

Rapport de convention DSR
Référence Ifsttar : RP1-J19106

Projet « Effets biphasiques de l'alcool et jeunes conducteurs » :
BIALCOL

Évaluation, chez les jeunes conducteurs de 22 à 30 ans des effets stimulant versus sédatif du niveau d'alcool correspondant au taux fixé par la législation pour un premier niveau de sanction (0,5 g/l)

Contributeurs :

Hugo Nguma³

Catherine Berthelon³

Morgane Evin¹

Édith Galy²

Aurélie Banet³

Jean-François Peytavin³

Relecteur : Catherine Berthelon¹, Directrice de Recherche Émérite au LMA

¹ Univ Gustave Eiffel, IFSTTAR, LBA, F-13016 Marseille, France

² LAPCOS, Université Côte d'Azur, Nice, France

³ TS2-LMA, Univ Gustave Eiffel, IFSTTAR, F-13300 Salon-de-Provence, France

Table des matières

INTRODUCTION	5
PARTIE 1. Les fichiers BAAC, les pv et leur analyse	6
Introduction. Ce que l'on sait sur les alcoolémies illégales	6
1. Schématisation du dispositif de recherche de l'alcoolisation.....	7
2. Les sources d'informations nationales de l'alcoolisation des impliqués dans un accident de la circulation	8
3. Analyse des fichiers BAAC	9
4. Les procès-verbaux d'accidents	14
4.1 Les faibles alcoolisations dans les procès-verbaux d'accident	15
4.2 Description des manœuvres et circonstances des accidents survenus avec une faible alcoolisation	19
En résumé.....	25
En conclusion, un manque de données sur les faibles alcoolisations dans les PV	26
PARTIE 2. Les EDA	27
1. Présentation des Études Détaillées d'Accidents (EDA)	27
2. La démarche scientifique EDA	27
3. Les cas d'accident impliquant un conducteur alcoolisé extrait de la base de données RESEDA	28
4. Caractéristiques principales des accidents EDA répertoriés avec un taux inférieur ou égal à 0,5 g/l dans le sang.....	29
PARTIE 3. Approche expérimentale	37
3.1. Contexte théorique.....	37
3.1.1 Effets biphasiques et conduite	37
3.1.2 Monotonie et conduite	38
3.2. Problématique.....	39
3.3. Les participants.....	39
3.4. Outils et variables d'intérêt	40
3.4.1 Les données subjectives	40
3.4.2 Les données objectives de conduite.....	40
3.4.3 Les données physiologiques	41
3.5. Protocole expérimental	43
3.6. Prétraitement des données objectives.....	45
3.7. Analyse statistique des résultats	47
3.7.1. Données comportementales	47
3.7.1.1 La vitesse moyenne.....	47
3.7.1.2 La variabilité de la vitesse.....	48
3.7.1.3 La déviation standard de position latérale	51
Résumé des données comportementales	53
3.7.2. Données physiologiques.....	53
3.7.2.1 Diamètre pupillaire.....	53
3.7.2.2 Hippius	54

3.7.2.3 Niveau de vigilance objective (EEG).....	56
3.7.2.4 Niveau de tension objective.....	58
3.7.2.5 Variabilité du rythme cardiaque	59
Résumé des données physiologiques	60
3.7.3. Données subjectives.....	60
3.7.3.1 NASA-TLX	60
3.7.3.2 Échelle de Thayer.....	61
Résumé des données subjectives	62
PARTIE 4. Discussion	63
Analyses complémentaires. Différences hommes femmes.....	66
PARTIE 5. conclusion.....	67
PARTIE 6. Communications.....	69
PARTIE 7. Bibliographie.....	71

INTRODUCTION

De nombreux facteurs ont été identifiés comme ayant un effet sur l'accidentologie bien qu'il reste des zones d'ombre concernant leurs effets combinés avec des doses modérées d'alcool (fatigue, durée de conduite, complexité de l'environnement, expérience de conduite, âge, etc.). Sous l'influence de l'alcool, les accidents n'impliquent souvent qu'un seul véhicule, celui du conducteur et 60 % des conducteurs impliqués dans un accident de type « perte de contrôle » ont de l'alcool et/ou de la drogue dans leur échantillon sanguin comparativement à seulement 30 % pour les conducteurs décédés suite à une collision avec un autre véhicule. Ces valeurs atteignent 66 % si l'on se concentre sur les conducteurs âgés de moins de 30 ans⁴. Cette relation s'explique à la fois par une dégradation des compétences du conducteur sous l'influence de l'alcool et par l'adoption de comportement à risque. En accidentologie, plusieurs verrous persistent toutefois en matière d'impact de la prise d'alcool : la plage temporelle exacte entre le moment d'absorption d'alcool, le moment de l'accident et celui de la mesure.

En effet, indépendamment du niveau d'alcoolisation, si la mesure est effectuée en période montante du taux d'alcool (avant que le taux maximum soit atteint) ou période descendante du taux d'alcool (à partir du taux maximum vers un taux plus bas), l'effet semble différent. Pendant la montée de BAC (*Breath Alcohol Concentration*), l'effet stimulant est prédominant à l'effet sédatif. À l'inverse, pendant la diminution du taux d'alcool, la stimulation diminue et la sédation est prédominante⁵. Ainsi globalement, à 0,4 g/l, les estimations subjectives des personnes témoignent d'une faible sédation et d'une forte stimulation. Ces effets différentiels de l'alcool sont appelés biphasiques. Toutefois, la plupart des études sur les effets biphasiques de l'alcool ont été effectuées hors du contexte de la conduite automobile, ces dernières ayant plutôt été axées sur les effets de l'alcool lors de la phase descendante du taux. Un de nos défis sera donc d'étudier les deux phases de l'imprégnation alcoolique ainsi leurs conséquences en termes de sécurité routière.

Par ailleurs, bien que les taux d'imprégnation alcoolique relevés en épidémiologie sur l'accidentalité et la mortalité soient fréquemment bien supérieurs au niveau toléré par la réglementation, pour des raisons éthiques il ne paraît pas possible d'envisager des expérimentations avec des taux aussi élevés. Le travail proposé vise donc à estimer si le taux de 0,5 g/l adopté comme seuil par la législation française à partir de trois ans d'obtention de permis est encore trop élevé et si un abaissement de ce seuil pour l'ensemble des conducteurs serait de nature à réduire le nombre d'accidents. En ce sens, l'étude SAM3 indique d'ailleurs que le risque d'être impliqué dans un accident corporel grave reste multiplié par trois pour un taux de 0,5 g/l d'alcool dans le sang⁶.

Dans ce cadre, nos travaux récents ont étudié les effets délétères de faibles doses d'alcool (0,2 et 0,5 g/l) sur le comportement, l'état physiologique et les estimations d'éveil et d'endormissement de conducteurs novices (18 ans et moins de 3 mois de permis) et de conducteurs en fin de permis probatoire (21 ans et 3 ans de permis). Ces travaux, effectués lors de la phase descendante du niveau d'alcool, ont confirmé son effet sédatif associé à une augmentation de la vitesse pratiquée et une diminution de la stabilité de la trajectoire. Ils ont justifié la mesure de baisse du niveau toléré d'alcool pour les conducteurs novices tout en soulignant que des dégradations persistaient à 0,5 g/l même en fin de permis probatoire, soit trois ans après l'obtention de ce dernier^{7, 8}.

Dans ce rapport, nous présenterons l'avancée du travail effectué pour la DSR. Dans une 1^{ère} partie, à partir d'une analyse des Bulletins d'Analyse des Accidents Corporels de la Circulation (BAAC) et des Procès-Verbaux (PV) de la gendarmerie, les accidents liés à un taux d'alcool inférieur ou égal à 0,5 g/l

⁴ Morland, J., Steentoft, A., Wiese Simonsen, K., Ojanpera, I., Vuori, E., Magnusdottir, K., Kristinsson, J., Ceder, G., Kronstrand, R., Christophersen, A., 2011. Drugs related to motor vehicle crashes in northern European countries: A study of fatally injured drivers. *Accid. Anal. Prev.* 43, 1920-1926.

⁵ Hendler, R. A., Ramchandani, V. A., Gilman, J., & Hommer, D. W., 2011. Stimulant and sedative effects of alcohol. In *Behavioral neurobiology of alcohol addiction* (pp. 489-509). Springer Berlin Heidelberg.

⁶ Stupéfiants et accidents mortels (projet SAM). Analyse épidémiologique, OFDT_lfsttar, avril 2011.

⁷ Berthelon, C., Galy, E. (soumis). Subjective estimation and objective performance of young drivers as a function of experience and alcohol. Soumis à ETRR.

⁸ Berthelon, C., Galy, E., Paxion, J., Ferrier, L., 2016. Alcool, vigilance, Charge de travail : facteurs d'accident chez les jeunes conducteurs. Rapport final, contrat ALCOLAC, Fondation Sécurité Routière, Octobre 2016, 64 p.

ont été extraits, une analyse descriptive permet d'identifier leurs particularités et de vérifier les enjeux sécuritaires relativement aux accidents liés à un taux d'alcool toléré par la réglementation (voir annexe 1). Les dossiers d'analyses détaillées d'accidents (EDA effectués à Salon-de-Provence) se produisant avec de faibles taux d'alcool ont également été décrits et analysés.

L'on a cherché en particulier à identifier les accidents s'étant produits en phase montante ou descendante du niveau d'alcool, données disponibles dans un sous échantillon de PV et de dossiers d'EDA. Il est toutefois à noter que les dossiers BAAC, PV et EDA ne comportent pas forcément toutes les indications permettant d'estimer avec certitude nos hypothèses. Cependant, y figurent l'heure de l'accident et l'heure de la mesure d'alcool, ce qui permet d'extrapoler ou du moins de faire des hypothèses concernant le lien entre accident et phase montante ou descendante de l'alcool. D'autre part, les dossiers, notamment les PV, contiennent parfois deux mesures d'alcoolémie séparées par une donnée temporelle identifiée. Ces dossiers seront ceux sur lesquels notre attention sera particulièrement focalisée.

Dans une seconde partie du rapport, nous présentons le protocole expérimental sur simulateur de conduite et ses résultats. Cette partie a permis de préciser les effets des phases montantes et descendantes sur le comportement de conduite ainsi que sur l'état interne des conducteurs.

