



RECHERCHE

Évaluer le binge drinking et le binge drinking de haute intensité par le BDCT, un nouvel outil de classification

Judith André^{1*}, Momar Diouf², Margaret P Martinetti³, Olivia Ortelli³, Fabien Gierski^{1,5,6,7}, Frédéric Fürst⁴, Olivier Pierrefiche¹, Mickaël Naassila^{1,6,7}

¹ INSERM UMR 1247, Groupe de Recherche sur l'alcool et les pharmacodépendances, GRAP, Université Picardie Jules Verne, Amiens, France

² Unité de Biostatistiques, Département de recherche Clinique, Centre hospitalo-universitaire Amiens-Picardie, Amiens, France.

³ Department of Psychology, The College of New Jersey, Ewing, New Jersey, USA.

⁵ Cognition, Health, Society Laboratory (C2S – EA 6291), Université de Reims Champagne Ardenne (URCA), Reims, France

⁶ Fédération Hospitalo-Universitaire A2M2P, Améliore le pronostic des troubles addictifs et mentaux par une médecine personnalisée

⁷ GDR CNRS 3557 Psychiatrie-Addictions, Institut de Psychiatrie

*Correspondance : Judith André, Université Picardie Jules Verne, INSERM UMR 1247, Groupe de Recherche sur l'alcool et les pharmacodépendances, GRAP, Chemin du Thil, 80025, Amiens, France. judith.andre@u-picardie.fr

Résumé : **Contexte :** Le binge drinking (BD) est un mode de consommation d'alcool fréquent chez les étudiants entraînant des conséquences néfastes. La difficulté d'identifier le BD et le BD de haute intensité (BDHI) est largement admise. Cette étude visait à fournir un outil, reposant sur plusieurs facteurs clés du BD, capable d'évaluer la sévérité du BD. **Méthodes :** Trois échantillons (N1 = 1271, N2 = 2310, N3 = 120) d'étudiants français (18 à 25 ans) ont participé à une enquête anonyme incluant des questionnaires démographiques et de consommation d'alcool (AUDIT, AUQ, Alcohol Purchase Task pour les indices d'économie comportementale). Un algorithme de clustering K-means et un partial proportional odds model (PPOM) sont utilisés pour identifier des groupes homogènes, isoler les facteurs clés de comportements et de consommation du BD et élaborer les équations de calculs des probabilités d'appartenance aux groupes. **Résultats :** Quatre profils de consommation d'alcool ont été identifiés : à faible risque, à risque, BD et BDHI. Le PPOM a déterminé pour chaque participant la probabilité d'appartenir à ces groupes. Nos résultats ont été confirmés dans deux échantillons de validation. Les conséquences de la consommation et les indices d'économie comportementale sont différents entre ces quatre groupes, en particulier entre le BD et le BDHI. **Conclusion :** Ce modèle permet d'identifier la sévérité progressive du BD. Il établit clairement la nécessité d'un modèle basé sur la fréquence des comportements, en particulier des ivresses. Il fournit un nouvel outil, disponible en ligne, pour caractériser le BD et le distinguer du BDHI.

Mots-clés : Alcool, binge drinking, binge drinking de haute intensité, fréquence des ivresses, étudiants universitaires, sexe de naissance, outil de classification.

Background: Binge drinking (BD) is a common drinking pattern among students, with harmful consequences. The difficulty of identifying binge drinking and high-intensity binge drinking (HIBD) is widely acknowledged. The aim of this study was to provide a tool, based on several key factors of BD, suitable for assessing the severity of BD. **Methods:** Three French student samples (N1 = 1271, N2 = 2310, N3 = 120) aged 18 to 25 completed an anonymous survey including demographic and alcohol consumption questionnaires (AUDIT, AUQ, Alcohol Purchase Task for behavioral economics indices). A K-means clustering algorithm and a partial proportional odds model (PPOM) were used to identify homogeneous groups, isolate the key factors in the BD's behavior and consumption, and develop equations to determine the probabilities of belonging to the groups. **Results:** Four drinking profiles were identified: low-risk, at-risk, BD and BDHI. The PPOM determined the probability of belonging to these groups for each participant. Our results were confirmed in two validation samples. The consequences of consumption and the behavioral economy indices differed between these four groups, in particular between the BD and the BDHI. **Conclusions:** This model identifies the



progressive severity of BD. It clearly confirms the need for a model based on the frequency of behavior, particularly the frequency of drunkenness. The model provides a new online tool for characterizing BD and discriminating BD from BDHI.

Key words: Alcohol, binge drinking, high-intensity binge drinking, drunkenness frequency, college students, sex of birth, classification tool.

1. INTRODUCTION

Le binge drinking (BD) est problème majeure de santé publique (OMS 2018, (1). En France, sa prévalence est particulièrement élevée atteignant 30-40% parmi les étudiants et 25% dans la tranche d'âge des 18-24 ans (2-5). A travers les rites d'intégration, la diffusion sur les réseaux sociaux, les consommations « massives » lors de soirées et fêtes d'étudiantes, il est intégré à la culture étudiante à un âge de grande vulnérabilité à la neurotoxicité de l'alcool (6-8). Les jeunes adultes consomment sans s'inquiéter des conséquences auxquelles ils s'exposent. Le binge drinking provoque de nombreux dommages à court terme (violences sexuelles, accidents, suicides, échecs académiques, black-out). A long terme, les modifications cérébrales générées par les intoxications intermittentes entraînent des troubles cognitifs et émotionnels, menant au développement de pathologies addictives à l'âge adulte (5,9,10).

De nombreux freins à l'étude du BD persistent encore et entravent le repérage précoce et les mesures de prévention. Une limite majeure est qu'il n'existe pas à ce jour de consensus sur la définition même du BD (1). Les influences culturelles de consommation et la diversité des modes de mesures génèrent une grande variabilité des marqueurs de prévalence (11,12). Ces disparités constituent un obstacle considérable à l'étude, aux recueils de données épidémiologiques et à la prévention contre les consommations « extrêmes ». Différentes mesures ont pourtant été proposées. Les premières, qui font état de mesures standards actuellement, évaluent la quantité d'alcool consommée en une occasion (1,13), par exemple ≥ 60 g d'alcool par occasion (OMS); et ≥ 56 g pour les femmes et ≥ 70 g pour les hommes en 2 heures d'intervalle menant à une alcoolémie ≥ 0.8 g/l (NIAAA). Malgré une grande facilité d'utilisation, ces définitions présentent de nombreux inconvénients (difficulté d'évaluer la quantité d'alcool réellement absorbée, défauts liés à l'utilisation de seuils de consommation, mesures ponctuelles) et ne reflètent pas la réalité des pratiques. D'ailleurs, il est aussi important de noter qu'en fonction de la définition utilisée, la population étudiée peut être complètement différente. Ainsi, des auteurs ont montré que parmi la population admise dans les services d'urgence pour intoxication éthylique, par rapport à la définition de l'OMS, si on prend la définition du NIAAA, les personnes présentent beaucoup plus de séquelles physiques et psychologiques (14).

Le second courant propose l'évaluation de paramètres comportementaux sur la durée. Par exemple, Townshend et Duka (15) mesurent à partir de l'Alcohol Use Questionnaire (16) un score de BD dépendant de la vitesse de consommation, déterminant clé de sévérité (17,18) et de la fréquence des ivresses, prédictive des conséquences sociales, du risque d'addiction et de l'ensemble des dommages liés à l'alcool (19-21). Malgré ces apports essentiels, l'usage du score de BD présente lui aussi de nombreux inconvénients (valeurs seuils non reproductibles d'une région à une autre, un tiers des consommateurs dits « intermédiaires » non caractérisés, entre les terciles les plus élevés (33%) et les plus bas (33%)) et son usage n'a pas été pérennisé. Le score d'AUDIT adapté par certains auteurs (22) ne prend pas en compte les variables subjectives (ivresses ou gueule de bois par exemple) et propose des seuils qui ne sont pas conformes aux consommations des jeunes adultes (23). Ces tentatives ont été reconnues comme insuffisantes dans la littérature et ont également été abandonnées (22-26).

Un autre constat s'ajoute aux précédents : seule une minorité d'études s'intéressent aux consommations excessives d'alcool au-delà des seuils fixés pour le BD par l'OMS et le NIAAA (BD de haute intensité ou consommation de haute intensité). Celles qui s'y attachent rapportent néanmoins un pourcentage significatif d'adolescents et de jeunes adultes qui s'adonnent à des consommations qui dépassent de loin, voire de très loin, ces seuils (9). Ces consommations de haute intensité correspondent à des seuils 2 à 3 fois plus élevés (+10 à +15 consommations / occasions ou +12 boissons par jour pour les femmes et +15+ boissons par jour pour les hommes). Ces seuils plus élevés sont associés à des comportements bien particuliers. Par exemple, les jeunes adultes consommant plus de 15 verres par occasion ont déclaré avoir davantage conduit après avoir bu que ceux consommant de 10 à 14 verres ou de 5 à 9 verres. Ils étaient également plus susceptibles de boire à nouveau après avoir expérimenté des conséquences négatives importantes, telles qu'une arrestation liée à l'alcool (27,28). D'une façon générale, la sévérité des conséquences liée à la consommation d'alcool (telles que l'intoxication alcoolique, le black-out) est associée de façon exponentielle aux consommations de grandes quantités d'alcool. Cette consommation de haute intensité ne suit pas les mêmes trajectoires que la consommation excessive d'alcool définie par +5 consommations par occasion. Il en résulte que les hospitalisations liées aux surdoses d'alcool restent élevées y compris dans les périodes où le BD semble diminuer (9,29). Peu de données sont rapportées sur ces consommateurs intenses, alors que leur profil de consommations et les conséquences qu'elles entraînent sont sans aucun doute spécifiques (29,30). L'identification des personnes ayant les niveaux de consommation les plus élevés est donc précieuse pour la santé et la sécurité publique (30).

Persiste donc à ce jour un manque de définition consensuelle et globale facilement objectivable et graduelle. Ce manque est à l'origine d'une disparité des résultats, fausse les rapprochements et les comparaisons entre les études (26) et freine les avancées dans ce domaine. Cette difficulté méthodologique représente un véritable enjeu de santé publique, compte tenu de la progression du BD et du BD de haute intensité dans la population et de l'éventail de ses conséquences.

L'urgence s'imposait donc d'un modèle global de BD, représentatif des comportements réels de consommation des jeunes adultes et permettant de graduer la sévérité de la consommation. Il doit pour cela prendre en compte non pas l'un ou l'autre des critères de consommation ponctuels mais un pattern comportemental regroupant l'ensemble des facteurs clés : (1) les variables de consommation, (2) les critères physiologiques déterminants tels que l'ivresse et la gueule de bois ; (3) les mesures dans le temps et non lors d'une unique occasion.

L'objectif de notre étude était de répondre à ces exigences et de proposer un outil d'étude et de repérage spécifique défini dans le temps et simple d'utilisation. Pour assurer la fiabilité de cet outil, nous nous sommes appuyés sur des méthodes mathématiques de modélisation et de validations statistiques qui garantissent la reproductibilité du modèle indépendamment des critères démographiques (âge, sexe ratio) et de consommation des populations étudiées.

2. MATERIELS ET METHODES

Cette étude associe une analyse de clustering et un Partial Proportional Odds Model (PPOM). L'analyse de clustering détermine le nombre de groupes de consommateurs homogènes de la population principale. Le PPOM pondère les critères, classe les groupes selon un gradient de gravité et détermine la probabilité pour chaque participant d'appartenir à chacun des groupes (figure 1).

