Beek, J., Antonides, G., and Handgraaf, M. J. (2013). Eat now, exercise later: The relation between consideration of immediate and future consequences and healthy behavior. *Personal. Individ. Differ.* 54, 785–791.
- Van Buuren, S. (2007). Multiple imputation of discrete and continuous data by fully conditional specification. *Stat. Methods Med. Res.* 16, 219–242.
- van Dam, R. M., Rimm, E. B., Willett, W. C., Stampfer, M. J., and Hu, F. B. (2002). Dietary patterns and risk for type 2 diabetes mellitus in US men. *Ann. Intern. Med.* 136, 201–209.
- van Koningsbruggen, G. M., Stroebe, W., and Aarts, H. (2013). Successful restrained eating and trait impulsiveness. *Appetite* 60, 81–84.
- van Strien, T., Herman, C. P., and Verheijden, M. W. (2009). Eating style, overeating, and overweight in a representative Dutch sample. Does external eating play a role? *Appetite* 52, 380–387. doi:10.1016/j.appet.2008.11.010.
- Verdejo-García, A., Lawrence, A. J., and Clark, L. (2008). Impulsivity as a vulnerability marker for substance-use disorders: review of findings from high-risk research, problem gamblers and genetic association studies. *Neurosci. Biobehav. Rev.* 32, 777–810.
- Verdot, C., Torres, M., Salanave, B., and Deschamps, V. (2017). Corpulence des enfants et des adultes en France métropolitaine en 2015. Résultats de l'étude Esteban et évolution depuis 2006. *Bull. Epidémiol. Hebd* 13, 234–41.
- Viskaal-van Dongen, M., Kok, F. J., and de Graaf, C. (2010). Effects of snack consumption for 8 weeks on energy intake and body weight. *Int. J. Obes.* 34, 319.
- Vohs, K. D., and Heatherton, T. F. (2000). Self-regulatory failure: A resource-depletion approach. *Psychol. Sci.* 11, 249–254.
- Wada, K., Tamakoshi, K., Tsunekawa, T., Otsuka, R., Zhang, H., Murata, C., et al. (2005). Validity of self-reported height and weight in a Japanese workplace population. *Int. J. Obes.* 29, 1093–1099. doi:10.1038/sj.ijo.0803012.
- Walters, R. G., Jacquemont, S., Valsesia, A., De Smith, A. J., Martinet, D., Andersson, J., et al. (2010). A new highly penetrant form of obesity due to deletions on chromosome 16p11. 2. *Nature* 463, 671.

- Wanden-Berghe, R. G., Sanz-Valero, J., and Wanden-Berghe, C. (2010). The application of mindfulness to eating disorders treatment: a systematic review. *Eat. Disord.* 19, 34–48.
- Wang, P. Y., Caspi, L., Lam, C. K., Chari, M., Li, X., Light, P. E., et al. (2008). Upper intestinal lipids trigger a gut–brain–liver axis to regulate glucose production. *Nature* 452, 1012.
- Wang, X., Ouyang, Y., Liu, J., Zhu, M., Zhao, G., Bao, W., et al. (2014). Fruit and vegetable consumption and mortality from all causes, cardiovascular disease, and cancer: systematic review and dose-response meta-analysis of prospective cohort studies. *BMJ* 349, g4490. doi:10.1136/bmj.g4490.
- Wansink, B. (2004). Environmental factors that increase the food intake and consumption volume of unknowing consumers. *Annu Rev Nutr* 24, 455–479.
- Wardle, J. (1990). Conditioning processes and cue exposure in the modification of excessive eating. *Addict. Behav.* 15, 387–393.
- Wardle, J., Carnell, S., Haworth, C. M. A., Farooqi, I. S., O’Rahilly, S., and Plomin, R. (2008). Obesity Associated Genetic Variation in FTO Is Associated with Diminished Satiety. *J. Clin. Endocrinol. Metab.* 93, 3640–3643. doi:10.1210/jc.2008-0472.
- Wardle, J., Haase, A. M., Steptoe, A., Nillapun, M., Jonwutiwes, K., and Bellis, F. (2004). Gender differences in food choice: The contribution of health beliefs and dieting. *Ann. Behav. Med.* 27, 107–116. doi:10.1207/s15324796abm2702_5.
- Wardle, J., Marsland, L., Sheikh, Y., Quinn, M., Fedoroff, I., and Ogden, J. (1992). Eating style and eating behaviour in adolescents. *Appetite* 18, 167–183. doi:10.1016/0195-6663(92)90195-C.
- Waxman, S. E. (2009). A systematic review of impulsivity in eating disorders. *Eur. Eat. Disord. Rev.* 17, 408–425.
- Westenhoefer, J. (1991). Dietary restraint and disinhibition: is restraint a homogeneous construct? *Appetite* 16, 45–55.
- Westhoek, H., Lesschen, J. P., Rood, T., Wagner, S., De Marco, A., Murphy-Bokern, D., et al. (2014). Food choices, health and environment: effects of cutting Europe’s meat and dairy intake. *Glob. Environ. Change* 26, 196–205.
- Whitaker, R. C., Wright, J. A., Pepe, M. S., Seidel, K. D., and Dietz, W. H. (1997). Predicting obesity in young adulthood from childhood and parental obesity. *N. Engl. J. Med.* 337, 869–873.
- White, J. L., Moffitt, T. E., Caspi, A., Bartusch, D. J., Needles, D. J., and Stouthamer-Loeber, M. (1994). Measuring impulsivity and examining its relationship to delinquency. *J. Abnorm. Psychol.* 103, 192.