PARTIE 1. LES FICHIERS BAAC, LES PV ET LEUR ANALYSE

Introduction. Ce que l'on sait sur les alcoolémies illégales

Les chiffres qui quantifient le rôle de l'alcool sont multiples. Sur la période 2013-2017, la proportion d'accidentés en infraction vis-à-vis de l'alcool évaluée sur l'ensemble des accidents corporels s'établit à 5,2 %, chiffre qui somme toute peut apparaître assez faible. Mais lorsque l'on s'intéresse aux seuls accidents mortels, cette proportion passe à 15,1 %, et si l'on se restreint aux présumés responsables d'accidents mortels elle s'élève à 25,4 %. Si maintenant on évalue la part d'accidents « avec alcool » (c'est-à-dire où au moins l'un des conducteurs ou piétons impliqués avait une alcoolémie illégale), les chiffres augmentent sensiblement : 8,9 % des accidents corporels et 23,8 % des accidents mortels font intervenir une infraction alcool. Et si l'on spécifie un peu plus le type d'accident, on peut calculer que les nuits de week-end, 29,9 % des accidents corporels et 54,8 % des accidents mortels, font intervenir une alcoolémie illégale.

Ainsi, en précisant de plus en plus la population d'accidentés, on peut faire apparaître des proportions extrêmement fortes d'implication sous alcoolémie illégale. Il est sans doute utile de rapprocher ces proportions des tailles des populations sur lesquelles elles sont calculées, c'est-à-dire d'assortir toute proportion avec les enjeux correspondants en termes d'accidentés ou d'accidents relativement à l'ensemble.

L'analyse de l'alcoolisation à travers les différentes catégories d'âge révèle des proportions d'accidentés alcoolisés au-dessus du taux légal à peu près identiques dans toutes les catégories d'âge entre 18 et 50 ans (de 6 à 7 %) avec un infléchissement au-delà de 50 ans et surtout 60 ans. L'alcoolisation illégale est de plus, en chiffres absolus, très massivement présente au-delà de 25 ans, et avec des niveaux d'alcoolémie plus élevés qu'au-dessous de 25 ans. Le taux d'alcoolémie moyen des moins de 25 ans est de 1,4 g/l tandis que celui des 25-54 ans avoisine les 2 g/l. Mais, en matière de prévention dans le domaine de l'alcool et des accidents de la route, on a coutume d'insister sur la cible que représentent les jeunes conducteurs en raison du surrisque qui les touche et qui s'explique par un mode de vie qui les rend plus vulnérables que les autres à la conduite sous alcool. Ils sont bien souvent surreprésentés dans les accidents et plus particulièrement, ceux qui surviennent les nuits de week-end, ou lors des retours de discothèques. Ainsi 50 % des conducteurs âgés de 18 à 24 ans et accidentés les nuits de week-end, sont en état d'alcoolisation illégale.

Le processus d'identification de l'état alcoolique des accidentés de la route est défini par des règles de recueil de l'alcoolémie déjà anciennes ; la dernière modification majeure est, en septembre 1995, l'entrée en vigueur de l'actuel seuil légal 0,5 g/l. Cependant, des adaptations plus récentes ont été adoptées pour certaines catégories de conducteur, en octobre 2004 pour les conducteurs de transport

en commun puis en juillet 2015 pour les conducteurs en permis probatoire passant ce seuil pour ces catégories à 0,2 g/l dans le sang.

1. Schématisation du dispositif de recherche de l'alcoolisation

L'organigramme ci-dessous permet de résumer le déroulement des étapes, l'implication des principaux acteurs et la coordination des tâches prévues par le dispositif de recherche d'alcool.

Les forces de l'ordre (police, gendarmerie, CRS) sont, avec les médecins et les biologistes, les acteurs principaux de l'application de la législation du 19 juin 1999 qui consiste à détecter la conduite sous l'empire de l'alcool ou de drogues. La figure ci-dessous illustre les principales étapes du déroulement de l'application des textes relatifs à la recherche de l'alcool (Figure 1). On y distingue les missions revenant aux forces de l'ordre (en bleu), aux médecins (en rose) et aux experts biologistes (en jaune).

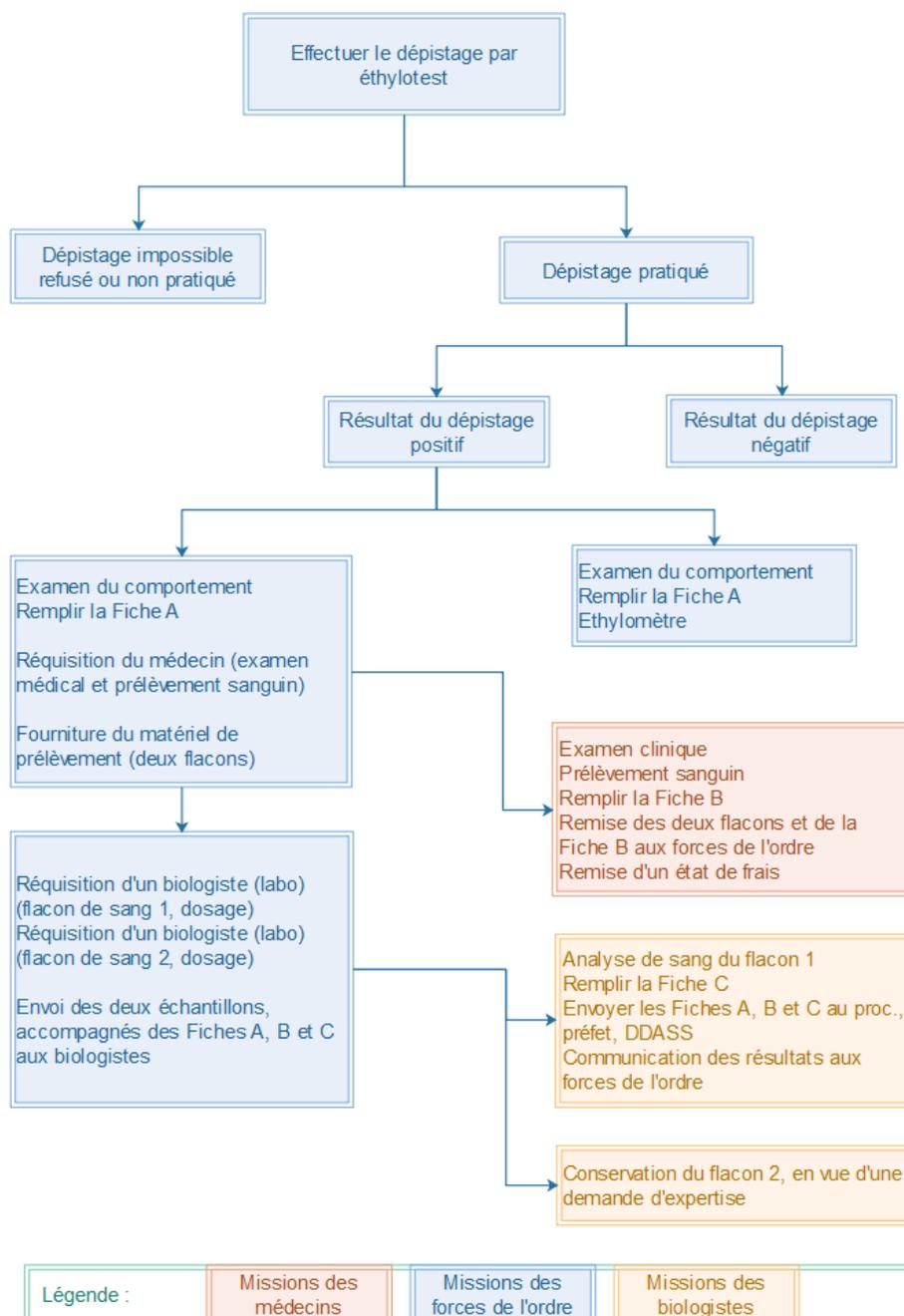


Figure 1 : Étapes principales de la recherche de l'alcool

2. Les sources d'informations nationales de l'alcoolisation des impliqués dans un accident de la circulation

Lors d'un accident corporel de la circulation routière, les forces de l'ordre se rendent sur les lieux afin d'établir un procès-verbal d'accident, le PV, servant de base à l'action judiciaire ultérieure. Parallèlement à cette procédure dont la durée dépasse souvent un mois, une procédure plus rapide est destinée à alimenter les données informatiques des ministères, c'est le bulletin d'analyse des accidents corporels de la circulation (le BAAC) rempli au plus tard dans les six jours après l'accident. Ainsi existe-t-il, au plan national, deux sources majeures d'informations sur les accidents l'ensemble des PV et le fichier des BAAC.

Les informations remplies par les forces de l'ordre dans le fichier national du BAAC ne permettent pas de décrire avec précision le déroulement de la recherche d'une éventuelle alcoolisation des impliqués lors d'un accident. Ces informations figurent en général dans le procès-verbal d'accident et permettent de décrire avec plus de précision la chronologie des étapes de la recherche d'alcoolémie et même d'en établir une certaine temporalité. La première étape du processus de recherche d'alcoolémie consiste en effet en un dépistage suivi, si positif, par une vérification.

Le dépistage est effectué au moyen d'un éthylotest électronique, lorsqu'il est possible et pratiqué, permet un premier tri entre les conducteurs susceptibles d'être sous influence de l'alcool et ceux qui ne le sont pas ce qui permet, dans les cas pour lesquels ce taux est retranscrit dans le PV ou saisi dans le BAAC, d'avoir des informations sur des alcoolisations inférieures au taux légal.

Toutefois, la filière des dépistages est composite et le dépistage peut :

- être impossible en raison de l'état de santé et donner lieu à des prises de sang directes ou ne pas donner lieu à une mesure si la prise de sang est impossible ;
- être refusé, ce qui entraîne une présomption d'alcoolémie et donc une vérification postérieure (par éthylomètre ou prise de sang) ou une condamnation en cas de refus réitéré ;
- ne pas être pratiqué et donner lieu à une prise de sang directe ou à une mesure directe par éthylomètre, ou à aucune mesure.

La Figure 2 indique la manière dont le processus de recherche d'alcoolémie a été appliqué aux 199 682 conducteurs impliqués dans un accident corporel (années 2016 et 2017) et reconstitué partiellement à partir du fichier national des BAAC. Ainsi, la filière des dépistages négatifs ne donne lieu à aucune suite et la filière des dépistages positifs ne permet pas de disposer d'un nombre exact (voir Figure 2). Les conducteurs décédés ou gravement blessés entrent directement dans la filière prise de sang sans passer par le dépistage alors que les conducteurs indemnes et les blessés légers subissent pour la plupart un dépistage sans que leur nombre exact soit connu.