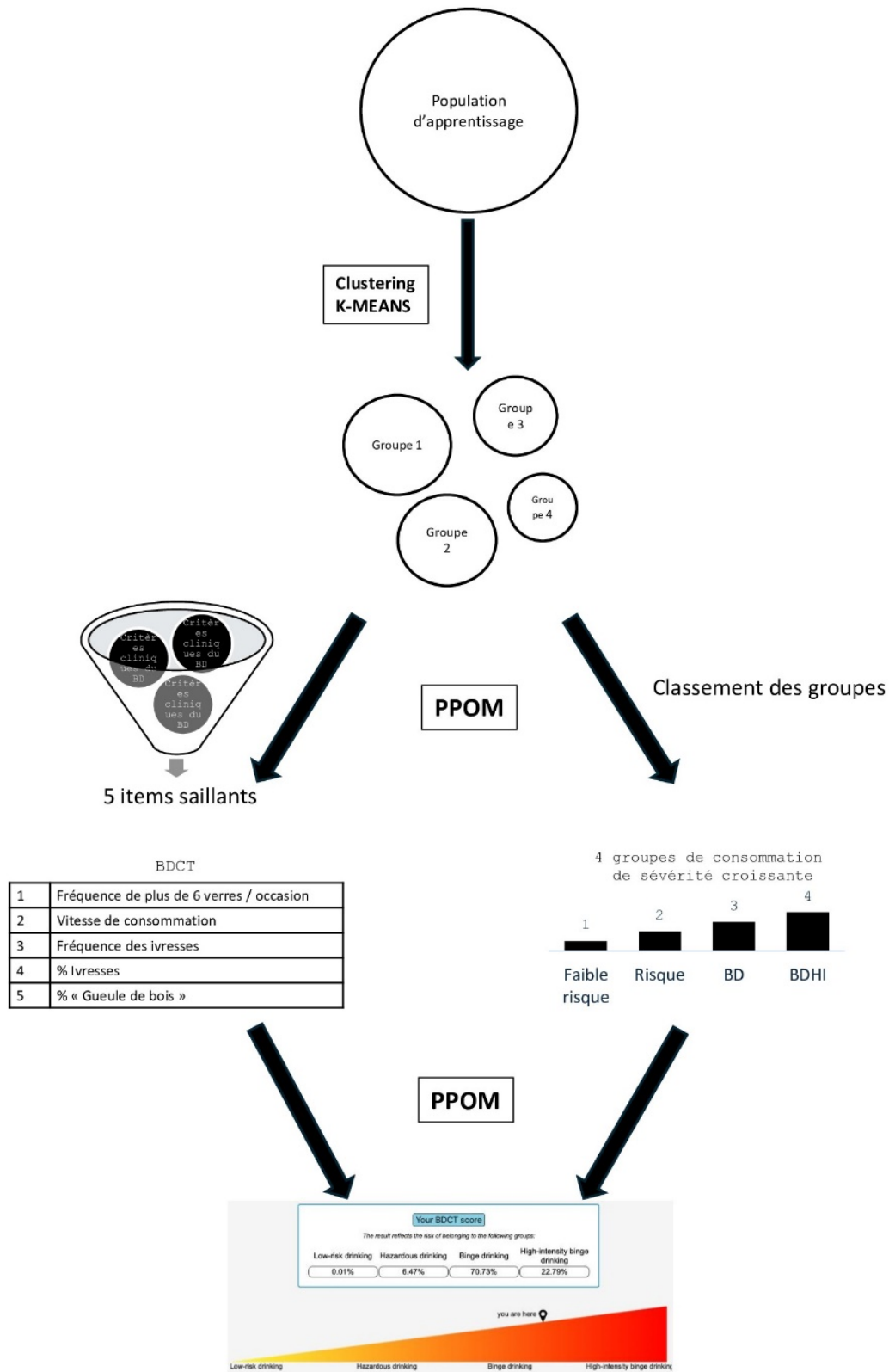


Figure 1 : Apports méthodologiques



a. Conception des échantillons.

L'échantillon d'apprentissage (échantillon principal sur lequel est appliqué le clustering, le PPOM et la validation interne) et les échantillons de validation (utilisés pour la validation du modèle) ont été recrutés dans trois universités françaises (Rennes, Amiens et Reims).

Échantillon d'apprentissage

Une enquête anonyme en ligne a été diffusée à l'ensemble des étudiants de l'Université de Rennes. Au total, 29 000 étudiants ont été invités à remplir le questionnaire via leur adresse électronique personnelle de l'université. 1 870 étudiants ont répondu au questionnaire. Les critères d'inclusion étaient les suivants : être âgé de 18 à 25 ans et consommer au moins 5 boissons alcoolisées (50g) par semaine. Les participants dont les données étaient manquantes ou aberrantes étaient exclus, ce qui a conduit à un échantillon final de 1 277 participants (77,3 % de femmes). Les étudiants ne pouvaient poursuivre l'enquête qu'après avoir lu le formulaire de consentement (objectif de la recherche, participation, procédure, confidentialité et coordonnées du chercheur) et cocher le bouton de consentement en ligne.

En ce qui concerne les disciplines d'études des étudiants, 39% d'entre eux ont déclaré poursuivre des études de droit, économie, gestion ou sciences humaines, 28% des études de santé, 33% des études de sciences ou sciences de l'ingénierie et des technologies.

Échantillons de validation.

L'échantillon de validation 1 comprenait 2 310 participants issus de deux universités françaises (Université de Reims Champagne-Ardenne et Université de Picardie Jules Verne). Le recrutement des étudiants a été effectué par le biais d'une annonce diffusée par courrier électronique. Tous les participants ont donné leur consentement libre et éclairé en ligne après avoir lu le formulaire de consentement et cocher le bouton de consentement en ligne. Les critères d'inclusion étaient les suivants : être âgé de 18 à 25 ans et consommer au moins 5 boissons alcoolisées (50 g) par semaine.

L'échantillon de validation 2, incluant 120 étudiants (60 hommes et 60 femmes), a été sélectionné sur la base du score de BD. Cet échantillon provient d'un échantillon plus large de 391 participants (âge, 18 à 24 ans ; 215 femmes et 176 hommes), de type caucasien, sélectionné parmi les étudiants de deux universités françaises (Université Picardie Jules Verne et l'université de Reims Champagne-Ardenne). Les participants ont librement signé le formulaire de consentement en début d'étude et cocher le bouton de consentement en ligne. Les critères d'inclusion et d'exclusion répondaient aux exigences des parties comportementale, d'imagerie cérébrale et génétique de l'étude.

b. Procédure

L'enquête en ligne utilisée pour les trois échantillons évaluait les caractéristiques démographiques (âge, sexe, niveau et discipline scolaires, et situation de vie), la consommation de drogues (alcool, cigarettes et cannabis), le score d'AUDIT (32) et le score BD (16) (tableaux 1, 2).

		N	%
<i>Sexe de naissance</i>	M	290	22.7
	F	987	77.3
	Total	1277	
<i>Age (moyenne ± sem)</i>	21.13 ± 0.05		
< 21		530	41.5
21-23		571	44.7
≥ 24		176	13.8
<i>Année académique</i>			
Première année		277	21.7
Deuxième année		290	22.7
Troisième année		268	21.0
Quatrième année		248	19.4
Cinquième année		194	15.2
<i>Age de première consommation d'alcool</i>	15.05 ± 0.05		
<i>Cigarette</i>			
Fumeurs		331	25.9
Non-fumeurs		946	74.1

Tableau 1 : Données démographiques et consommations d'alcool et de cigarettes dans l'échantillon d'apprentissage

		Echantillon d'apprentissage		Echantillon de validation 1		Échantillon d'apprentissage vs échantillon de validation 1	Echantillon de validation 2		Échantillon d'apprentissage vs échantillon de validation 2
		N	%	N	%	<i>p</i>	N	%	<i>p</i>
<i>Sexe de naissance</i>	<i>Distribution</i>					<0.0001***			<0.0001***
	M	290	22.7	952	41.2		60	41.2	
	F	987	77.3	1358	58.8		60	58.8	
<i>Age</i>	<i>Moyenne ± sem</i>	21.13 ± 0.05		20.29 ± 0.05		<0.0001***	21.28 ± 0.16		<0.05*
	<i>Min-Max</i>	18-26		17-30			18-25		
	<i>Distribution</i>					<0.0001***			<0.05*
	< 21	530	41.47	1444	62.5		44	36.7	
	21-23	571	44.70	663	28.7		59	49.2	
≥ 24	176	13.8	203	8.8		17	14.1		
<i>AUDIT</i>	<i>Moyenne ± sem</i>	7.12 ± 0.14		7.06 ± 0.113		= 0.174	9.19 ± 0.58		<0.0001***
	<i>Min-Max</i>	1-29		0-33			0-30		
	<i>Distribution des niveaux de consommation</i>					<0.0001***			<0.0001***
	Niveau à faible risque	570	44.6	1370	59.9		56	46.7	
Niveau à risque	541	42.4	622	26.9		33	27.5		
Niveau à risque élevé	166	13.1	318	13.8		30	25		
<i>BD</i>	<i>Moyenne ± sem</i>	13.58 ± 0.34		20.07 ± 0.40		<0.0001***	28.26 ± 2.35		<0.0001***
	<i>Min-Max</i>	1.32 - 106		1.33 - 172			0-132		
	<i>Distribution des groupes de consommation d'alcool</i>					<0.0001***			<0.0001***
	Buveurs sociaux	913	71.5	1293	56		63	52.5	
	Buveurs intermédiaires	252	19.7	413	17.9		3	2.5	
Binge drinkers	112	8.8	604	26.1		54	45.0		

Tableau 2 : Comparaison de l'échantillon d'apprentissage avec les échantillons de validation 1 et 2.

Note. AUDIT = Alcohol Use Disorder Identification Test. BD Score = Binge drinking score. La comparaison entre les moyennes a été effectuée à l'aide du test t de Student. La comparaison entre les distributions a été effectuée à l'aide du Chi carré. Les groupes AUDIT étaient généralement définis comme suit : score de dépendance à faible risque <7 pour les hommes et <6 pour les femmes, score de dépendance à risque ≥7 pour les hommes et ≥6 pour les femmes et <13, score de dépendance à risque élevé ≥13. Le score de BD est défini comme étant <15 pour le groupe de consommation sociale, ≥17 et <23 pour le groupe de consommation intermédiaire et ≥13 pour le groupe de binge drinking avec le score de binge = (4 × AUQ 13) + AUQ 14 + (0,2 × AUQ 15) avec AUQ 13 : Quand vous buvez, à quelle vitesse buvez-vous? ; AUQ 14 : Combien de fois avez-vous été ivre au cours des 6 derniers mois ? et AUQ 15 : Quel pourcentage des fois où vous buvez vous enivrez-vous ? (15)

c. Mesures de consommation d'alcool

i. Alcohol use disorders identification test (AUDIT)

L'AUDIT est un outil de dépistage en 10 points mis au point par l'OMS afin d'évaluer la consommation d'alcool à risque, les comportements de consommation et les conséquences liés à l'alcool (31,32). L'AUDIT est un questionnaire d'auto-évaluation qui mesure la fréquence et la quantité d'alcool consommées (par exemple la fréquence de consommation de plus de 6 verres), les comportements associés à la consommation d'alcool et les conséquences néfastes liées à la consommation d'alcool. Le score total de l'AUDIT a été calculé en additionnant les scores des 10 items (31). Le coefficient alpha de Cronbach de cette échelle pour l'ensemble de l'échantillon était de 0,792.

ii. Alcohol use questionnaire-revised (AUQ-R)

Nous avons utilisé une version française de la version révisée du questionnaire sur la consommation d'alcool (15,33) initialement développé par Mehrabian et Russell (16). Cette version permet de calculer le niveau hebdomadaire de consommation d'alcool (unités d'alcool par semaine, sachant qu'en France, une unité d'alcool est définie comme 10 g d'éthanol) et un score de binge drinking. Ce score a été calculé pour tous les participants sur la base des informations fournies concernant : la vitesse de consommation (nombre moyen de verres par heure), le nombre d'ivresse au cours des 6 mois précédents et le pourcentage d'ivresse lors des épisodes de consommation (pour plus de détails, voir (15,33,34).

iii. La tâche d'achat d'alcool ou Alcohol purchase task (APT)

La tâche d'achat d'alcool (APT) (35) évalue la demande économique comportementale c'est-à-dire la consommation d'alcool en fonction du prix.