- Whiteside, S. P., and Lynam, D. R. (2003). Understanding the role of impulsivity and externalizing psychopathology in alcohol abuse: application of the UPPS impulsive behavior scale. *Exp. Clin. Psychopharmacol.* 11, 210.
- Whiteside, S. P., Lynam, D. R., Miller, J. D., and Reynolds, S. K. (2005). Validation of the UPPS impulsive behaviour scale: a four-factor model of impulsivity. *Eur. J. Personal. Publ. Eur. Assoc. Personal. Psychol.* 19, 559–574.
- WHO (2000). *Obesity: preventing and managing the global epidemic*. World Health Organization Available at: http://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=AvnqOsqv9doC&oi=fnd&pg=PA1&dq=info:n0l5wuBL9AQJ:scholar.google.com&ots=6UI3bl_P4J&sig=ohmyo-5Cha3FVTxbek7vXHZb1A [Accessed January 25, 2016].
- WHO (2002). *The world health report 2002: reducing risks, promoting healthy life*. World Health Organization.
- WHO (2003). *Diet, nutrition, and the prevention of chronic diseases: report of a joint WHO/FAO expert consultation*. World Health Organization.
- WHO (2010). *Global recommendations on physical activity for health*. World Health Organization.
- WHO (2011). *Global status report on noncommunicable diseases 2010*. World Health Organization.
- WHO (2018). Obesity and overweight. *World Health Organ.* Available at: <http://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight> [Accessed August 13, 2018].
- Willett, W. (2012). *Nutritional epidemiology*. Oxford University Press.
- Willett, W., Sampson, L., Stampfer, M. J., Rosner, B., Bain, C., Witschi, J., et al. (1985). Reproducibility and validity of a semiquantitative food frequency questionnaire. *Am. J. Epidemiol.* 122, 51–65.
- Wittmann, M., and Paulus, M. P. (2008). Decision making, impulsivity and time perception. *Trends Cogn. Sci.* 12, 7–12. doi:10.1016/j.tics.2007.10.004.
- Woodward, M. (2013). *Epidemiology: study design and data analysis*. Chapman and Hall/CRC.
- World Bank Open Data World Bank Open Data | Data. Available at: <https://data.worldbank.org/> [Accessed August 30, 2018].
- Wren, A. M., Seal, L. J., Cohen, M. A., Brynes, A. E., Frost, G. S., Murphy, K. G., et al. (2001). Ghrelin enhances appetite and increases food intake in humans. *J. Clin. Endocrinol. Metab.* 86, 5992. doi:10.1210/jcem.86.12.8111.

- Wu, M., Giel, K. E., Skunde, M., Schag, K., Rudofsky, G., de Zwaan, M., et al. (2013). Inhibitory control and decision making under risk in bulimia nervosa and binge-eating disorder. *Int J Eat Disord* 46, 721–728.
- Yeomans, M. R., Blundell, J. E., and Leshem, M. (2004). Palatability: response to nutritional need or need-free stimulation of appetite? *Br. J. Nutr.* 92, S3–S14.
- Yeomans, M. R., Leitch, M., and Mobini, S. (2008). Impulsivity is associated with the disinhibition but not restraint factor from the Three Factor Eating Questionnaire. *Appetite* 50, 469–476. doi:10.1016/j.appet.2007.10.002.
- Yi, R., Johnson, M. W., Giordano, L. A., Landes, R. D., Badger, G. J., and Bickel, W. K. (2008). The Effects of Reduced Cigarette Smoking on Discounting Future Rewards: An Initial Evaluation. *Psychol. Rec.* 58, 163–174. doi:10.1007/BF03395609.
- Zimbardo, P. G., and Boyd, J. N. (2015). “Putting time in perspective: A valid, reliable individual-differences metric,” in *Time perspective theory; review, research and application* (Springer), 17–55.