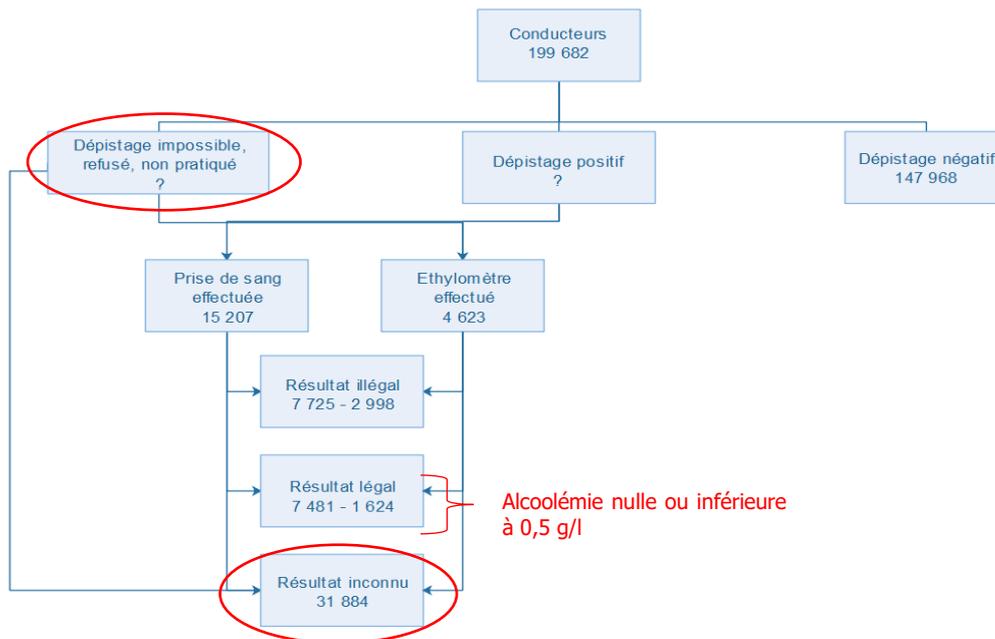


Figure 2 : Filières composites des résultats d'alcoolémie, données des années 2016 et 2017

Dans un premier temps, une analyse des données du BAAC va permettre d'appréhender le phénomène d'alcoolisation des conducteurs, dans un deuxième temps, et dans la mesure où l'information concernant de faibles alcoolisations figure dans des procès-verbaux d'accidents, nous ferons une analyse plus précise de l'implication des conducteurs faiblement alcoolisés. En effet, un certain nombre d'informations sur le déroulé de l'accident, le profil des conducteurs impliqués et le type d'alcoolisation figure parfois dans les procès-verbaux, document juridique établi par la gendarmerie ou la police nationale sur les circonstances de l'accident et sur les responsabilités des impliqués.

3. Analyse des fichiers BAAC

Les exploitations du fichier BAAC portent sur les années 2016-2017 afin de se positionner après les dernières modifications de la législation en ce qui concerne le taux d'alcool illégal. Dans ce chapitre, les accidents pris en compte ne concernent que l'alcoolisation des conducteurs.

Le fichier BAAC est théoriquement exhaustif, mais bien que le dispositif de recherche de l'alcoolémie se soit amélioré au fil des années, beaucoup de données sont encore manquantes. En effet, comme nous l'avons déjà noté, les mesures concernant les taux d'alcoolémie inférieurs à 0,5 g/l ne sont pas systématiquement relevées dans les dossiers puisqu'elles ne constituent une infraction que pour les conducteurs sous permis probatoire, les conducteurs de poids lourd ou de transport en commun. Les résultats présentés ici ont donc uniquement une valeur descriptive. Les tableaux présentés décrivent l'ensemble des niveaux d'alcoolémie recueillis, avec une attention particulière sur ceux concernant les faibles alcoolisations afin d'estimer l'importance de ces taux et les populations qui y ont été soumises.

Les tableaux généraux comportent plusieurs sens de lecture :

- Les chiffres en vert correspondent aux pourcentages horizontaux, les chiffres en rouge représentent les pourcentages verticaux.
- Les signes plus et moins donnés dans les différentes cases des tableaux sont la représentation d'un test de significativité appelé CHI2, appliqué aux cases du tableau.

La probabilité de surreprésentation de la case est donnée par le nombre de + qui y est inscrit :
0,90 +, 0,95 ++, 0,99 +++

La probabilité de sous-représentation de la case est donnée par le nombre de - qui y est inscrit :
0,90 -, 0,95 --, 0,99 ---

Condition de validité Test du CHI2 : Le test n'est pas effectué (car non valide), si plus d'une case du tableau a un effectif <5

En moyenne, sur l'ensemble des données disponibles hors prise de sang (avec et sans alcool, Tableau 1), 16 % des alcoolémies des conducteurs impliqués dans les accidents corporels demeurent inconnues et sur l'ensemble des conducteurs tués 24 % des fichiers ne disposent pas d'une alcoolémie connue. Ces taux d'indétermination sont élevés au regard des prévalences d'alcoolisation illégale. D'autre part, sur le total des mesures effectuées, 0,5 % des conducteurs accidentés ont été identifiés sous influence de faible niveau d'alcool lors de l'accident (N = 1010). Parmi eux 17,6 % (N = 178) n'ont pas survécu et 38,5 % (N = 390) ont été gravement blessés.

Tableau 1 : Recherche d'alcoolémie chez les conducteurs impliqués dans un accident en fonction de leur gravité (fichiers BAAC, 2016-2017) (hors prise de sang)

Alcoolémie	GRAVITÉ									
	TOTAL		Indemne		Tué		Blessé grave		Blessé léger	
TOTAL	199680	100,0%	95425	100,0%	5015	100,0%	37759	100,0%	61481	100,0%
Test négatif	147968	74,1%	76976	80,7%	883	17,6%	23302	61,7%	46807	76,1%
Alcoolémie mesurée nulle	7902	4,0%	1176	1,2%	1546	30,8%	3935	10,4%	1245	2,0%
Alcoolémie mesurée légale	1010	0,5%	275	0,3%	178	3,5%	390	1,0%	167	0,3%
Alcoolémie mesurée illégale	10916	5,5%	3263	3,5%	1201	23,9%	4056	10,7%	2396	3,8%
Alcoolémie inconnue	31884	16,0%	13735	14,4%	1207	24,1%	6076	16,1%	10866	17,7%
REBUT	2	0,0%	2	0,0%						

En ajoutant aux alcoolémies mesurées sans prise de sang, celles mesurées par prise de sang, ces premiers chiffres varient sensiblement (Tableau 2). On constate alors que 88,2 % des conducteurs contrôlés avaient une alcoolémie dépistée négative, et 4,7 % avaient une alcoolémie nulle. Sur l'ensemble des conducteurs contrôlés avec un taux d'alcool positif inférieur à 0,5 g/l (soit 0,7 % des mesures effectuées), 203 conducteurs ont été tués dans l'accident (5,3 % des tués) et 465 ont été blessés et hospitalisés (soit 1,5 % du total des blessés hospitalisés ; Tableau 2).

Tableau 2 : Distribution des alcoolémies mesurées des conducteurs impliqués en fonction de la gravité (Fichiers BAAC : 2016-2017) (avec et sans prise de sang).

Taux d'alcoolémie	GRAVITÉ									
	TOTAL		Indemne		Tué		Blessé hospitalisé		Blessé léger	
TOTAL	167796	100,0%	81690	100,0%	3808	100,0%	31683	100,0%	50615	100,0%
Test négatif	147968	88,2%	76976	94,2%	883	23,2%	23302	73,5%	46807	92,5%
0 g/l	7902	4,7%	1176	1,4%	1546	40,6%	3935	12,4%	1245	2,5%
0.01 - 0.19 g/l	415	0,2%	44	0,1%	107	2,8%	210	0,7%	54	0,1%
0.2 - 0.49 g/l	788	0,5%	290	0,4%	96	2,5%	255	0,8%	147	0,3%
0.5 - 0.79 g/l	1215	0,7%	553	0,7%	70	1,8%	352	1,1%	240	0,5%
0.8 - 1.19 g/l	1971	1,2%	696	0,9%	148	3,9%	701	2,2%	426	0,8%
1.2 - 1.99 g/l	4543	2,7%	1413	1,7%	459	12,1%	1690	5,3%	981	1,9%
2 g/l et plus	2994	1,8%	542	0,7%	499	13,1%	1238	3,9%	715	1,4%

Enfin, un regard sur les données relevées par prélèvement sanguin sur les conducteurs accidentés permet de disposer d'une distribution précise des alcoolémies dans ce sous-échantillon. Les forces de l'ordre renseignent, pour les tués en 2016-2017, environ 200 alcoolémies inférieures à 0,5 g/l. Les

alcoolémies les plus élevées sont celles pour lesquelles on relève le plus de tués, mais les tués avec niveau d'alcool positif inférieur à 0,5 g/l représentent malgré tout 6,9 % du total des décès répertoriés (Tableau 3).

Tableau 3 : Niveau d'alcoolémie obtenu par prélèvement sanguin chez les conducteurs impliqués dans un accident corporel en fonction de leur gravité (fichiers BAAC, 2016-2017)

Taux d'alcoolémie	TOTAL *	Indemne *	Blessé grave *	Blessé léger *	Tué **
TOTAL	10723 100,0%	3204 100,0%	3981 100,0%	2362 100,0%	2914 100,0%
0 g/l					1540 52,8%
0.01 - 0.19 g/l					23,1% 106 3,6%
0.2 - 0.49 g/l					28,4% 96 3,3%
0.5 - 0.79 g/l	1215 11,3%	553 17,3%	352 8,8%	240 10,2%	70 2,4%
0.8 - 1.19 g/l	1971 18,4%	696 21,7%	701 17,6%	426 18,0%	148 5,1%
1.2 - 1.99 g/l	4543 42,4%	1413 44,1%	1690 42,5%	981 41,5%	459 15,7%
2 g/l et plus	2994 27,9%	542 16,9%	1238 31,1%	715 30,3%	499 17,1%

(*) distribution des résultats des contrôles par éthylotest, éthylomètre et prise de sang

(**) Distribution des résultats issus des prises de sang directes

En dehors des dépistages négatifs, la répartition des alcoolémies mesurées selon l'ancienneté du permis permet de voir que parmi les 1200 conducteurs contrôlés avec un taux d'alcool compris entre 0,01 et 0,49 g/l, 300 conducteurs possédaient un permis probatoire (cases grisées) dont 193 avaient un taux compris entre 0,2 et 0,5 g/l (Tableau 4). Toutefois, le pourcentage de faibles alcoolémies ne semble pas varier de façon importante en fonction de l'ancienneté du permis du moins jusqu'à cinq ans d'ancienneté de son obtention (la dernière tranche d'obtention de permis regroupe tous les conducteurs ayant obtenu le permis depuis plus de cinq ans).