Les indices de demande mesurés par l'APT sont fortement corrélés à consommation d'alcool (36,37). Dans cette tâche, il est demandé aux participants de lire une séquence décrivant un contexte typique de consommation d'alcool et d'indiquer combien de boissons standards ils consommeraient à différents prix. Dans la présente étude, la séquence spécifiait une occasion de boire pendant 5 heures et les prix s'échelonnaient de 0 à 20 euros. Les données de consommation ont été analysées selon les critères de Stein et collaborateurs (38)

Sur les 1 261 participants ayant répondu à ce questionnaire, 82 ont été exclus en raison de valeurs aberrantes, aboutissant à un échantillon final de 1 179 participants. Les paramètres économiques comportementaux comprenaient les indices d'intensité observés (consommation déclarée à un prix nul), O_{max} (produit maximal du prix \times la consommation) P_{max} (prix à O_{max}), et le point de rupture-1 (BP1) (prix le plus élevé pour une consommation non nulle). Ces paramètres ont été calculés pour chaque participant à l'aide de l'outil Excel de Foster et Reed (39). Enfin, les paramètres économiques comportementaux Q_0 (intensité dérivée) et α (taux de variation de l'élasticité), ont été produits pour chaque participant à l'aide de la fonction de demande exponentielle de Stein et collaborateurs (38), $Q = Q_0 * 10^{(k(-\alpha * Q_0 * C) - 1)}$, le prix de zéro euro étant remplacé par 0,01, et le paramètre $span$ (k) étant fixé à 3,20, ce qui représentait la fourchette la plus élevée de la consommation en unités logarithmiques à laquelle on ajoute 0,50. Pour chaque participant, ces valeurs α et k ont été utilisées pour produire la valeur essentielle (VE), une mesure standardisée de la valeur de renforcement, avec $VE = 1/(100 * \alpha * k^{1.5})$ (40).

d. Sélection des items pour le clustering

Les variables utilisées pour l'analyse de clustering ont été sélectionnées parmi les items de l'AUDIT et de l'AUQ les plus représentatifs du BD : (1) la fréquence de la consommation (à quelle fréquence prenez-vous une boisson contenant de l'alcool ?), (2) Le nombre de boissons alcoolisées par jour typique de consommation (combien de boissons contenant de l'alcool consommez-vous au cours d'une journée typique où vous buvez ?), (3) la fréquence de consommation d'au moins 6 boissons alcoolisées (Combien de fois prenez-vous six boissons ou plus en ou plus en une seule occasion ?), (4) la vitesse de consommation (Lorsque vous buvez, à quelle vitesse le faites-vous ?), (5) la fréquence des ivresses

(combien de fois avez-vous été ivre au cours des 6 derniers mois ?), (6) la proportion d'épisodes d'ivresse sur 10 occasions de boire (quel est le pourcentage de fois où vous êtes-vous ivre lorsque vous buvez? rapporté à une échelle de 10 occasions) (7) la proportion d'épisodes de gueule de bois sur 10 occasions de boire (quel est le pourcentage de fois où vous avez la gueule de bois lorsque vous buvez ? sur une échelle de 10 occasions).

e. Analyses statistiques

Pour les statistiques descriptives, les variables quantitatives ont été indiquées par la moyenne \pm erreur standard de la moyenne (SEM) et les variables qualitatives sous forme de pourcentages. Les comparaisons entre les échantillons ont été effectuées à l'aide de tests χ^2 pour les variables qualitatives et par une analyse ANOVA ou un test de Student pour les variables quantitatives. Les comparaisons et les analyses réalisées avec le test t de Student, l'ANOVA et le chi-carré sont effectuées à l'aide du logiciel SPSS, version 23.

Le modèle a été élaboré en deux étapes. Une première analyse de clustering (K-means) a déterminé des groupes de consommations homogènes puis le Partial proportionnel Odds Model (PPOM) a ensuite été appliqué pour reproduire en interne les résultats des Kmeans, tester la généralisation de nos résultats dans des échantillons indépendants, classer les groupes et produire les équations calculant la probabilité d'appartenir à chaque groupe.

f. Clustering

Afin de déterminer, à titre exploratoire, les modes de consommation d'alcool, nous avons utilisé la méthode non supervisée de clustering des K-means dans l'échantillon d'apprentissage. Cette méthode détermine des groupes d'individus aussi homogènes que possible. En bref, l'algorithme K-means est un algorithme itératif qui partitionne l'ensemble de données en K clusters prédéfinis, distincts et ne se chevauchant pas, chaque individu n'appartenant qu'à un seul cluster.

L'algorithme affecte les points de données à un cluster de telle sorte que la somme des carrés de la distance entre les individus et le centroïde du cluster (c'est-à-dire la moyenne arithmétique de tous les individus appartenant à ce cluster) soit à son minimum. Moins il y a de variation au sein des clusters, plus les individus sont semblables au sein de ce cluster.

La particularité de notre analyse était que la variable dépendante (Groupe de consommation) n'était pas encore disponible au début des analyses. Nous avons donc utilisé les Kmeans pour classer les patients. Le nombre optimal de clusters a été évalué à l'aide de la méthode Elbow (figure 2). Après avoir réparti chaque participant dans son cluster correspondant, la moyenne des clusters pour chacune des variables utilisées par la méthode K-means a été calculée. Les clusters ont ensuite été classés en fonction de la progression des variables.

g. Probabilités proportionnelles partielles (PPOM)

Les modèles de prédiction du risque tels que le modèle des probabilités proportionnelles partielles (PPOM) reposent sur l'utilisation de facteurs prédictifs pour estimer la probabilité absolue ou le risque de survenue d'un certain résultat (41,42).

Afin de procéder à la validation interne de cet échantillon, la probabilité d'appartenance à un groupe est donc modélisée à l'aide du PPOM permettant la prise en compte de coefficients de régression inégaux, la variable dépendante étant la variable des clusters K-means.

Les équations de régression sont déterminées à partir des variables identifiées par le PPOM avec un niveau de significativité alpha de 0,05. Ces équations permettent de calculer la probabilité P_i (Groupe $\geq j$) pour que l'individu i appartienne au moins au groupe j . Ainsi, la probabilité pour l'individu i d'appartenir au groupe $j = 2, \dots, K-1$ a été estimée par P_i (Groupe $\geq j$) - P_i (Groupe $\geq j+1$), excepté pour les premier et dernier groupes (Groupe 1 et Groupe 4) pour lesquels la probabilité d'appartenance a été estimée à $1 - P_i$ (Groupe ≥ 2) et P_i (Groupe ≥ 4), respectivement. Chaque individu est ainsi assigné au groupe pour lequel sa probabilité d'appartenance est la plus élevée. Par la suite, l'appartenance à un

groupe obtenue par la méthode de clustering est comparée à l'appartenance estimée par le PPOM afin d'évaluer le calcul de l'erreur de classification du modèle PPOM en utilisant les groupes dérivés du regroupement comme étalon standard.

Une étape de validation externe est ensuite réalisée. Les individus de deux autres échantillons sont assignés au groupe pour lequel la probabilité d'appartenance calculée par le PPOM est la plus élevée. Après avoir déterminé le nombre optimal de groupes dans l'ensemble de la population, l'effet de la variable sexe sur la classification est estimé en réappliquant l'algorithme des K-means pour les deux sexes de naissance.

L'étape de validation externe évalue la robustesse et la cohérence des résultats de l'échantillon d'apprentissage. Les valeurs moyennes croissantes des variables utiles (variables incluses dans les Kmeans) sont comparées entre les quatre groupes.

Le PPOM et la validation du modèle ont été réalisés avec le logiciel R, version 3.4.0 (R Foundation for Statistical Computing, Vienne, Autriche) via l'interface RStudio, version 1.0.143. Le calcul des K-means a été réalisé à l'aide de la base de données d'apprentissage et la bibliothèque VGAM pour la modélisation du PPOM.

3. RESULTATS

a. Données démographiques de l'échantillon d'apprentissage

La moyenne et le SEM de chaque variable continue (âge, âge de la première consommation d'alcool) (tableau 1), ainsi que les pourcentages de chaque variable démographique (âge, sexe, âge de la première consommation, année scolaire) sont calculés pour chaque groupe (tableau 2).

b. Comparaison de la population d'apprentissage avec les deux échantillons de validation

Les deux échantillons de validation diffèrent significativement de l'échantillon d'apprentissage en termes de ratios hommes-femmes et de paramètres de consommation (AUDIT et distribution des groupes BD) (tableau 2). Ces différences significatives entre les 3 échantillons renforcent la validité de notre modèle.

c. Analyse de clustering

La méthode Elbow a permis de déterminer quatre groupes, appelés groupes 1, 2, 3 et 4 (figure 2). Ce nombre de groupes résulte de la maximisation du nombre d'individus dans chaque groupe.

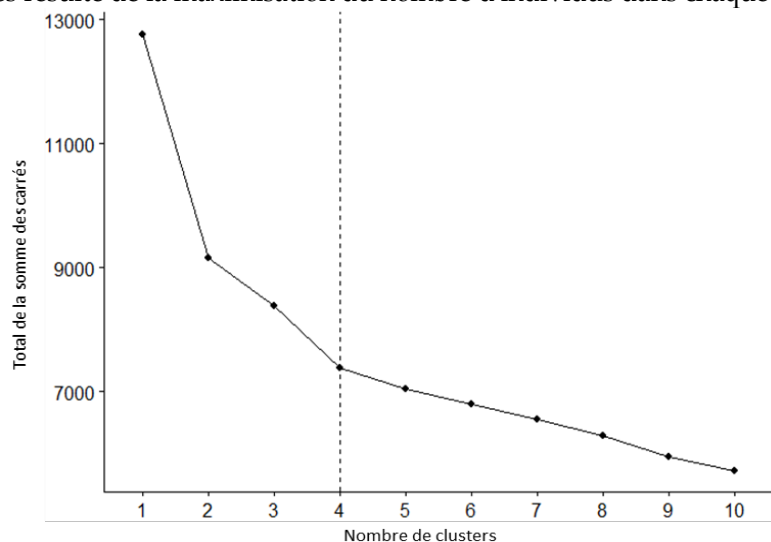


Figure 2 : Nombre optimal de clusters. La méthode Elbow a déterminé à quatre le nombre optimal de clusters

d. Partial proportional Odds Model (PPOM)

i. Facteurs déterminants de la classification

Sur les 7 items initialement sélectionnés (voir Analyses statistiques), cinq d'entre eux (AUDIT 3, AUQ 13 à 16) étaient significatifs à un seuil de 0,05 dans les analyses PPOM (tableau 3). Pour la sélection finale des items, nous avons tenu compte de la multicollinéarité, c'est-à-dire des variables dépendantes fortement corrélées. En particulier, parmi les trois premiers items de l'AUDIT, nous avons sélectionné l'item 3 (fréquence de consommation de 6 boissons), dont l'impact sur notre modèle était le plus important (tableau 3).

PPOM : items significatifs

	Group	Regression coefficients	Std. Error	Z value	P value
AUDIT 1 - Fréquence de consommation	≥2, ≥3, =4	0.18809	0.15811	1.190	0.23418
AUDIT 2 – Verres standards par jour typique de consommation	≥2, ≥3, =4	-0.01347	0.09327	-0.144	0.88520
AUDIT 3 – Fréquence de 6 verres	≥2, ≥3, =4	0.42646	0.14719	2.897	< 0,01 **
AUQ 10 – Vitesse de consommation	≥2	0.20057	0.10606	1.891	0.05859
	≥3	0.07370	0.12862	0.573	0.56665
	=4	-0.12883	0.20744	-0.621	0.53455
AUQ 11 – Fréquence des ivresses	≥2, ≥3, =4	0.33708	0.02394	14.083	< 0,001***
AUQ 12 – Nombre d'épisodes d'ivresse (sur 10 occasions)	≥2	0.68408	0.06473	10.568	< 0,001***
	≥3	0.11046	0.08512	1.298	0.19439
	=4	0.02215	0.13689	0.162	0.87146
Nombre d'épisode de "gueule de bois" (sur 10 occasions)	≥2	0.36077	0.05103	7.070	< 0,001***
	≥3	0.05129	0.06900	0.743	0.45725
	≥4	-0.34092	0.12573	-2.712	< 0,01 **

Tableau 3: Résultats du "partial proportional odds model" (PPOM) pour chaque variable d'appartenance à un groupe (les quatre groupes issus du modèle K-means) en tant que variable dépendante

Les items "fréquence de 6 verres", "fréquence d'ivresse", "nombre d'épisodes d'ivresse (sur 10 occasions de boire)" et "nombre de gueules de bois (sur 10 occasions de boire)" étaient significatifs à un niveau de 5%, et l'item "vitesse de consommation" tendait vers un niveau de signification de 5%. Ce résultat indique qu'il s'agit des facteurs déterminants les plus importants dans la classification. Les trois variables indépendantes "Vitesse de consommation", "Nombre d'ivresses (sur 10)" et "Nombre de gueules de bois (sur 10)" ne répondaient pas à l'hypothèse de proportionnalité et présentaient des coefficients différents pour chacune des trois probabilités modélisées, P(Groupe ≥ 2), P(Groupe ≥ 3) et P(Groupe = 4).

Les scores moyens pour chacun des cinq items significatifs (tableau 3) ont été calculés pour chaque groupe. Les résultats montrent que les scores moyens augmentent progressivement du groupe 1 au groupe 4 (tableau 4), avec des exceptions mineures du groupe 3 au groupe 4.

	Fréquence de consommations	Nombre de consommations par jour typique	Fréquence de +6 consommations	Vitesse de consommation	Fréquence des ivresses	Nombre d'ivresses/10 occasions	Nombre de "Gueules de bois"/10 occasions
1 (n=721)	1.79	0.70	0.90	1.47	0.93	1.24	1.23
2 (n=404)	2.19	1.54	1.89	2.32	5.82	4.95	4.15
3 (n=106)	2.60	2.04	2.66	2.85	19.28	6.10	4.65
4 (n=46)	3.02	2.76	2.65	3.17	39.26	6.52	3.94

Tableau 4 : Moyennes des groupes pour chacune des variables utilisées dans la méthode des K-means pour les quatre groupes de l'échantillon d'apprentissage.

Le modèle proportionnel partiel a généré les quatre équations ci-dessous. Ces équations permettent de calculer la probabilité d'appartenance à chaque groupe pour chaque individu.

$P(\text{Group} \geq 2)$

$$= \frac{e^{-5.87 + 0.43 * \text{Freq}_{\text{six-drinks}} + 0.20 * \text{speed} + 0.34 * \text{Freq}_{\text{drunkeness}} + 0.68 * \text{Number}_{\text{Drunkeness on 10}} + 0.36 * \text{Number}_{\text{Hangover on 10}}}}{(1 + e^{-5.87 + 0.43 * \text{Freq}_{\text{six-drinks}} + 0.20 * \text{speed} + 0.34 * \text{Freq}_{\text{drunkeness}} + 0.68 * \text{Number}_{\text{Drunkeness on 10}} + 0.36 * \text{Number}_{\text{Hangover on 10}}})}$$

$P(\text{Group} \geq 3)$

$$= \frac{e^{-7.37 + 0.43 * \text{Freq}_{\text{six-drinks}} + 0.07 * \text{speed} + 0.34 * \text{Freq}_{\text{drunkeness}} + 0.11 * \text{Number}_{\text{Drunkeness on 10}} + 0.05 * \text{Number}_{\text{Hangover on 10}}}}{(1 + e^{-7.37 + 0.43 * \text{Freq}_{\text{six-drinks}} + 0.07 * \text{speed} + 0.34 * \text{Freq}_{\text{drunkeness}} + 0.11 * \text{Number}_{\text{Drunkeness on 10}} + 0.05 * \text{Number}_{\text{Hangover on 10}}})}$$

$P(\text{Group} = 4)$

$$= \frac{e^{-8.46 + 0.43 * \text{Freq}_{\text{six-drinks}} - 0.13 * \text{speed} + 0.34 * \text{Freq}_{\text{drunkeness}} + 0.02 * \text{Number}_{\text{Drunkeness on 10}} - 0.34 * \text{Number}_{\text{Hangover on 10}}}}{(1 + e^{-8.46 + 0.43 * \text{Freq}_{\text{six-drinks}} - 0.13 * \text{speed} + 0.34 * \text{Freq}_{\text{drunkeness}} + 0.02 * \text{Number}_{\text{Drunkeness on 10}} - 0.34 * \text{Number}_{\text{Hangover on 10}}})}$$

$$P(\text{Group} = j) = P(\text{Group} \geq j) - P(\text{Group} \geq j+1) \text{ for } j=2 \text{ or } 3, P(\text{Group}=1)=1-P(\text{Group} \geq 2) \text{ and } P(\text{Group}=4)=P(\text{Group} \geq 4)$$

Le risque d'erreur de classification d'un individu dans chaque groupe a été obtenu en croisant le résultat de la méthode des K-means avec la prédiction résultante des équations ci-dessus réappliquées à l'échantillon d'apprentissage. Ce niveau de risque d'erreur de classification indique une bonne validation interne de notre modèle. La validation interne avec un faible risque d'erreur du PPOM confirme la fiabilité de la distribution (tableau 5).

PPOM grouping

	N	Groupe 1	Groupe 2	Groupe 3	Groupe 4
Regroupement K-means	Groupe 1	705	16	0	0
	Groupe 2	33	370	1	0
	Groupe 3	0	11	90	5
	Groupe 4	0	0	0	46

Tableau 5: Concordance entre les résultats des K-means et du modèle PPOM pour l'échantillon d'apprentissage.

N: nombre de participants

Les risques de mauvaise classification étaient les suivants : 16/721 = 2,2 % dans le groupe 1 ; 34/404 = 8,4 % dans le groupe 2 ; 16/106 = 15,1 % dans le groupe 3 ; 0 dans le groupe 4.

ii. Validation externe

Nous avons testé la reproductibilité de notre méthode de classification en comparant les valeurs moyennes des 5 items identifiés dans l'échantillon d'apprentissage avec leurs valeurs moyennes sur ces items obtenues dans chaque groupe pour les échantillons de validation (ici les échantillons 2 et 3).

La probabilité d'appartenir à chaque groupe a été calculée pour chaque individu des échantillons de validation. Les moyennes de chaque item ont été calculées pour les deux échantillons de validation testés. Malgré les fortes disparités entre les 3 échantillons testés, les moyennes obtenues pour chaque item de chaque groupe sont très proches entre les 3 échantillons, ce qui indique la forte validité de notre modèle (comparer le tableau 6 avec le tableau 4).

Echantillon de validation 1

Groupes	Fréquence de +6 consommations	Vitesse de consommation	Fréquence des ivresses	Nombre d'ivresses (/10 occasions)	Nombre de "gueule de bois" (/10 occasions)
1 (n=1496)	0.86	1.72	1.05	1.36	1.50
2 (n=559)	1.94	2.94	6.27	5.09	4.28
3 (n=125)	2.70	3.60	19.18	6.48	4.97
4 (n=121)	2.94	4.00	43.08	6.88	4.45

Validation sample 2

Groupes	Fréquence de +6 consommations	Vitesse de consommation	Fréquence des ivresses	Nombre d'ivresses (/10 occasions)	Nombre de "gueule de bois" (/10 occasions)
1 (n=53)	1.13	1.51	1.66	1.11	1.37
2 (n=25)	2.00	2.96	8.60	4.84	3.86
3 (n=10)	2.40	3.10	19.20	5.70	4.70
4 (n=23)	3.02	3.48	43.17	6.87	4.44

Tableau 6: Moyennes par cluster pour chacune des variables pour les échantillons de validation 1 et 2.

En appliquant les équations à nos 2 échantillons de validation, les résultats moyens étaient identiques à ceux de l'échantillon d'apprentissage (tableau 4). Les moyennes des items significatifs augmentent progressivement du groupe 1 au groupe 4 (hormis pour le nombre de gueules de bois). Ce résultat illustre la reproductibilité des équations.

iii. L'influence du sexe à la naissance

Nous avons ensuite vérifié si le sexe à la naissance affectait la spécificité de la classification des groupes dans l'échantillon d'apprentissage (voir la figure 3) pour la répartition par sexe) en calculant le risque d'erreur de classification avec ou sans l'inclusion du sexe dans le modèle PPOM (tableau 7 - A et B). Dans l'ensemble, nous avons constaté que l'intégration du paramètre du sexe dans le PPOM n'améliorait pas la spécificité de la classification.

Plus précisément, l'inclusion du paramètre sexe dans l'équation n'a pas eu d'effet sur la classification dans le groupe 1 (2,1% versus 2,2%) et le groupe 4 (0 versus 0). Une légère différence non significative se révèle pour les groupes 2 (8,4 % contre 9,2 %) et 3 (15,1 % contre 16 %) (tableau 6). Par conséquent, notre modèle de classification est valable quel que soit le sexe.

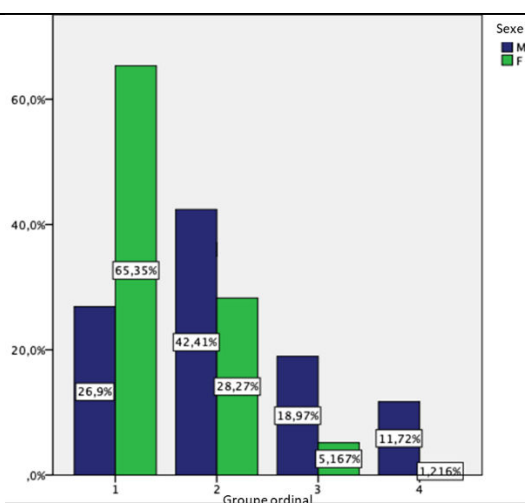


Figure 3 : Répartition des sexes dans les quatre groupes.

Le pourcentage de femmes était plus élevé dans le groupe 1 (65,35 %) puis a diminué de façon significative dans les groupes 2 (28,27 %), 3 (5,17 %) et 4 (1,22 %). Le pourcentage d'hommes était plus élevé dans le groupe 2 (42,41%) et comparativement plus élevé que le pourcentage de femmes dans les groupes 3 (18,97%) et 4 (1,22%).