Tableau 4 : Distribution des alcoolémies des conducteurs impliqués selon leur ancienneté de permis (2016-2017) (avec et sans prise de sang)

	Ancienneté permis							REBUT
	TOTAL	moins d'un an	1 à 2 ans	2 à 3 ans	3 à 5 ans	5 ans et plus		
TOTAL	167796 100%	11433 100%	13378 100%	10765 100%	16893 100%	93098 100%	22229 100%	
Test négatif	147968 88,2%	9796 85,7%	11692 87,4%	9370 87,0%	14725 87,2%	84102 90,3%	18283 82,2%	
0 g/l	7902 4,7%	632 5,5%	656 4,9%	489 4,5%	744 4,4%	3755 4,0%	1626 7,3%	
0.01 - 0.19 g/l	415 0,2%	35 0,3%	40 0,3%	21 0,2%	48 0,3%	178 0,2%	93 0,4%	
0.2 - 0.49 g/l	788 0,5%	64 0,6%	68 0,5%	61 0,6%	78 0,5%	379 0,4%	138 0,6%	
0.5 - 0.79 g/l	1215 0,7%	103 0,9%	93 0,7%	99 0,9%	144 0,9%	573 0,6%	203 0,9%	
0.8 - 1.19 g/l	1971 1,2%	196 1,7%	186 1,4%	162 1,5%	236 1,4%	824 0,9%	367 1,7%	
1.2 - 1.99 g/l	4543 2,7%	375 3,3%	407 3,0%	354 3,3%	599 3,5%	1969 2,1%	839 3,8%	
2 g/l et plus	2994 1,8%	232 2,0%	236 1,8%	209 1,9%	319 1,9%	1318 1,4%	680 3,1%	

Le phénomène de conduite sous état d'alcoolisation est bien connu comme étant un comportement très majoritairement masculin ce que reflète le Tableau 5. Parmi les faibles taux d'alcoolisation, une valeur de 17,1 % de femmes est relevée pour un taux de 0,01 à 0,19 g/l et de 12,6 % pour un taux de 0,2 à 0,49 g/l. Le pourcentage d'hommes et de femmes identifiés avec de faibles niveaux d'alcoolémie

semblent proportionnellement équivalent pour les faibles niveaux d'alcoolémie alors que les hommes sont proportionnellement plus souvent identifiés à des niveaux plus élevés (Tableau 5).

Tableau 5 : Distribution des alcoolémies mesurées des conducteurs impliqués selon le sexe (2016-2017) (avec et sans prise de sang)

Taux d'alcoolémie	Sexe					
	TOTAL		Masculin		Féminin	
TOTAL	19828	100%	17097	100%	2731	100%
0 g/l	7902	39,9%	6448	37,7%	1454	53,2%
0.01 - 0.19 g/l	415	2,1%	344	2,0%	71	2,6%
0.2 - 0.49 g/l	788	4,0%	689	4,0%	99	3,6%
0.5 - 0.79 g/l	1215	6,1%	1074	6,3%	141	5,2%
0.8 - 1.19 g/l	1971	9,9%	1757	10,3%	214	7,8%
1.2 - 1.99 g/l	4543	22,9%	4073	23,8%	470	17,2%
2 g/l et plus	2994	15,1%	2712	15,9%	282	10,3%

Parmi les faibles alcoolisations, les très jeunes conducteurs ainsi que les conducteurs de 60 ans et au-delà sont proportionnellement plus souvent représentés que les autres conducteurs. Toutefois, les faibles alcoolémies sont identifiées dans toutes les tranches d'âge (Tableau 6). Par ailleurs, les taux d'alcoolisation illégaux sont plus fréquemment observés et plus élevés au-delà de 20 ans.

Tableau 6 : Distribution des alcoolémies mesurées selon l'âge des conducteurs impliqués (BAAC 2016-2017) (avec et sans prise de sang)

Taux d'alcool	Classes d'âge (7)									
		Moins de 18 ans	de 18 à 19 ans	de 20 à 24 ans	de 25 à 29 ans	de 30 à 39 ans	de 40 à 59 ans	60 ans et plus		
TOTAL	19828	381	811	3257	2933	4369	5862	2215	100%	100%
0 g/l	7902	291	391	1218	992	1443	2268	1299	39,9%	58,6%
0.01 - 0.19 g/l	415	16	24	68	48	54	113	92	2,1%	4,2%
0.2 - 0.49 g/l	788	13	42	136	109	161	217	110	4,0%	5,0%
0.5 - 0.79 g/l	1215	11	58	244	221	242	327	112	6,1%	5,1%
0.8 - 1.19 g/l	1971	17	92	449	343	431	488	151	9,9%	6,8%
1.2 - 1.99 g/l	4543	30	165	822	816	1179	1253	278	22,9%	12,6%
2 g/l et plus	2994	3	39	320	404	859	1196	173	15,1%	7,8%

Le croisement des variables âge et sexe montre clairement la surreprésentation des hommes de plus de 20 ans dans le phénomène d'alcoolisation relevés lors des accidents de la circulation. Peu de conductrices de moins de 20 ans n'étaient sous influence de l'alcool au moment de la mesure et en moyenne beaucoup moins de femmes que d'hommes n'étaient sous influence, quel que soit le niveau d'alcool relevé. Les faibles alcoolisations sont plutôt relevées chez la conductrice de plus de 30 ans alors que l'on retrouve ce phénomène chez le conducteur masculin de moins de 20 ans (Figure 3).

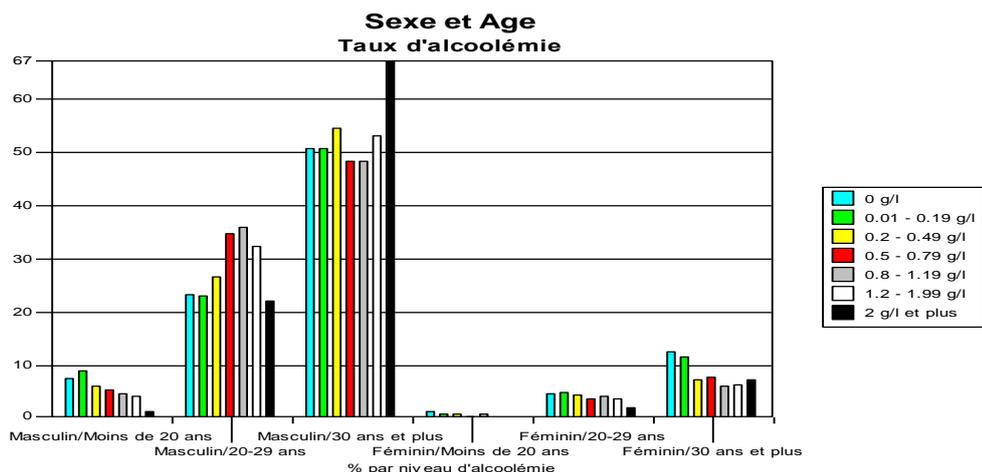


Figure 3 : Distribution du taux d'alcoolémie selon le sexe et l'âge du conducteur impliqué (2016-2017) (avec et sans prise de sang)

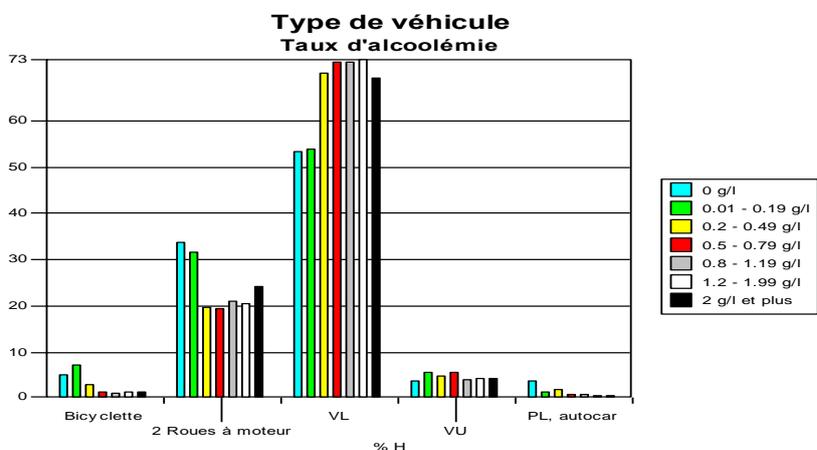


Figure 4 : Distribution des alcoolémies des conducteurs selon leur type de véhicule (2016-2017) (avec et sans prise de sang)

La Figure 4 montre clairement l'implication des conducteurs des deux-roues à moteur faiblement alcoolisés, avec moins de 0,2 g/l (131 soit 31,6 %). Parmi eux, 32 étaient en permis probatoire, 30 ont été tués et 87 hospitalisés.

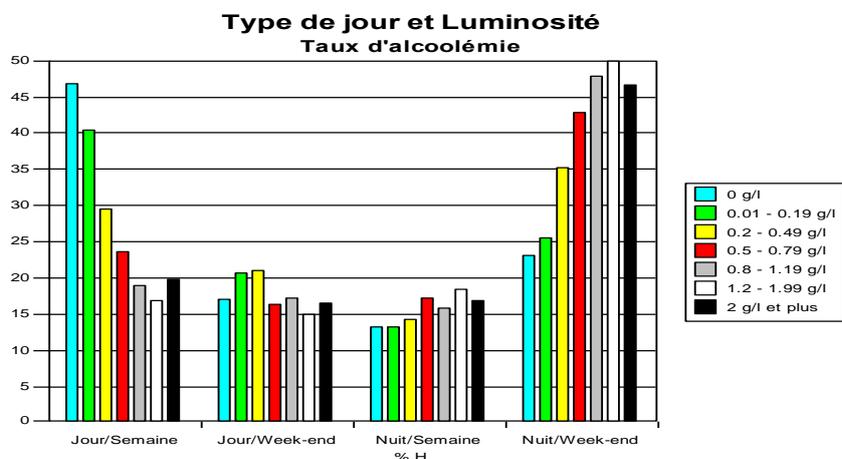


Figure 5 : Distribution des alcoolémies des conducteurs impliqués selon le type de jour et la luminosité (2016-2017) (avec et sans prise de sang)

On trouve une surreprésentation de conducteurs identifiés comme faiblement alcoolisés dans un accident de jour. Croisé avec le type de jour, on constate que 40 % des conducteurs alcoolisés en dessous de 0,2 g/l sont accidentés de jour et en semaine et 30 % au taux juste supérieur (Figure 5).