(A): Risque de classification erronée sans tenir compte du paramètre "sexe de naissance"

		Derivation				
N		Groupe 1	Groupe 2	Groupe 3	Groupe 4	Erreur
K-means	Groupe 1	705	16	0	0	2.2 %
	Groupe 2	33	370	1	0	8.4 %
	Groupe 3	0	11	90	5	15.1 %
	Groupe 4	0	0	0	46	0

N: nombre de participants

(B): Risque de classification erronée en tenant compte du paramètre "sexe de naissance"

		Derivation				
N ^a		Groupe 1	Groupe 2	Groupe 3	Groupe 4	Erreur
K-means	Groupe 1	706	15	0	0	2.1 %
	Groupe 2	34	370	0	0	9.2 %
	Groupe 3	0	10	89	7	16 %
	Groupe 4	0	0	0	46	0

Tableau 7 (A) et (B): Influence du paramètre "sexe de naissance »

N: nombre de participants

Le risque d'erreur ne diffère pas significativement que l'on tienne compte ou non du paramètre "sexe de naissance".

iv. Caractérisation des groupes

1. Comparaison entre les 4 groupes

Nous avons ensuite évalué le niveau de sévérité des troubles des 4 groupes avec les items connus du questionnaire AUDIT (Tableau 8) et les indices économiques comportementaux de l'APT (Tableau 9) et ainsi déterminer la concordance de nos groupes avec d'autres indices de consommation d'alcool. En général, la sévérité de la consommation d'alcool et de ses conséquences augmente du groupe 1 au groupe 4. De plus, il n'y a pas de différence significative selon le sexe, en particulier pour les groupes 3 et 4.

Groupe	1	2	3	4	p	I.R.R.
						4 vs 3
	%	%	%	%		
Sexe de naissance					<0.0001***	
M	10.8	30.6	51.9	73.9		1.4
F	89.2	69.4	48.1	26.1		0.5
Première consommation avant 12 ans	5.1	6.2	8.5	17.4	<0.0001***	
Groupe de binge drinking						
Moyenne ± sem	7.07 ± 4.02	16.14 ± 5.65	31.90 ± 6.85	53.26 ± 15.19	<0.0001***	
					<0.0001***	
Buveurs sociaux	96.4	53.7	0	0		0
Buveurs intermédiaires	3.6	43.5	48.1	0		0
Binge drinkers	0	2.7	51.9	100		1.9
Groupe d'Audit						
Moyenne ± sem	4.53 ± 0.41	9.03 ± 3.80	13.47 ± 4.8	16.57 ± 5.4	<0.0001***	
					<0.0001***	
Consommation à faible risque	69.7	15.4	1.9	2.2		1.1
Consommation à risque	29.5	65.7	50	23.9		0.5
Consommation à risque élevé	0.8	18.9	48.1	73.9		1.5
AUDIT 2					<0.0001**	
<i>Nombre de consommations contenant de l'alcool au cours d'une journée typique</i>						
1 ou 2	48.5	17.7	12.3	10.9		0.9
3 ou 4	35.4	28.4	17	10.9		0.6
5 ou 6	14.8	45.3	48.1	23.9		0.5
7. 8 ou 9	0	0	0	0		0
10 ou plus	1.2	8.7	22.6	54.3		2.4
AUDIT 4					<0.0001***	
<i>Ne pas pouvoir s'arrêter de boire après avoir commencé</i>						
Jamais	87.3	60.7	41.5	41.3		1.0
Moins d'une fois par mois	11.8	26.4	24.5	17.4		0.7
Une fois par mois	0.6	11.4	17	26.1		1.5
Une fois par semaine	0.1	1.5	16	15.2		1.0
Tous les jours ou presque	0.3	0	0.9	0		0

AUDIT 5					<0.0001***
Manquement à faire ce qui est normalement attendu					
Jamais	80.6	51.5	26.4	21.7	0.8
Moins d'une fois par mois	18.9	39.3	44.3	39.1	0.9
Une fois par mois	0.4	8	20.8	23.9	1.1
Une fois par semaine	0	1.2	8.5	15.2	1.8
AUDIT 6					<0.0001***
Besoin d'un premier verre le matin					
Jamais	97.1	85.1	66	47.8	0.7
Moins d'une fois par mois	2.4	10.4	17.9	26.1	1.5
Une fois par mois	0.4	4.5	13.2	15.2	1.1
Une fois par semaine	0.1	0	1.9	10.9	5.7
Tous les jours ou presque	0	0	0.9	0	0
AUDIT 7					<0.0001***
Sentiment de culpabilité ou de remords après avoir bu					
Jamais	72.3	42.8	34.9	43.5	1.2
Moins d'une fois par mois	26.3	46.3	48.1	37	0.8
Une fois par mois	1	9.7	14.2	17.4	1.2
Une fois par semaine	0.4	1	1.9	0	0
Tous les jours ou presque	0	0.2	0.9	2.2	2.4
AUDIT 8					<0.0001***
Incapable de se souvenir de ce qui s'est passé la veille					
Jamais	82.6	51	25.5	13	0.5
Moins d'une fois par mois	16.6	40.5	42.5	45.7	1.1
Une fois par mois	0.3	7.5	27.4	34.8	1.3
Une fois par semaine	0	0.2	3.8	6.5	1.7
Tous les jours ou presque	0.6	0.7	0.9	0	0
AUDIT 9					<0.0001***
<i>Une autre personne blessée</i>					
Non	92.4	82.8	71.7	63	0.9
Oui, mais pas au cours de l'année écoulée	5.5	9	17.9	10.9	0.6
Oui, au cours de l'année	2.1	8.2	10.4	26.1	2.5

AUDIT 10					<0.0001***
<i>Parents/ami/médecin préoccupé par votre consommation d'alcool</i>					
Oui, mais pas au cours de l'année écoulée	97.1	89.8	80.2	60.9	0.8
Oui, au cours de l'année	1.7	5.2	6.6	10.9	1.7
Oui, mais pas au cours de l'année écoulée	1.2	5	13.2	28.3	2.2
AUQ 14					<0.0001***
Nombre de fois où vous avez été ivre au cours des 6 derniers mois ?					
1 ou moins	47.4	0.7	0	0	
1 à 5	52.6	49.5	0	0	
6 à 25	0	49.8	100	0	
30 à 50	0	0	0	100	
Consommation de 4 boissons ou plus par heure	2,7	12	19,8	32,8	1,7

Tableau 8: Distribution dans les groupes 1 à 4 des données de consommation d'alcool et comportements associés à la consommation d'alcool issus des items de l'AUDIT

Note: IRR = Taux d'incidence. La comparaison entre les moyennes a été effectuée à l'aide d'un test ANOVA. La comparaison entre les distributions a été effectuée à l'aide d'un Chi carré. Les 4 groupes sont décrits par la sévérité croissante des items relatifs à la consommation d'alcool et à ses conséquences. L'IRR indique les différences entre le groupe 3 et le groupe 4.

En ce qui concerne les indices de demande d'alcool, nous avons observé un effet omnibus significatif selon le groupe sur le breakpoint-1, l'intensité observée, l'Omax observé et le Q0 (intensité dérivée), avec des augmentations de chacun de ces indices spécifiques de la demande dans les groupes 1 à 4, à l'exception du breakpoint-1 (tableau 9).

Groupe	1	2	3	4	<i>p</i>
Breakpoint-0	11.31 ± 0.18	11.77 ± 0.25	12.40 ± 0.45	10.89 ± 0.68	0.089
Breakpoint-1	11.15 ± 0.18	12.07 ± 0.25	12.92 ± 0.4	11.84 ± 0.79	<0.001**
Observed intensity	6.13 ± 0.17	10.22 ± 0.37	12.31 ± 0.62	16.13 ± 1.42	<0.0001***
Observed Omax	15.97 ± 0.38	20.92 ± 0.75	25.86 ± 2.01	27.00 ± 2.28	<0.0001***
Observed Pmax	6.61 ± 0.16	6.07 ± 0.20	6.48 ± 0.47	6.02 ± 0.63	0.212
Q ₀	6.36 ± 0.16	10.45 ± 0.36	12.37 ± 0.58	16.66 ± 1.40	<0.0001***
Alpha	0.014 ± 0.007	0.005 ± 0.0001	0.004 ± 0.0003	0.005 ± 0.0013	0.693

Tableau 9: Comparaison des indices économiques comportementaux dans les 4 groupes

Note: les valeurs sont présentées sous forme de moyenne ± SEM. La comparaison entre les moyennes a été effectuée à l'aide d'un test ANOVA. Q0 et alpha représentent respectivement les indices dérivés de l'intensité de la demande et du taux de variation de l'élasticité produits à partir des ajustements

de l'équation de demande exponentielle de Stein et al. (38) aux données de demande du niveau des participants. L'intensité observée représente la consommation déclarée à un prix nul ; le point de *Breakpoint-0* est le premier prix auquel la consommation est supprimée ; le point de *Breakpoint -1* est le dernier prix de consommation non nulle ; *Observed Omax* est le produit maximal du prix \times de la consommation ; et *Observed Pmax* est le prix auquel on observe Omax.

Le groupe 4 présente une intensité de la demande (observed et derived) significativement plus élevée que le groupe 3, ce qui suggère une utilisation plus problématique d'alcool dans le groupe 4, comme cela a été observé dans d'autres populations souffrant de troubles d'usage d'alcool. Il n'y a pas de différence d'élasticité (α) entre les groupes. Ce résultat suggère pas la présence d'un comportement addictif dans le groupe des buveurs excessifs.

2. Comparaison des groupes 3 et 4

Tous les critères de consommation d'alcool étaient significativement différents entre les groupes 3 et 4 (Tableau 8). Comme le montre le tableau 8, la comparaison des ratio incidence-risque (IRR) pour les groupes 3 et 4 révèle deux profils de consommation différents, qui se reflètent également au niveau des indices d'économie comportementale (tableaux 9 et 10). Plus précisément, la comparaison des indices de demande d'alcool entre les groupes 3 et 4 a révélé des différences significatives dans les deux mesures d'intensité (Q0 observé et dérivé), avec une intensité de demande significativement plus élevée pour le groupe 4.

Groupe			<i>p</i>
	3	4	
	Moyenne \pm sem	Moyenne \pm sem	
<i>Critères de consommation</i>			
Unités par semaine	9.68 \pm 0.73	14.26 \pm 1.30	<0.0001***
Pintes de bière par semaine	5.62 \pm 0.507	9.65 \pm 1.043	<0.0001***
Spiritueux par semaine	4.09 \pm 0.388	6.11 \pm 0.865	<0.05*
Score d'AUDIT	13.47 \pm 0.461	16.57 \pm 0.800	<0.0001***
AUDIT 6 - premier verre le matin	0.54 \pm 0.084	0.89 \pm 0.153	<0.05*
Score de Binge drinking	32 \pm 0.67	53 \pm 2.24	<0.0001***
<i>Paramètres de la demande</i>			
Breakpoint-0	12.40 \pm 0.45	10.89 \pm 0.68	0.063
Breakpoint-1	12.92 \pm 0.4	11.84 \pm 0.79	0.234
Observed intensity	12.31 \pm 0.62	16.13 \pm 1.42	<0.005**
Observed Omax	25.86 \pm 2.01	27.00 \pm 2.28	0.735
Observed Pmax	6.48 \pm 0.47	6.02 \pm 0.63	0.574
Q0	12.37 \pm 0.58	16.66 \pm 1.40	<0.001**
Alpha	0.004 \pm 0.0003	0.005 \pm 0.0013	0.398

Tableau 10 : comparaison des paramètres de consommation et des indices de demande entre les groupes 3 et 4.