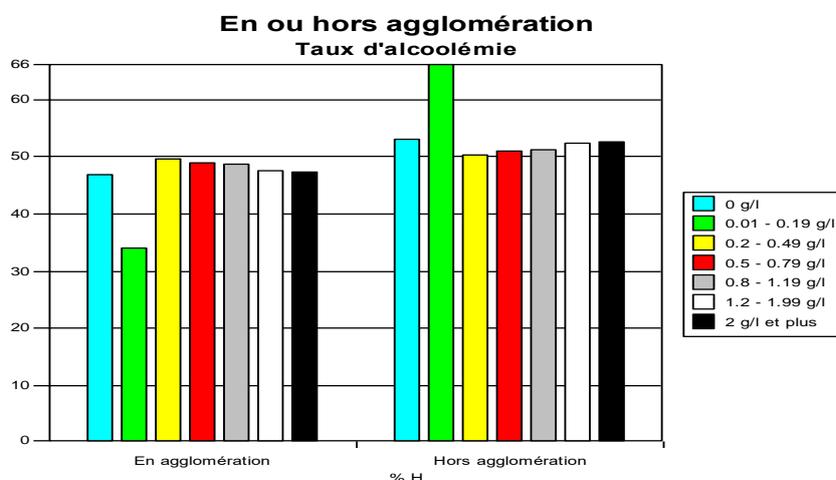


Figure 6 : Distribution des alcoolémies des conducteurs impliqués selon le lieu (2016-2017) (avec et sans prise de sang)

Tous niveaux d'alcoolisation confondus, pratiquement les deux tiers des conducteurs sont accidentés hors intersection. L'on remarquera une proportion similaire d'accidents hors agglomération (66 %) et en agglomération (34 %) pour les conducteurs impliqués avec une alcoolémie comprise entre 0,01 et 0,19 g/l. À l'inverse pour les conducteurs impliqués avec une alcoolémie comprise entre 0,2 et 0,49 g/l, la proportion d'accidents est identique en et hors agglomération (Figure 6).

En résumé sur les BAAC :

Aucune enquête récente effectuée sur route ne permet aujourd'hui d'estimer précisément la part des conducteurs français circulant avec une alcoolémie comprise entre 0,01 g/l et 0,49 g/l et ayant eu un accident. En effet, le report du recueil effectué par les forces de l'ordre à la suite d'un accident corporel n'est pas exhaustif pour les faibles alcoolisations. L'obligation de report ne s'adresse qu'aux conducteurs de transport en commun et aux conducteurs sous permis probatoire et pour un niveau de 0,2 g/l à 0,49 g/l. Cette obligation ne concerne aucun conducteur pour un niveau inférieur à 0,19 g/l d'alcool dans le sang.

À moins de n'analyser que les seules données d'alcoolémies provenant des prises de sang directes, les données existantes concernant les faibles alcoolisations dans les accidents ne reflètent *a priori* que les pratiques de recueil des forces de l'ordre.

Les résultats présentés ici avec précaution permettent cependant de retenir certaines caractéristiques des conducteurs concernés par les faibles consommations d'alcool et la nature de leur accident.

4. Les procès-verbaux d'accidents

Le procès-verbal consiste en la conclusion d'une enquête réalisée sur le terrain par les forces de l'ordre. Il décrit les circonstances de l'accident à travers leurs constatations, les dépositions et les déclarations des témoins, les croquis et, le cas échéant, les photographies. Dans le cadre de la conduite en état alcoolique, plusieurs documents, les fiches A, B et C (voir annexe 2), remplis respectivement par les forces de l'ordre, les médecins et les biologistes, indiquent les résultats des tests, mesures ou examens effectués. Les procès-verbaux permettent ainsi d'obtenir certaines informations sur le déroulé de l'accident, mais également sur les comportements des conducteurs impliqués, comportements qui ont précédé l'accident (parfois même sur leur consommation d'alcool avec une certaine temporalité). Y figurent l'heure de l'accident et l'heure de la mesure d'alcool, ce qui permet d'extrapoler ou du moins de faire des hypothèses concernant le lien entre accident et phase montante ou descendante de

l'absorption d'alcool. En cas de mesure par éthylomètre, parfois deux mesures d'alcoolémie séparées de quelques dizaines de minutes permettent de préciser ces hypothèses.

Dans le cadre de ce travail, les alcoolémies étudiées sont de nature légale pour une grande partie des impliqués, car comme déjà exprimé, seule une partie des conducteurs sont soumis à un taux maximal toléré de 0,2 g/l.

4.1 Les faibles alcoolisations dans les procès-verbaux d'accident

La loi 2002-3 du 3 janvier 2002, relative à la sécurité des infrastructures et systèmes de transport et aux enquêtes techniques, est à l'origine d'une réglementation permettant à l'IFSTTAR d'avoir accès aux procédures judiciaires en cours concernant les accidents corporels et mortels de la circulation routière, sous certaines conditions (autorisation de l'autorité judiciaire concernée par la procédure, secret professionnel). Les chercheurs de l'IFSTTAR, recomposés en chercheurs de l'Université Gustave Eiffel, ont ainsi le droit de consulter et de stocker, à des fins de recherche, des PV d'accidents dans le respect des conditions fixées par la Cnil en matière de confidentialité des données personnelles et le respect des dispositions édictées par le RGPD. Ceci permet donc de disposer d'échantillons de procès-verbaux d'accidents stockés de manière sécurisée à des fins d'études aussi bien dans le domaine de l'accidentalité que dans celui de l'analyse du risque routier sur certaines zones géographiques de la France métropolitaine.

Dans le cadre du projet BIALCOL, aucune demande spécifique n'a été faite à TRansPV qui est l'organisme centralisateur des procédures d'accident pour le compte des assurances. L'interrogation du fichier national des BAAC aurait permis de demander à cet organisme les procès-verbaux correspondants à des conducteurs impliqués faiblement alcoolisés, mais cette demande aurait été couteuse en temps de recherche et d'exportation pour le personnel de TransPV (PV archivés, recherche individuelle). Nous avons donc interrogé la base de PV déjà constituée d'une partie de la base au 1/50^e (cinquième de la totalité des accidents français de la circulation de 2010 à 2019), ainsi que d'accidents centrés sur des territoires (départements du Rhône, des Bouches-du-Rhône et de Paris et sur la période 2015-2017).

La constitution de l'échantillon d'accident a été réalisée en utilisant la recherche textuelle sur le contenu de ces procès-verbaux. Les meilleurs résultats s'obtiennent grâce à l'utilisation de mots clés contenant les taux d'alcoolémie recherchés soit les taux inférieurs à 0,05 g/l ou, si la recherche a été effectuée par éthylotest électronique, les taux allant de 0,01 mg/l à 0,24 mg/l d'air expiré.

Plus de 300 accidents ont ainsi été sélectionnés. Une première ouverture des procès-verbaux a permis d'en éliminer un certain nombre pour lesquels les taux enregistrés correspondaient soit à des mesures effectuées en sortie de garde à vue, soit à des mesures correspondant à des dosages de stupéfiants et non pas d'alcool, soit à des confusions entre mg/l d'air expiré et g/l de sang, soit encore à des taux d'alcool figurant dans des documents d'information sur les effets de l'alcool, documents joints au PV.

Près des deux tiers de ces 300 procès-verbaux ont ainsi dû être éliminés pour n'en retenir que 106.

De l'importance du délai dans la recherche de l'alcoolisation

De précédentes études sur l'alcool ont montré l'importance de la filière de recherche de l'alcoolémie dans la fiabilité des données d'alcoolisation mesurées et l'influence de la filière sur les délais de réalisation de la mesure d'alcoolémie. Comme déjà relevé, la mesure de l'alcoolémie lors d'un accident corporel de la circulation s'effectue en règle générale par un dépistage suivi d'une mesure de confirmation par prise de sang ou analyse d'air expiré si le dépistage est positif. Dans bien des cas, le dépistage n'est pas effectué ou rendu impossible, la mesure par prise de sang ou éthylomètre est donc directement pratiquée. Cependant, l'étude des faibles alcoolisations oblige à s'intéresser aux dépistages négatifs pour lesquels nous disposons du taux de la mesure.

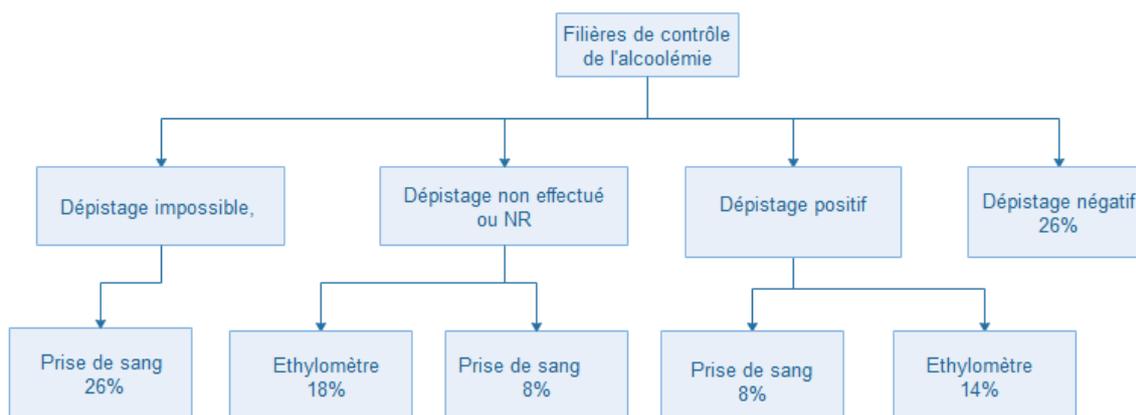


Figure 7 : Les différentes filières de recherche de l'alcoolémie et leurs prévalences dans l'échantillon de 106 PV analysés.

Les différentes filières de recherche de l'alcoolémie se distribuent ainsi dans notre échantillon de PV :

- 26 % de dépistages négatifs par éthylotest électronique sans confirmation par prise de sang ou éthylomètre, car le taux d'alcool relevé est légal
- 32 % de mesures effectuées par éthylomètre dont :
 - 14 % après dépistage positif
 - 18 % sans dépistage préalable ou sans dépistage renseigné
- 42 % de mesures par prise de sang dont :
 - 26 % sans dépistage, car celui-ci était impossible
 - 8 % après dépistage positif
 - 8 % sans dépistage renseigné

Le choix de la filière privilégiée par les forces de l'ordre s'explique principalement par la gravité des blessures. Les mesures d'alcool effectuées par prise de sang sont très largement réalisées sur des conducteurs ou piétons gravement accidentés.