Note: les valeurs sont présentées sous forme de moyenne \pm SEM. La comparaison entre les moyennes a été effectuée à l'aide d'un test *t* de Student.

v. Comparaison entre les sexes pour les quatre groupes

Les moyennes des critères de consommation (Score AUDIT, Score BD) et des critères comportementaux liés à la consommation (Âge du début de la consommation, AUDIT 2, 4, 5, 6, 8, 9, 10, énumérés dans le tableau 11) diffèrent entre les sexes des groupes 1 et 2. Aucune différence significative n'a été constatée pour les mêmes critères entre les consommateurs des deux sexes des groupes 3 et 4.



Sexe de naissance	Groupe 1 N = 723 (56,62%)			Groupe 2 N = 402 (31,48%)			Groupe 3 N = 106 (8,30%)			Groupe 4 N = 46 (3,60%)		
	M	F		M	F		M	F		M	F	
	N = 78 (26,90 %)	N = 645 (65,34 %)		N = 123 (42,41 %)	N = 279 (28,27 %)		N = 55 (18,96 %)	N = 51 (5,16 %)		N = 34 (11,7 %)	N = 12 (1,22 %)	
	moyenne ± sem		p	moyenne ± sem		p	moyenne ± sem		p	moyenne ± sem		p
Age de début de consommation	14,97 ± 0,252	15,45 ± 0,074	<0,05*	14,61 ± 0,168	14,90 ± 0,082	0,142	14,20 ± 0,179	14,12 ± 0,176	0,790	13,65 ± 0,286	14,58 ± 0,358	0,084
AUDIT	7,03 ± 0,385	4,23 ± 0,096	<0,0001***	11,17 ± 0,385	8,09 ± 0,189	<0,0001***	13,93 ± 0,66	12,98 ± 0,65	0,303	16,50 ± 0,926	16,75 ± 1,657	0,939
Score de Binge Drinking	10,26 ± 0,487	6,68 ± 0,150	<0,0001***	17,83 ± 0,50	15,39 ± 0,33	<0,0001***	32,78 ± 0,91	30,95 ± 0,96	0,194	51,60 ± 2,06	57,98 ± 6,31	0,228
AUDIT 4 <i>Ne pas pouvoir s'arrêter de boire après avoir commencé</i>	0,38 ± 0,084	0,11 ± 0,014	<0,0001***	1,10 ± 1,14	1,15 ± 1,13	<0,01*	1,22 ± 0,168	0,98 ± 0,144	0,358	1,09 ± 0,186	1,33 ± 0,3767	0,585
AUDIT 5 <i>Manquement à faire ce qui est normalement attendu</i>	0,27 ± 0,054	0,19 ± 0,016	0,095	0,73 ± 0,072	0,53 ± 0,038	<0,01*	1,05 ± 0,123	1,18 ± 0,124	0,469	1,29 ± 0,172	1,42 ± 0,288	0,740
AUDIT 6	0,13 ± 0,053	0,02 ± 0,007	<0,0001***	0,33 ± 0,057	0,13 ± 0,024	<0,0001***	0,45 ± 0,096	0,63 ± 0,140	0,230	0,91 ± 0,191	0,83 ± 0,241	0,766



<i>Besoin d'un premier verre le matin</i>												
AUDIT 8	0,23 ±	0,19 ±	0,506	0,78 ±	0,51 ±	<0,001***	1,15 ±	1,10 ±	0,687	1,32 ±	1,42 ±	0,762
<i>Incapable de se souvenir de ce qui s'est passé la veille</i>	0,048	0,019		0,068	0,040		0,123	0,116		0,138	0,229	
AUDIT 9	0,41±	0,17 ±	<0,01*	0,83 ±	0,37 ±	<0,0001***	0,87 ±	0,67 ±	0,400	1,29 ±	1,17 ±	0,862
<i>Une autre personne blessée</i>	0,117	0,026		0,128	0,062		0,193	0,174		0,303	0,520	
AUDIT 10	0,38 ±	0,05 ±	<0,0001***	0,62 ±	0,16 ±	<0,0001***	0,80 ±	0,51 ±	0,268	1,24 ±	1,67 ±	0,522
<i>Parent/amî/médecin préoccupé par votre consommation d'alcool</i>	0,127	0,014		0,120	0,041		0,198	0,184		0,293	0,595	
<i>Médiane</i>												
AUDIT 2	1 [£]	0 [£]		2 [£]	2 [£]		3 [£]	3 [£]		3 [£]	3 [£]	
<i>Nombre de boissons alcoolisées par jour typique</i>												

Tableau 11 : Consommations et mesures comportementales liées à la consommation par groupe et par sexe

Note: £ 0= 1 ou 2 boissons/jour typique 3= 7, 8 or 9 boissons/jour typique

1= 3 ou 4 boissons/jour typique 4= 10 ou plus boissons/jour typique

2= 5 ou 6 boissons/jour typique

La comparaison des moyennes a été effectuée par ANOVA.

4. DISCUSSION

Ce travail propose un outil objectif et simple permettant l'identification et la caractérisation du BD pour les deux sexes de naissance selon un gradient de sévérité avec distinction de deux niveaux de BD (BD et BD de haute intensité) en intégrant l'ensemble des critères comportementaux et de consommation pour aboutir à une définition globale. Le test individuel est accessible en ligne via le lien suivant : <https://extra.u-picardie.fr/bdct/> (figure 4).



BDCT

Binge Drinking Classification Tool
(André et al., 2023)



Ce questionnaire vous permet d'évaluer la sévérité de votre consommation d'alcool de type **Binge Drinking**. Le Binge Drinking est une consommation massive, ponctuelle et répétée d'alcool dans le but d'atteindre l'ivresse. Pour chacune de ces 5 questions, choisissez la réponse qui répond le mieux à votre cas.

1 verre d'alcool = 10g d'alcool =

ballon de vin 12°
(10cl)

verre de pastis 45°
(2,5cl)

verre de whisky 40°
(2,5cl)

coupe de vin mousseux 12°
(10cl)

verre d'apéritif 18°
(7cl)

demi de bière 5°
(25cl)

source www.santepubliquefrance.fr

- À quelle fréquence buvez-vous six verres ou plus en une même occasion ?
 Jamais Une fois par semaine Moins d'une fois par mois Tous les jours ou presque Une fois par mois
- Lorsque vous buvez, à quelle vitesse le faites-vous ?
- Combien de fois avez-vous été saoul(e) ces 6 derniers mois ?
 Être saoul(e) implique une perte de coordination, des nausées et/ou une incapacité à parler clairement.
- En 10 occasions de boire, combien de fois avez-vous été saoul(e) après avoir bu ?
- En 10 occasions de boire, combien de fois avez-vous eu la «gueule de bois» après avoir bu ?

Votre résultat au BDCT

Le résultat est exprimé en pourcentage de risque d'appartenir aux groupes suivants :

Consommation à faible risque	Consommation à risque	Binge drinking	Binge drinking de haute intensité
99.70%	0.24%	0.04%	0.02%

vous êtes ici

Le repère

[Alcool info service](#)

Maximum 2 verres dans une même journée et pas tous les jours

Si vous consommez de l'alcool, pour limiter les risques pour votre santé au cours de votre vie, il est recommandé de :

- Ne pas consommer plus de 10 verres standards par semaine
- Pas plus de 2 verres standards par jour
- Et avoir des jours dans la semaine sans consommation

Et pour chaque occasion de consommation, il est recommandé de :

- Réduire la quantité totale d'alcool que vous buvez à chaque occasion
- Boire lentement, en mangeant et en alternant avec de l'eau
- Éviter les lieux et les activités à risque
- Et s'assurer que vous avez des personnes que vous connaissez près de vous et que vous pouvez rentrer chez vous en toute sécurité

Référence : A new statistical model for binge drinking pattern classification in college-student populations. André J., Diouf M., Martinetti M.P., Ortelli O.A., Pierrefiche O., Fürst F., Gierski F., Naassila M. *Frontiers in Psychology* 14:1134118. doi: 10.3389/fpsyg.2023

Figure 4 : Capture d'écran de l'outil en ligne.

La page est accessible en anglais et en français. Le verre standard est rappelé, puis il s'agit de répondre aux cinq questions. Le curseur indique ensuite la position du sujet dans le continuum de consommation qui va de consommation à faible risque jusqu'au BD à haute intensité. Enfin les repères et les conseils du site alcool info service sont rappelés.

L'analyse de clustering a révélé 4 groupes de consommation homogènes à partir desquels le modèle de régression (PPOM), a permis :

- de définir 5 items saillants qui, ensemble, intègrent les facteurs clés du BD (43) comprenant des aspects quantitatifs de la consommation (quantité-fréquence avec « fréquence de 6 verres »), de comportement (« vitesse de consommation »), et physiologique (« fréquence des ivresses », « fréquence des gueules de bois ») ;
- de classer les 4 groupes en fonction de la sévérité de consommation,
- d'évaluer le risque pour chaque participant d'appartenir à chacun des groupes.

A ce jour, cette méthode est la seule à combiner l'ensemble de ces critères spécifiques dans une mesure unique et cohérente, intégrant à la fois des critères de consommation mais aussi des critères sur les conséquences de cette consommation. Une même consommation pour des individus différents pouvant avoir des conséquences elles aussi très différentes en termes d'intensité.

La validation statistique par un modèle de régression comme le PPOM présente trois intérêts majeurs : (1) elle garantit un modèle objectif, fiable et reproductible, quelles que soient les caractéristiques de la population ; (2) elle sélectionne les facteurs saillants et statistiquement significatifs ; (3) elle évite l'écueil de l'utilisation des seuils. L'évolution des valeurs des items du groupe 1 au groupe 4 décrit une évolution progressive et situe avec précision la consommation du sujet sur un continuum de sévérité. Le niveau des 4 groupes est comparé à des critères connus de consommation tels que le score de Binge ou le questionnaire AUDIT et des indices d'économie comportementale.

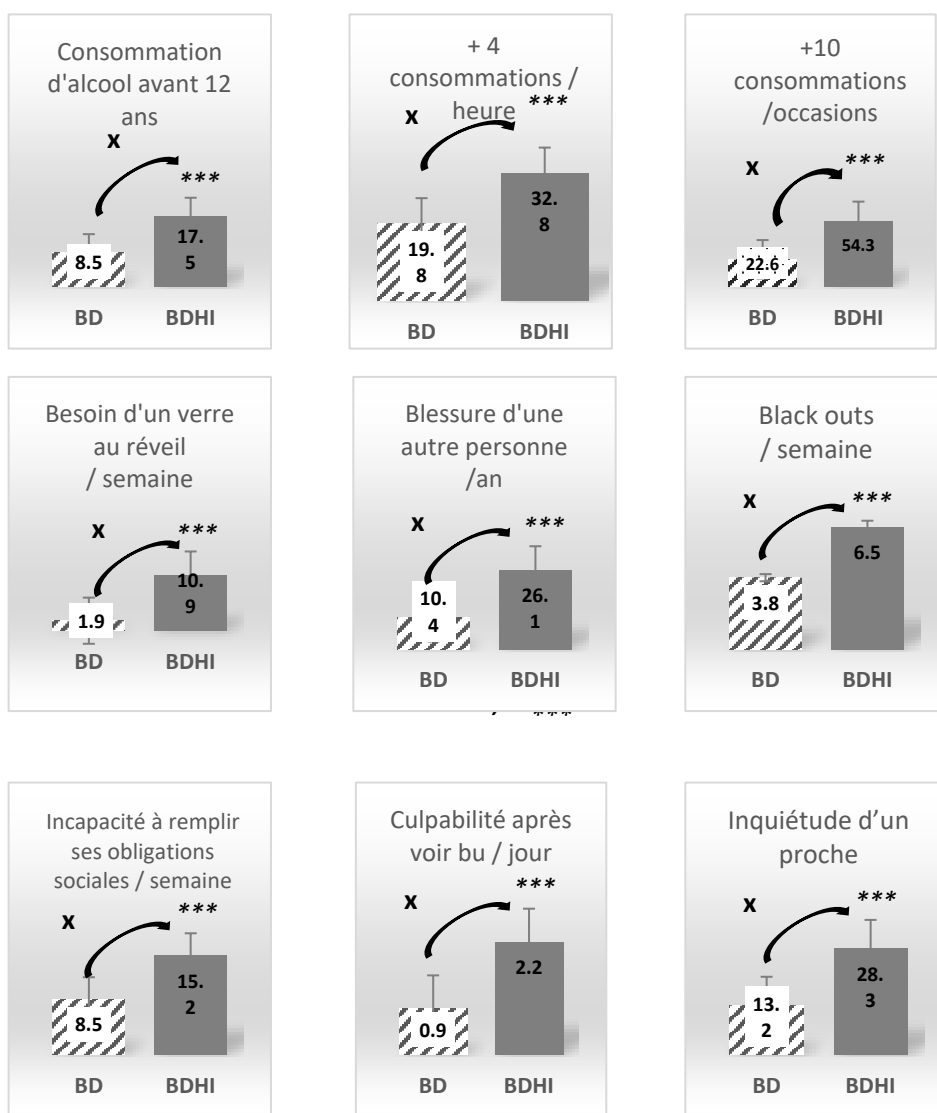
Les indices d'économie comportementales sont corrélés à la consommation d'alcool à risque, la sévérité et les conséquences des consommations (44). En particulier, « l'intensité de la demande » (c'est-à-dire la quantité d'alcool consommée à un prix nul ou très bas, évaluée par la question « Combien d'alcool consommeriez-vous si l'alcool était gratuit ? ») et « l'Omax » (dépense maximale d'alcool en une seule occasion) sont des facteurs prédictifs de problèmes cliniques liés à l'alcool, (45) et de BD à 6 mois (46). Leur évolution graduelle selon les 4 niveaux de consommation est une confirmation supplémentaire de la sévérité croissante des groupes.