D'autre part, le taux d'alcool indiqué dans le PV d'accident reflète l'alcoolisation du conducteur à l'heure de la mesure. Plus le délai entre le moment de l'accident et celui de la mesure est important et plus le taux d'alcoolisation à l'instant du choc est différent du taux relevé sur le PV. Tous les résultats d'alcoolémie sont donc à interpréter au regard du délai qui s'est écoulé entre les faits et la mesure. En cas d'accident mortel, le délai à considérer sera celui entre les faits et l'heure du décès, l'éthanol n'étant plus métabolisé après celui-ci.

Les délais moyens entre l'accident et la mesure du taux d'alcool sont très variables (Figure 8) :

- Les mesures faites par prise de sang directe lorsque le dépistage a été impossible sont de 129 minutes (20 min, 350 max) et recouvrent deux catégories qui expliquent les variabilités très importantes de délais entre le moment de l'accident et la mesure. Une catégorie concerne les impliqués très gravement blessés impossible à dépister et qui nécessitent des soins vitaux, donc pour lesquels la prise de sang n'est pas une priorité (M = 160 min) ; l'autre concerne les impliqués décédés pour lesquels le délai est calculé entre les faits et l'heure du décès (M = 35 min). Le lieu de la prise de sang est alors un élément explicatif essentiel puisque celle-ci peut s'effectuer sur place par les premiers secours médicalisés ; ou à l'hôpital lorsque la gravité rend la prise de sang inappropriée sur les lieux de l'accident ou bien encore lorsque les forces de l'ordre ne disposent pas sur place des kits de prélèvement à mettre à disposition des urgentistes.
- Lorsque le dépistage n'est pas effectué ou n'est pas renseigné, les délais moyens pour la prise de sang sont de 87 minutes (30 min 205 max) et ceux pour la mesure par éthylomètre sont de 48 minutes (16 min 105 max).

- Lorsque les mesures sont précédées d'un dépistage positif, les délais par éthylomètre sont de 170 minutes (60 min 240 max), et sont les plus longs avec prise de sang avec en moyenne 69 minutes (20 min 135 max)
- Enfin, lorsque le dépistage est négatif, les délais moyens sont de 38 minutes (20 min 210 max). Ce sont les délais les plus courts, car ils sont effectués sur les lieux de l'accident et sur des conducteurs ou piétons légèrement blessés.

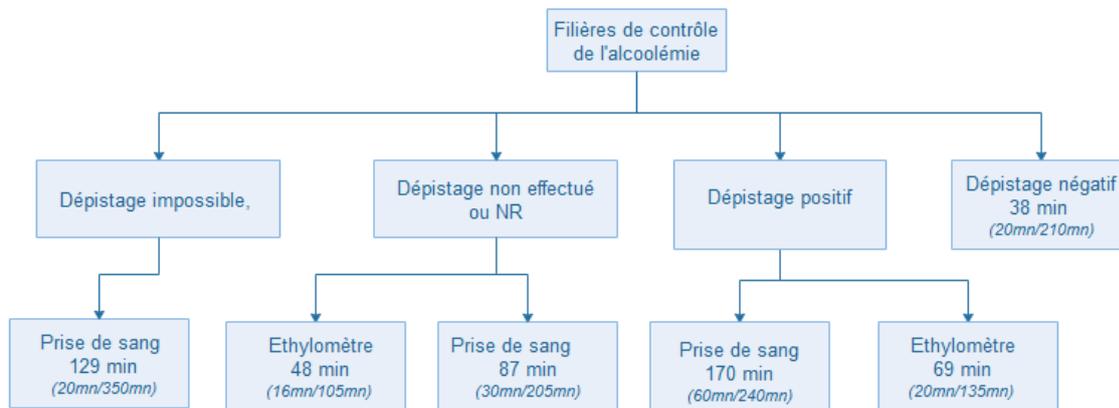


Figure 8 : Délais entre la mesure et les faits selon les filières de recherche de l'alcoolémie dans l'échantillon de 106 PV analysés

Ces données confirment les observations faites lors de précédentes études (étude SAM en particulier).

Extrapolation du taux d'alcoolémie au moment de l'accident

De nombreux facteurs tels que la consommation chronique, l'absorption de nourriture ou de médicaments, mais aussi l'âge et le sexe, rendent très difficile l'extrapolation d'une alcoolémie au moment de l'accident à partir d'une mesure effectuée des fois plusieurs heures après.

L'analyse des procès-verbaux d'accidents avec une faible alcoolisation ne permet que rarement d'obtenir des informations précises sur le type et la temporalité de la consommation d'alcool antérieure à l'accident. En effet, celle-ci étant de nature tolérée au vu de la réglementation, l'audition de l'impliqué et des témoins ne porte pas sur la prise d'alcool, sauf lorsque des signes d'alcoolisation permettent aux forces de l'ordre de qualifier l'état du conducteur en ivresse manifeste.

Étant donné les délais entre le moment de l'accident, la mesure du taux d'alcool et le manque de données fiables relevé ci-dessus, une extrapolation à partir des données disponibles sur les PV a été effectuée en considérant que la consommation d'alcool précédait d'au moins une heure le moment de l'accident. Cette extrapolation a permis de préciser substantiellement le taux d'alcoolémie au moment de l'accident. En appliquant une valeur d'élimination de 0,10 g/l par heure qui est une valeur basse, plus de 40 % des alcoolémies de notre échantillon deviendraient illégales, dépassant ainsi la valeur légale d'alcool de 0,50 g/l de sang, dont 5 % deviendraient même délictuelles à plus de 0,80 g/l. Ceci fait que l'analyse présentée dans ce rapport ne porte plus que sur 62 PV.

Parmi cet échantillon de 62, seuls 9 PV permettent, après analyse et extrapolation, de déterminer une alcoolisation en phase montante d'un des conducteurs au moment de l'accident alors que sans extrapolation 13 accidents étaient estimés en phase montante. Dans ces neuf cas, les témoignages ou audition de l'impliqué donnent quelques détails sur la consommation, mais surtout la seconde mesure effectuée (par éthylomètre) est supérieure à la première mesure ce qui indique que le taux d'alcool est en augmentation. La description des accidents correspondant à ces neuf PV est surlignée en jaune dans les tableaux récapitulants les circonstances des accidents à faible d'alcoolémie.

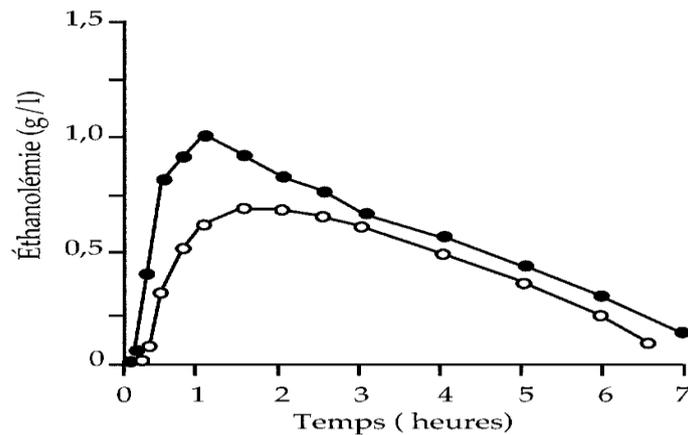


Figure 9 : Pharmacocinétique d'absorption de l'éthanol à jeun ou après un repas (d'après Lands, 1998). Valeurs obtenues chez un homme ayant consommé 0,80 g d'alcool/kg de poids corporel avant (*) ou après (o) le petit déjeuner

Description de l'échantillon des accidents impliquant au moins un conducteur faiblement alcoolisé

Cet échantillon de 62 PV non représentatif se répartit de la façon suivante (Tableau 7). Les femmes de moins de 30 ans constituent la moitié de l'échantillon des femmes conductrices ou piétonnes impliquées avec une alcoolisation faible. Les hommes de moins de 30 ans ne constituent que 1/3 des accidentés masculins avec faible taux d'alcool et les hommes de plus de cinquante ans 37 %.

Tableau 7 : Répartition des conducteurs faiblement alcoolisés selon le sexe et l'âge

Âge	Féminin	Masculin	Total
Moins de 30 ans	8	16	24
31-40 ans	3	7	10
41-50 ans	3	6	9
51-60 ans	2	10	12
60 ans et plus		7	7
Total	16	46	62

Tableau 8 : Modes de déplacement utilisés selon le sexe

Mode	Féminin	Masculin	Total
Piéton	1	1	2
Cycle	2	4	6
2RM léger	1	6	7
Moto		7	7
VL	12	25	37
PL		3	3
Total	16	46	62

Très majoritairement, les femmes sont accidentées en voiture. Les hommes ont des modes plus diversifiés (deux-roues à moteur et VL principalement, Tableau 8).

Tableau 9 : Niveau de faible alcoolisation selon le sexe

Taux d'alcool	Féminin	Masculin	Total
Inf 0.25g/l	5	6	11
0.26-0.49g/l	11	40	51
Total	16	46	62

Le nombre de femmes et d'hommes très faiblement alcoolisés est équivalent. Mais seulement 20 % des conducteurs avec une alcoolisation entre 0,26g et 0,49 g/l sont des femmes.

Tableau 10 : Niveau d'alcoolisation légale par gravité selon le sexe de l'impliqué

Taux d'alcool	Féminin			Masculin			Total
	léger	grave	mortel	léger	grave	mortel	
Gravité							
Inf 0.25g/l	4		1	1	2	3	11
0.26-0.49g/l	6	3	2	21	9	10	51
Total	10	3	3	22	11	13	62

Un quart des accidents de cet échantillon de PV avec une faible alcoolisation sont des accidents mortels. Les conducteurs masculins avec une alcoolémie comprise entre 0,26 et 0,49 g/l sont très fortement impliqués dans des accidents mortels comparés aux femmes (20 % vs 5 %).

Plus de la moitié des accidents ont eu lieu entre 20 h 00 et 5 h 59 du matin. Un quart se sont produits hors agglomération et la moitié en intersection.

Tableau 11 : Type de collision selon le sexe

Type de collision	Féminin	Masculin	Total
Collision en intersection	6	17	23
<i>Sans changement de direction</i>	3	9	12
<i>En TAD-TAG</i>	3	8	11
Perte de contrôle	4	8	12
Collision contre piéton	1	9	10
Collision frontale	2	7	9
Collision arrière	1	5	6
Changement de file même sens	1		1
Ouverture de portière	1		1
Total	16	46	62

Les collisions en intersection (hors collisions arrière) concernent plus du tiers des accidents de notre échantillon de 62 PV. Viennent ensuite par ordre d'importance les pertes de contrôle, les accidents contre piéton, et enfin les collisions arrière. Les conductrices de l'échantillon sont proportionnellement plus fortement impliquées dans des collisions en intersection ainsi qu'en perte de contrôle. Les neuf accidents en phase montante du taux d'alcoolémie ne se singularisent pas spécifiquement des autres. Deux se produisent en collision frontale, un en collision latérale lors d'un changement de voie et six en intersection.