La reproductibilité du modèle est confirmée par une méthode de validation externe sur deux échantillons de population présentant des caractéristiques démographiques (taille de l'échantillon, ratio hommes-femmes) et de consommation différentes (47,48) (tableau 2) : les moyennes des critères pour chaque groupe dans les populations de validation et la population d'apprentissage sont similaires, indépendamment des caractéristiques de la population à évaluer.

L'homogénéité au sein de chaque groupe et l'échelle de gravité entre les groupes a permis d'identifier les catégories suivantes : consommation à faible risque (groupe 1), consommation à risque (groupe 2), BD (groupe 3) et BD de haute intensité (groupe 4). En différenciant le BD et le BD de haute intensité par les groupes 3 et 4, notre approche offre de nouvelles opportunités pour identifier et décrire les individus présentant ces profils de consommation extrêmes (29,49–51).

Dans ces premiers résultats, les consommateurs des groupes 3 et 4 sont significativement discriminés. Par exemple, les consommateurs du groupe 4 sont plus susceptibles de commencer à boire avant l'âge de 12 ans, de consommer plus de 10 boissons (100 g) par occasion, de ne pas répondre aux obligations sociales et d'avoir besoin d'un premier verre le matin au réveil. Ils sont plus souvent victimes de black-outs et consomment un plus grand nombre de boissons alcoolisées par heure. En outre, seuls les participants du groupe 4 ont déclaré plus de 30 ivresses au cours des 6 derniers mois, soit au moins un épisode d'ivresse par semaine (tableau 8). L'« intensité de la demande », spécifique de la sévérité des consommations, est également plus élevée dans le groupe 4 (figure 5). Ces différences comportementales soulignent les

contrastes entre les groupes de BD et de BD de haute intensité et la nécessité de les traiter comme deux modes de consommations spécifiques aussi bien en termes de prévention que dans leur prise en charge. Le BD de haute intensité étant identifié comme un marqueur prospectif du risque de troubles de l'usage d'alcool chez l'adulte (52), le BDCT pourrait être un outil décisif pour identifier ce risque à un stade précoce et améliorer la prévention (43,53). Le sexe de naissance est un autre facteur de variabilité des mesures de BD (54). Pour de mêmes outils de mesure, certaines études distinguent le sexe et d'autres non (55). Pour éviter cet écueil avec le BDCT, et assurer la fiabilité des résultats quel que soit le sexe, nous avons comparé les erreurs de classifications dans les groupes 1 à 4 en tenant compte ou non du facteur sexe dans les équations générées par le PPOM. L'erreur de classification n'est pas modifiée (tableaux 6 A et B) ce qui confirme la stabilité de la classification quel que soit le sexe. Les rôles et attentes sociales liés au sexe ont également une incidence sur les habitudes de consommations (quantitativement et qualitativement).



*** $p < 0,0001$

Figure 5 : Comparaison des comportements associés aux consommations de type BD et de type BDHI.



Les différences entre hommes et femmes ne sont observées ici que dans les groupes de faibles consommations (groupe 1 et 2) (tableau 11) et n'apparaissent plus dans les groupes de consommations élevées (groupe 3 et 4) (54,56). L'influence des facteurs sociaux semble donc s'affaiblir lorsque le BD et le BD de haute intensité sont installés. La fiabilité de notre modèle pour chaque sexe nous permettra d'étudier à l'avenir, avec un haut degré de confiance, les différences de comportement de consommation et les vulnérabilités spécifiques au sexe.

Le BDCT souligne trois autres particularités. (1) La fréquence de la gueule de bois détermine le passage d'une consommation à faible risque vers des consommations à risque élevé. Ainsi, dès le groupe 2, les sujets déclarent significativement plus de gueules de bois que le groupe 1 et ce résultat s'accroît pour les groupes de consommation plus sévères. (2) La fréquence des ivresses est fortement pondérée. Elle marque clairement le passage de l'usage à risque (groupe 2) vers le BD (groupe 3) et, encore plus fortement du BD vers le BD de haute intensité (groupe 4) (tableaux 4 et 6). L'ivresse est donc un marqueur prépondérant de la sévérité du BD et doit occuper une place centrale dans sa définition (19,57). (3) Enfin, le BDCT interroge les consommations sur une durée de 6 mois. Le niveau de sévérité des consommations dépend de la fréquence des épisodes de consommation, les épisodes de BD étant plus rares chez les buveurs modérés (52). Le BD doit être défini comme un comportement chronique et non lors d'une occasion unique (comme une consommation de 4+/5+ verres). De la chronicité du BD dépend a) la gravité des dommages et la tolérance et b) la gestion de ces effets à des niveaux équivalents de concentration d'alcool dans le sang (52). Malgré ses points forts, notre modèle présente certaines limites. Par exemple, l'échantillon d'apprentissage et les deux échantillons de validation sont français. Nous souhaitons à l'avenir tester la reproductibilité sur des populations culturellement différentes. En outre, un échantillon plus large permettrait de recruter davantage de BDHI et ainsi de mieux les caractériser. Les auto-questionnaires constituent également une limite (53): les jeunes adultes ont tendance à minimiser ou exagérer leurs niveaux de consommation d'alcool. A l'avenir le BDCT pourrait répondre au besoin croissant d'étudier la consommation d'alcool chez les adultes d'âge moyen, en particulier chez les femmes (30-44 ans), chez qui l'incidence de la consommation d'alcool a presque doublé au cours de la dernière décennie (9,58,59)

5. CONCLUSION

Nous proposons un outil de caractérisation du BD basé sur un modèle mathématique et statistique solide. Cet outil combine des critères saillants et pertinents (fréquence et sévérité des ivresses, fréquence des fortes consommations, vitesse de consommation, fréquence des gueules de bois). Il a mis en évidence l'importance capitale de la fréquence des événements. La répétition des événements semble donc cruciale dans la caractérisation des binge drinkers. L'outil est indépendant des seuils de consommation et du type de population évaluée et mesure des consommations chroniques avec fiabilité pour les 2 sexes. En 5 questions, le BDCT identifie quatre catégories homogènes de consommation, différenciant le BD du BD de haute intensité et situe le consommateur sur une échelle de gravité de BD en tenant compte de paramètres de consommation, de comportement et de critères physiologiques.

Contribution des auteurs : Conceptualisation, JA, MN.; écriture de l'article, JA, MD, MM, MN; relecture et correction de l'article, MN, OP. Tous les auteurs ont contribué de manière significative à l'article. Tous les auteurs ont lu et accepté de publier cet article.

Sources de financements : L'étude a été soutenue par l'Institut national du cancer (INCa) et l'Institut de recherche en santé publique (IReSP), subvention n° INCa/IReSP 16134.

Remerciements : Nous tenons à remercier Dr C Duffau pour avoir fourni des informations sur les échantillons. La présente étude a été soutenue par l'INSERM et l'Université de Picardie Jules Verne.

Liens et/ou conflits d'intérêts : La loi française définit que toute situation d'interférence entre un intérêt public et des intérêts publics ou privés, de nature à influencer ou paraître influencer l'exercice indépendant,



impartial et objectif d'une fonction, constitue un conflit d'intérêt. La notion de lien d'intérêt recouvre quant à elle les liens professionnels et financiers qui unissent une personne physique à une personne morale ou à une autre personne physique dont une activité entre dans le champ du thème abordé dans la présente publication. Elle concerne également les liens institutionnels, familiaux, intellectuels ou moraux. Les auteurs déclarent que la recherche a été menée en l'absence de toute relation commerciale ou financière qui pourrait être interprétée comme un conflit d'intérêts potentiel.

6. REFERENCES

1. Rolland B, Naassila M. Binge Drinking: Current Diagnostic and Therapeutic Issues. *CNS Drugs*. 2017 Mar;31(3):181–6.
2. World Health Organization. Global status report on alcohol and health 2018. . 2019.
3. Peacock E, Andrinopoulos K, Hembling J. Binge Drinking among Men Who Have Sex with Men and Transgender Women in San Salvador: Correlates and Sexual Health Implications. *Journal of Urban Health*. 2015 Aug 16;92(4):701–16.
4. Wen XJ, Kanny D, Thompson WW, Okoro CA, Town M, Balluz LS. Binge drinking intensity and health-related quality of life among US adult binge drinkers. *Prev Chronic Dis*. 2012;9:E86.
5. Tavolacci MP, Berthon Q, Cerasuolo D, Dechelotte P, Ladner J, Baguet A. Does binge drinking between the age of 18 and 25 years predict alcohol dependence in adulthood? A retrospective case-control study in France. *BMJ Open*. 2019;9(5):e026375.
6. Petit G, Muraire P, Kornreich C, Verbanck P, Campanella S. Binge Drinking in Adolescents: A Review of Neurophysiological and Neuroimaging Research. *Alcohol and Alcoholism* [Internet]. 2014 Mar 1;49(2):198–206. Available from: <http://academic.oup.com/alcalc/article/49/2/198/205756/Binge-Drinking-in-Adolescents-A-Review-of>
7. Squeglia LM, Sorg SF, Schweinsburg AD, Wetherill RR, Pulido C, Tapert SF. Binge drinking differentially affects adolescent male and female brain morphometry. *Psychopharmacology (Berl)*. 2012 Apr;220(3):529–39.
8. Squeglia LM, Schweinsburg AD, Pulido C, Tapert SF. Adolescent binge drinking linked to abnormal spatial working memory brain activation: differential gender effects. *Alcohol Clin Exp Res*. 2011 Oct;35(10):1831–41.
9. Patrick ME, Terry-McElrath YM, Lanza ST, Jager J, Schulenberg JE, O'Malley PM. Shifting Age of Peak Binge Drinking Prevalence: Historical Changes in Normative Trajectories Among Young Adults Aged 18 to 30. *Alcohol Clin Exp Res*. 2019;43(2):287–98.
10. Jaeger A, Oshman L. Is binge drinking in adults associated with increased mortality compared with moderate consumption of alcohol? *Evidence-Based Practice*. 2021 Aug;24(8):41–2.
11. Varela-Mato V, Cancela JM, Ayan C, Martín V, Molina A. Lifestyle and health among Spanish university students: differences by gender and academic discipline. *Int J Environ Res Public Health*. 2012 Aug;9(8):2728–41.
12. Mahmood JI, Grotmol KS, Tesli M, Vaglum P, Tyssen R. Risk Factors Measured During Medical School for Later Hazardous Drinking: A 10-year, Longitudinal, Nationwide Study (NORDOC). *Alcohol Alcohol*. 2016 Jan;51(1):71–6.
13. Wechsler H, Nelson TF. Binge drinking and the American college student: what's five drinks? *Psychol Addict Behav*. 2001 Dec;15(4):287–91.
14. Rolland B, Chazeron I de, Carpentier F, Moustafa F, Viallon A, Jacob X, et al. Comparison between the WHO and NIAAA criteria for binge drinking on drinking features and alcohol-related aftermaths: Results from a cross-sectional study among eight emergency wards in France. *Drug Alcohol Depend*. 2017 Jun;175:92–8.

15. Townshend JM, Duka T. Binge drinking, cognitive performance and mood in a population of young social drinkers. *Alcohol Clin Exp Res*. 2005 Mar;29(3):317–25.
16. Mehrabian A, Russell JA. A questionnaire measure of habitual alcohol use. *Psychol Rep*. 1978 Dec;43(3 Pt 1):803–6.
17. López-Caneda E, Cadaveira F, Crego A, Doallo S, Corral M, Gómez-Suárez A, et al. Effects of a persistent binge drinking pattern of alcohol consumption in young people: a follow-up study using event-related potentials. *Alcohol Alcohol*. 48(4):464–71.
18. Poulton A, Mackenzie C, Harrington K, Borg S, Hester R. Cognitive Control Over Immediate Reward in Binge Alcohol Drinkers. *Alcohol Clin Exp Res*. 2016 Feb;40(2):429–37.
19. Midanik LT. Drunkenness, feeling the effects and 5+ measures. *Addiction (Abingdon, England)*. 1999 Jun;94(6):887–97.
20. Paljärvi T, Mäkelä P, Poikolainen K, Suominen S, Car J, Koskenvuo M. Subjective measures of binge drinking and alcohol-specific adverse health outcomes: a prospective cohort study. *Addiction (Abingdon, England)*. 2012 Feb;107(2):323–30.
21. Sznitman SR, Bord S, Elias W, Gesser-Edelsburg A, Shifan Y, Baron-Epel O. Cross-Cultural Validity in Self-Reported Alcohol Use. *Eur Addict Res*. 2017;23(2):71–6.
22. Motos-Sellés P, Cortés-Tomás MT, Giménez-Costa JA. Evaluation of AUDIT Consumption Items New Adaptation to Improve the Screening of College Students Binge Drinking. *Adicciones*. 2020 Nov 17;32(4):255–64.
23. Olthuis J V, Zamboanga BL, Ham LS, Van Tyne K. The utility of a gender-specific definition of binge drinking on the AUDIT. *J Am Coll Health*. 2011;59(4):239–45.
24. Mota N, Alvarez-Gil R, Corral M, Rodríguez Holguín S, Parada M, Crego A, et al. Risky alcohol use and heavy episodic drinking among Spanish University students: a two-year follow-up. *Gac Sanit*. 24(5):372–7.
25. Tuunanen M, Aalto M, Seppä K. Binge drinking and its detection among middle-aged men using AUDIT, AUDIT-C and AUDIT-3. *Drug Alcohol Rev*. 2007 May;26(3):295–9.
26. Cortés-Tomás MT, Giménez-Costa JA, Motos-Sellés P, Sancerni-Beitia MD. Different versions of the Alcohol Use Disorders Identification Test (AUDIT) as screening instruments for underage binge drinking. *Drug Alcohol Depend*. 2016 Jan 1;158:52–9.
27. Hingson RW, White A. Trends in Extreme Binge Drinking Among US High School Seniors. *JAMA Pediatr*. 2013 Nov 1;167(11):996.
28. Hingson RW, Zha W, White AM. Drinking Beyond the Binge Threshold: Predictors, Consequences, and Changes in the U.S. *Am J Prev Med*. 2017 Jun;52(6):717–27.
29. Patrick ME, Azar B. High-Intensity Drinking. *Alcohol Res*. 2018;39(1):49–55.
30. Patrick ME. A Call for Research on High-Intensity Alcohol Use. *Alcohol Clin Exp Res*. 2016 Feb 4;40(2):256–9.
31. Saunders JB, Aasland OG, Babor TF, de la Fuente JR, Grant M. Development of the Alcohol Use Disorders Identification Test (AUDIT): WHO Collaborative Project on Early Detection of Persons with Harmful Alcohol Consumption--II. *Addiction (Abingdon, England)*. 1993 Jun;88(6):791–804.
32. Gache P, Michaud P, Landry U, Accietto C, Arfaoui S, Wenger O, et al. The Alcohol Use Disorders Identification Test (AUDIT) as a screening tool for excessive drinking in primary care: reliability and validity of a French version. *Alcohol Clin Exp Res*. 2005 Nov;29(11):2001–7.
33. Townshend JM. Patterns of Alcohol drinking in a population of young social drinkers: a comparison of questionnaire and diary measures. *Alcohol and Alcoholism [Internet]*. 2002 Mar 1;37(2):187–92. Available from: <https://academic.oup.com/alcalc/article-lookup/doi/10.1093/alcalc/37.2.187>

34. Gierski F, Spada MM, Fois E, Picard A, Naassila M, Van der Linden M. Positive and negative metacognitions about alcohol use among university students: Psychometric properties of the PAMS and NAMS French versions. *Drug Alcohol Depend.* 2015 Aug;153:78–85.
35. Murphy JG, MacKillop J. Relative reinforcing efficacy of alcohol among college student drinkers. *Exp Clin Psychopharmacol.* 2006 May;14(2):219–27.
36. Zvorsky I, Nighbor TD, Kurti AN, DeSarno M, Naudé G, Reed DD, et al. Sensitivity of hypothetical purchase task indices when studying substance use: A systematic literature review. *Prev Med (Baltim).* 2019;128:105789.
37. Martínez-Loredo V, González-Roz A, Secades-Villa R, Fernández-Hermida JR, MacKillop J. Concurrent validity of the Alcohol Purchase Task for measuring the reinforcing efficacy of alcohol: an updated systematic review and meta-analysis. *Addiction (Abingdon, England).* 2021;116(10):2635–50.
38. Stein JS, Koffarnus MN, Snider SE, Quisenberry AJ, Bickel WK. Identification and management of nonsystematic purchase task data: Toward best practice. *Exp Clin Psychopharmacol.* 2015 Oct;23(5):377–86.
39. Foster R RD. Observed Demand Calculator [spreadsheet application]. . *Open Science Framework;* 2020.
40. Hursh SR, Roma PG. Behavioral economics and empirical public policy. *J Exp Anal Behav.* 2013 Jan;99(1):98–124.
41. Moons KGM, Kengne AP, Woodward M, Royston P, Vergouwe Y, Altman DG, et al. Risk prediction models: I. Development, internal validation, and assessing the incremental value of a new (bio)marker. Vol. 98, *Heart.* 2012. p. 683–90.
42. Moons KGM, Kengne AP, Grobbee DE, Royston P, Vergouwe Y, Altman DG, et al. Risk prediction models: II. External validation, model updating, and impact assessment. Vol. 98, *Heart.* 2012. p. 691–8.
43. Maurage P, Lannoy S, Mange J, Grynberg D, Beaunieux H, Banovic I, et al. What We Talk About When We Talk About Binge Drinking: Towards an Integrated Conceptualization and Evaluation. *Alcohol Alcohol.* 2020 Aug 14;55(5):468–79.
44. Gaume J, Murphy JG, Studer J, Daeppen J, Gmel G, Bertholet N. Behavioral economics indices predict alcohol use and consequences in young men at 4-year follow-up. *Addiction.* 2022 Nov 13;117(11):2816–25.
45. MacKillop J, Murphy JG. A behavioral economic measure of demand for alcohol predicts brief intervention outcomes. *Drug Alcohol Depend.* 2007 Jul 10;89(2–3):227–33.
46. Dennhardt AA, Yurasek AM, Murphy JG. Change in delay discounting and substance reward value following a brief alcohol and drug use intervention. *J Exp Anal Behav.* 2015 Jan 22;103(1):125–40.
47. Debray TPA, Moons KGM, van Valkenhoef G, Efthimiou O, Hummel N, Groenwold RHH, et al. Get real in individual participant data (IPD) meta-analysis: a review of the methodology. *Res Synth Methods.* 2015 Dec;6(4):293–309.
48. Ramspek CL, El Moumni M, Wali E, Heemskerk MBA, Pol RA, Crop MJ, et al. Development and external validation study combining existing models and recent data into an up-to-date prediction model for evaluating kidneys from older deceased donors for transplantation. *Kidney Int.* 2021;99(6):1459–69.
49. Gmel G, Givel JC, Yersin B, Daeppen JB. Injury and repeated injury - what is the link with acute consumption, binge drinking and chronic heavy alcohol use? *Swiss Med Wkly.* 2007 Nov 17;137(45–46):642–8.
50. Read JP, Beattie M, Chamberlain R, Merrill JE. Beyond the “Binge” threshold: heavy drinking patterns and their association with alcohol involvement indices in college students. *Addictive behaviors.* 2008 Feb;33(2):225–34.
51. Fairlie AM, Cadigan JM, Patrick ME, Larimer ME, Lee CM. Unplanned Heavy Episodic and High-Intensity Drinking: Daily-Level Associations With Mood, Context, and Negative Consequences. *J Stud Alcohol Drugs.* 2019;80(3):331–9.



-
52. Gmel G, Kuntsche E, Rehm J. Risky single-occasion drinking: bingeing is not bingeing. *Addiction* (Abingdon, England). 2011 Jun;106(6):1037–45.
 53. Creswell KG, Chung T, Skrzynski CJ, Bachrach RL, Jackson KM, Clark DB, et al. Drinking beyond the binge threshold in a clinical sample of adolescents. *Addiction* (Abingdon, England). 2020;115(8):1472–81.
 54. Wilsnack RW, Wilsnack SC, Gmel G, Kantor LW. Gender Differences in Binge Drinking. *Alcohol Res.* 2018;39(1):57–76.
 55. Chung T, Creswell KG, Bachrach R, Clark DB, Martin CS. Adolescent Binge Drinking. *Alcohol research : current reviews.* 2018.
 56. Graham K, Wilsnack R, Dawson D, Vogeltanz N. Should alcohol consumption measures be adjusted for gender differences? *Addiction* (Abingdon, England). 1998 Aug;93(8):1137–47.
 57. Lannoy S, Baggio S, Heeren A, Dormal V, Maurage P, Billieux J. What is binge drinking? Insights from a network perspective. *Addictive behaviors.* 2021;117:106848.
 58. Han BH, Moore AA, Ferris R, Palamar JJ. Binge Drinking Among Older Adults in the United States, 2015 to 2017. *J Am Geriatr Soc.* 2019;67(10):2139–44.
 59. Han BH, Moore AA, Sherman S, Keyes KM, Palamar JJ. Demographic trends of binge alcohol use and alcohol use disorders among older adults in the United States, 2005-2014. *Drug Alcohol Depend.* 2017 Jan 1;170:198–207.