La prise de produits psychoactifs est un facteur associé pour 10 impliqués en faible alcoolisation, 8 d'entre eux ont consommé des stupéfiants, un est sous tranquillisant et le dernier sous antalgique. Parmi les accidents en intersection, six accidents ont eu lieu avec une majorité de non-respects de la priorité. Deux accidents sont survenus en collision frontale et deux en perte de contrôle. Dans la moitié des accidents de l'échantillon, le dépistage de stupéfiant n'est pas renseigné ou n'a pas été effectué.

4.2 Description des manœuvres et circonstances des accidents survenus avec une faible alcoolisation

L'utilisation du concept de scénario permet de décrire les régularités des cas d'accidents à faible alcoolisation, notamment d'identifier les accidents en fonction des types de dysfonctionnement identifiés, par exemple un défaut de perception, une mauvaise prise d'information, une prise de risque, une mauvaise trajectoire.

Les accidents en intersection

Une partie des accidents survenus en intersection se produit lors d'une manœuvre de changement de direction de l'un des protagonistes (tourne à droite ou tourne à gauche), mais dans un bon nombre de cas la collision se produit sans changement de direction. Il s'agit alors de passage au feu rouge, de refus de priorité à droite ou de cédez le passage.

Tableau 12 : Description des collisions en intersection (n=23). Les accidents en phase montante du niveau d'alcoolémie sont surlignés en jaune

Description de la situation à laquelle le conducteur faiblement alcoolisé (*) est confronté	N	Manœuvre effectuée par l'usager faiblement alcoolisé et détails de l'accident
Le conducteur d'un 2 roues (*) est confronté à un véhicule circulant en sens inverse et qui engage une manœuvre de tourne à gauche sans le percevoir, lui coupant la route.	2	Aucune manœuvre du deux roues, surpris par le TAG du conducteur. La voie large et le feu vert ce qui produit une sensation de priorité. Un véhicule précédait la voiture en TAG et masquait sa manœuvre.
Un conducteur (*) dépasse un véhicule arrêté qui engage une manœuvre de tourne à gauche sans le percevoir.	1	Défaut de permis de conduire du conducteur qui effectue une manœuvre de dépassement interdite sur l'intersection.
Un cycliste (*) engage une manœuvre de tourne à gauche en intersection sans percevoir le deux-roues à moteur qui le dépasse par la gauche.	1	Le cycliste n'a pas pris d'information derrière lui, il perçoit très tardivement le 2RM qui est en train de le dépasser alors que lui-même a déjà commencé sa manœuvre de TAG. Il ne fait aucune manœuvre d'évitement. Le 2RM esquive par la gauche, mais touche le guidon du cycliste qui tombe.
Un conducteur (*) engage une manœuvre de tourne à droite en intersection après avoir doublé un cyclo et lui coupe la route.	1	Le conducteur dépasse le cyclo juste avant de se rabattre devant lui pour tourner à droite. En sus d'une faible alcoolisation, il est sous antidépresseur. Le cyclo ne peut se déporter, car il est coincé par le trottoir.
Un conducteur (*) engage un ralentissement pour effectuer tourner à gauche à une intersection en T, un véhicule qui le suit ne perçoit pas ses intentions et le heurte à l'arrière.	1	Le conducteur avait mis son clignotant. Le véhicule suiveur freine en urgence au dernier moment, à noter un soleil de face éblouissant. Accident hors agglomération, sur une route limitée à 90km/h, l'intersection en T est peu perceptible.
Un poids lourd (*) effectue une manœuvre de tourne à droite en intersection et heurte un cycliste qui circule sur sa droite dans une piste cyclable.	1	Aucune manœuvre d'évitement de la part du PL qui affirme ne rien avoir vu. Le cycle est masqué du fait de la hauteur du PL. Décès du cycliste
Un scooter (*) circule sur la voie de gauche (2 voies attribuées à son sens de circulation), un véhicule circulant sur la voie de droite engage une manœuvre de tourne-à-gauche sans le percevoir et lui coupe la route.	1	Le scooter ne peut pas s'arrêter, monte sur le trottoir pour éviter le véhicule et tombe, 2 personnes sur le scooter rendant la manœuvre d'évitement et le freinage plus difficile. On note deux voies pour un même sens de circulation et donc un mauvais positionnement du véhicule adverse circulant sur la voie de droite pour tourner à gauche.
Un conducteur (*) engage sa manœuvre de tourne à gauche devant un véhicule qui arrive en sens inverse.	1	Le conducteur, âgé de 76 ans, estime que le véhicule arrivant en sens inverse circulait vite. Un véhicule le précédant et tournant également à gauche avait eu le temps de passer. Effet d'entraînement ? Lenteur à démarrer ?
Une moto (*) circule sur une infrastructure dont 3 voies correspondent à son sens de circulation. Le conducteur	1	Pas d'information sur la manœuvre d'évitement éventuelle de la moto qui circule sur la voie centrale. Mauvais positionnement du véhicule adverse (voie centrale) pour tourner à gauche

adverse engage sa manœuvre de tourne à gauche sans percevoir la moto qui circule sur sa gauche et lui coupe la route.		
Un conducteur (*) engage sa manœuvre de tourne à gauche (demi-tour) sans percevoir le scooter qui le double par la gauche.	1	L'attention du conducteur est sans doute focalisée par le flux de véhicules qui circule en sens contraire et qui doit redémarrer au feu vert. Il effectue un demi-tour juste avant un feu lorsque celui-ci passe au vert. Le scooter transporte un passager, il ne perçoit pas la manœuvre de demi-tour du véhicule, pas d'évitement.
Un conducteur (*) démarre à un stop après avoir marqué l'arrêt et traverse la chaussée pour gagner son garage. Il coupe alors la voie à une moto qui arrivait sur sa gauche.	1	Le conducteur de 74 ans démarre au stop après avoir laissé passer un véhicule. Mauvaise estimation de la vitesse de la moto et du temps disponible. Lenteur du redémarrage ? Il freine au dernier moment et s'arrête au deux tiers de la chaussée. La moto tente un évitement par la gauche, mais est heurtée à la roue arrière.
Un cycliste (*) franchit volontairement un feu rouge et entre en collision avec un véhicule prioritaire.	1	Probable passage du cycliste en début de feu rouge. Cycliste décédé.
Un motocycliste (*) franchit involontairement un feu rouge et entre en collision avec un cycliste qui traverse sur le passage piéton.	1	Le motocycliste a aperçu le cycliste traverser, il a freiné, glissé puis percuté le cycliste. Le feu tricolore n'est pas orienté face à la voie de circulation le rendant quasiment impossible à voir. En agglomération.
Un cycliste (*) heurte l'arrière d'un poids lourd qui vient de sa gauche et qui traverse une intersection régulée par priorité à droite.	1	Aucun témoignage du cycliste qui ne se souvient pas. Accident de nuit, le poids lourd ne voit pas le cycliste, il passe l'intersection à 20 km/h. Refus de priorité à droite ? En agglomération.
Le conducteur (*) engage sa manœuvre de tourne à gauche (demi-tour) sans percevoir la moto qui arrive en sens inverse.	1	Le conducteur démarre après d'être arrêté pour laisser passer un véhicule arrivant en face, il ne voit pas la moto arrivant rapidement derrière ce 1 ^{er} véhicule. Le conducteur était perdu et suivait les instructions de son GPS lui demandant de faire demi-tour. Le conducteur et le motard ont consommé des stupéfiants. Le motard perd le contrôle de son engin, puis chute au sol avant de percuter la voiture. Vitesse élevée de la moto. 90-100 km/h. Conduite sportive. De nuit, en agglomération. Motocycliste décédé.
Un véhicule (*) est heurté perpendiculairement en intersection par un conducteur ayant franchi le feu au rouge.	1	De nuit en agglo. Aucune info
Un conducteur (*) franchit une intersection alors que le feu passe au rouge, il heurte un deux roues qui circule perpendiculairement.	1	Prise de risque du conducteur. Visibilité réduite à cause de travaux ? Début de feu rouge, de nuit, en agglomération.
Un véhicule (*) est heurté par un autre qui franchit une intersection réglementée par un cédez le passage, mais ne laisse pas la priorité.	1	Le conducteur ne sait pas s'il a eu le temps de freiner, le véhicule adverse était masqué par un platane, sa conductrice est décédée et semble avoir tourné la tête à droite et à gauche, mais n'a pas ralenti pour traverser l'intersection. Hors agglomération.
Un scooter (*) est heurté par un véhicule circulant perpendiculairement qui lui a refusé la priorité à droite.	1	Aucun des véhicules ne semble avoir freiné, ou réagit. Mauvaise perception du scooter par le véhicule, choc à environ 40km/h. En agglomération de nuit avec éclairage public.
Le conducteur (*) se trouve confronté à un véhicule venant perpendiculairement et qui lui refuse la priorité à droite.	1	Le conducteur donne un coup de volant pour éviter le véhicule qu'il va heurter et termine sa course dans un véhicule en stationnement. Les deux véhicules arrivent rapidement. En agglomération et fin de journée.
Un véhicule (*) est heurté par un autre qui franchit une	1	Le conducteur dit avoir ralenti. Il ne perçoit pas la voiture arrivant sur l'axe prioritaire et se fait heurter à l'arrière, il ne connaissait pas la route

intersection par une voie prioritaire.		et une haie masque la visibilité. Carrefour reconnu dangereux par le conducteur adverse. Hors agglomération de nuit.
Le conducteur (*) heurte un autre véhicule lui ayant refusé la priorité à droite.	1	Pas d'information sur les manœuvres. Le conducteur est jeune. En agglomération de nuit.

Les accidents en intersection sont les plus fréquents et constituent plus du tiers de notre échantillon. Ils concernent même les deux tiers des accidents impliquant des femmes de moins de trente ans et la moitié des hommes de moins de 30 ans. Dans 13 accidents, un cyclo, une moto ou un cycle sont impliqués. Parmi les quatre accidents mortels, trois impliquaient un deux-roues. Deux cyclistes sont tués, l'un alors qu'il circule dans une bande cyclable et qu'un PL tourne à droite devant lui, l'autre alors qu'il a franchi un feu au rouge. Dans tous les cas d'accident contre un deux-roues, le conducteur adverse n'en perçoit pas l'arrivée ou sous-estime sa vitesse (parfois rapide) que ce soit en TAD, TAG ou en traversée d'intersection et dans deux cas lors d'un demi-tour sur une voie importante.

À l'origine des accidents en intersection, on peut noter deux principaux types de dysfonctionnement de la part de conducteurs sous faible alcoolisation : la non perception ou perception tardive du véhicule adverse, et la mauvaise évaluation de la situation, distance ou temps pour réaliser une manœuvre de traversée ou de dépassement.

Les accidents en pertes de contrôle du véhicule

Tableau 13 : Description des accidents en pertes de contrôle (n=12). Un accident en phase montante du niveau d'alcoolémie est surligné en jaune

Description de la situation à laquelle le conducteur faiblement alcoolisé (*) est confronté	N	Manœuvre effectuée par l'utilisateur faiblement alcoolisé, et détails de l'accident
Un cycliste (*) perd le contrôle suite à un malaise.	2	Chute au sol contre véhicule en stationnement. Malade du cœur, malaise cardiaque. Essai du vélo ou jour de canicule. En agglomération.
Un conducteur (*) perd le contrôle suite à l'évitement d'un chevreuil qui traverse la route.	1	Fin de soirée Route mouillée, virage. Faible expérience de conduite. Hors agglomération.
Un conducteur (*) perd le contrôle en intersection et heurte un obstacle fixe.	2	Aucune manœuvre d'évitement. Au petit matin, fatigue. En agglomération et tourne à droite.
Une moto (*) effectue le dépassement d'un poids lourd en début de rond-point et perd le contrôle de son engin contre l'îlot.	1	En rabattement pour éviter l'îlot d'entrée de rond-point. Conducteur en invalidité, sous médicaments. Hors agglomération.
Perte de contrôle (*) en bretelle de sortie d'autoroute contre un obstacle fixe.	1	Manœuvre de sortie d'autoroute tardive. Bloque les roues au freinage et heurte le muret de protection de la bretelle de sortie. Vitesse excessive, faible expérience de la conduite. Hors agglomération.
Le conducteur d'un scooter (*) perd le contrôle en ligne droite et heurte un obstacle fixe.	1	Roule trop à droite heurte le trottoir, termine contre un arbre. Positif aux stupéfiants, vitesse excessive sur voie de bus, en agglomération.
Le conducteur (*) perd le contrôle en ligne droite, choc contre obstacle fixe.	1	Le conducteur d'un taxi effectue une manœuvre pour éviter un scooter et heurte un îlot central délimitant une voie de bus. En agglomération.
Le conducteur (*) perd le contrôle d'un véhicule autolib sortant du stationnement.	1	Il démarre en trombe et heurte un mur sans effectuer de manœuvre d'évitement. Accélérateur bloqué ? Habitue de la conduite d'autolib. En agglomération.
Un cyclomoteur (*) perd le contrôle après un passage sur une zone de réfection de chaussée.	1	La zone de réfection de chaussée est de 10 cm de profondeur, elle n'est pas balisée. Pas d'anticipation de la part du conducteur. En agglomération.

Le conducteur (*) percute un véhicule qui perd le contrôle suite à un malaise ou un assoupissement.	1	Aucune manœuvre d'évitement par le conducteur qui se contente de klaxonner. Le conducteur qui a perdu le contrôle a pris des médicaments somnifères. En agglomération.
---	---	---

Sur les 12 accidents de perte de contrôle, deux sont liés à des malaises du conducteur et trois autres mettent en cause la prise de médicaments ayant entraîné, avec l'alcool, un assoupissement ou une manœuvre inappropriée à l'approche d'une difficulté. On trouve également l'association de la fatigue due à la conduite de nuit ou la faible expérience de la conduite et la consommation d'alcool qui entrainera dans quatre cas une perte de contrôle en intersection ou en courbe. La vitesse excessive manifeste intervient dans trois accidents, dont un avec consommation de stupéfiant.

Les accidents en collisions frontales

Les collisions frontales sont sans conteste les accidents aux conséquences les plus graves. On dénombre cinq tués sur les neuf accidents de l'échantillon.

Tableau 14 : Description des accidents en collision frontale (n=9). Les accidents en phase montante du niveau d'alcoolémie sont surlignés (deux accidents de même nature)

Description de la situation à laquelle le conducteur faiblement alcoolisé (*) est confronté	N	Manœuvre effectuée par l'utilisateur faiblement alcoolisé, et détails de l'accident
Dans un virage et sans raison apparente, le conducteur (*) se déporte sur la voie opposée, il percute le véhicule arrivant en sens contraire.	3	Forte alcoolisation du conducteur la veille. Faible expérience de la conduite, fatigue, véhicule d'emprunt, voie étroite. Aucune manœuvre d'évitement possible pour les véhicules arrivant en sens contraire (poids lourd ou moto).
Le conducteur (*) se déporte sur la voie opposée dans un virage, il percute un autre véhicule arrivant en sens contraire.	2	Euphorie, prise de risque et musique à fond du conducteur faiblement alcoolisé. Aucune manœuvre d'évitement possible pour le véhicule adverse.
Le conducteur (*) se déporte sur la voie opposée dans un virage en sortie de carrefour.	1	Le conducteur est anglais, il a l'habitude de la conduite sur voie de gauche ce qui provoque une confusion en sortie de carrefour et une position du mauvais côté. Il est de plus sous l'emprise de stupéfiants. Le conducteur adverse est également en faible alcoolisation et n'effectue aucune manœuvre d'évitement. Accident Mortel.
Le conducteur (*) circule à contresens sur une voie d'autoroute et percute un véhicule arrivant en sens inverse.	1	Le véhicule percuté tente un évitement sur la gauche, mais sans succès. Accident Mortel
Le conducteur (*) est confronté à un véhicule qui se déporte sur sa voie en ligne droite sans raison apparente.	1	Aucune manœuvre d'évitement effectuée par le conducteur faiblement alcoolisé. Le conducteur du véhicule qui se déporte est très fortement alcoolisé (2.8 g/l) et sous antidépresseur. Accident doublement Mortel
Un conducteur de poids lourd (*) est confronté à un véhicule qui se déporte sur sa voie en ligne droite sans raison apparente.	1	Aucune manœuvre d'évitement possible pour poids lourd. Prise de médicament pour le véhicule adverse. Malaise ? Accident Mortel

Dans cinq cas, le véhicule se déporte dans un virage. Dans trois accidents, la fatigue et la faible expérience de la conduite semblent contribuer à un mauvais positionnement dans le virage. Une autre fois, la prise de risque du conducteur explique son déport sur la voie opposée. Pour le dernier cas, il s'agit d'un conducteur étranger avec conduite à droite qui semble avoir mal réagi en sortie de carrefour. On trouve ensuite trois collisions frontales en ligne droite, un contresens sur autoroute et deux déports sur l'axe opposé d'un véhicule adverse au conducteur fortement alcoolisé ou sous médicament ayant peut-être fait un malaise.

Les accidents de piétons

Les scénarios types des dix accidents impliquant des piétons de l'échantillon sont décrits ci-dessous.

Tableau 15 : Description des collisions contre piétons (n=10)

Description de la situation à laquelle le conducteur faiblement alcoolisé (*) est confronté	N	Manœuvre effectuée par l'usager faiblement alcoolisé, et détails de l'accident
Le conducteur (*) est surpris par un piéton traversant en courant ou traversant soudainement.	4	Le conducteur n'a généralement pas le temps d'effectuer une manœuvre d'urgence. Le piéton est initialement masqué, souvent par un véhicule stationné ou bien il sort d'un groupe. Masque à la visibilité.
Le conducteur (*) est arrêté à un feu et laisse passer un piéton devant lui. Le piéton est heurté par une moto qui dépasse le conducteur arrêté.	1	Pas de manœuvre d'évitement de la part du conducteur (non alcoolisé) de la moto qui n'a pas vu le piéton masqué par le véhicule arrêté. Le piéton traverse en début de vert pour les véhicules.
Le conducteur (*) heurte un piéton alcoolisé qui traverse une voie importante, de nuit et par temps de pluie.	1	Perception très tardive du piéton par le conducteur du véhicule. Le piéton et le conducteur sont alcoolisés.
Le conducteur (*) heurte un piéton qui traverse une infrastructure large ou rapide sur un passage piéton.	2	Détection trop tardive du piéton ou anticipation erronée de la part du conducteur (ici un véhicule et une moto). Le conducteur effectue un freinage d'urgence. Le piéton pense que le véhicule va ralentir et qu'il aura le temps de traverser. La voie est large, la circulation rapide. Mauvaise estimation de la vitesse de la part du piéton. Un des piétons est alcoolisé.
Un conducteur (*) en marche arrière heurte un piéton non détecté.	2	Pas de manœuvre d'évitement par le conducteur qui n'a pas perçu le piéton (en sortie de parking). Le piéton ne comprend pas la manœuvre de marche arrière.

Seuls deux des piétons étaient alcoolisés, dans les huit autres cas il s'agit du conducteur. Sept accidents sur dix ont eu lieu le week-end et quatre de nuit. Le piéton a été heurté dans deux cas par une moto et une fois par un PL, dans les autres cas par un VL. Deux types de problèmes semblent dominer, les obstructions à la visibilité sur des piétons traversants et un déficit d'attente de la présence ou de la manœuvre de traversée du piéton par le conducteur.

Les accidents en collisions arrière

Le tableau suivant présente les caractéristiques des six accidents de l'échantillon survenus en collisions arrière.

Tableau 16 : Description des accidents en collisions arrière (n=6)

Description de la situation à laquelle le conducteur faiblement alcoolisé (*) est confronté	N	Manœuvre effectuée par l'usager faiblement alcoolisé, et détails de l'accident
Une moto (*) heurte l'arrière d'un véhicule qui ralentit à l'approche d'une intersection.	1	Pas d'évitement par le conducteur de la moto qui avait déjà tenté par deux fois de dépasser le véhicule. Trop près ? Distrayant par l'environnement, il ne voit pas le véhicule ralentir.
Un conducteur (*) heurte l'arrière d'un véhicule qui vient de s'insérer sur la voie devant lui.	1	Pas de freinage ou d'évitement qui est surpris par l'insertion du véhicule adverse dans sa voie. De nuit.
Un cyclo (*) heurte l'arrière d'un véhicule qui vient de s'arrêter en section courante pour déposer un passager.	1	Distraction, fatigue du cyclomotoriste qui est surpris par l'arrêt du véhicule. De nuit.
Un véhicule (*) est heurté par un cyclo alors qu'il effectue sa manœuvre pour rentrer dans son garage.	1	Le cyclo pense pouvoir passer entre le trottoir et la voiture avant que celui-ci ne fasse sa manœuvre. De nuit.
Collision arrière (*) en chaîne sur autoroute contre un premier véhicule roulant lentement.	1	Le conducteur ne fait pas de manœuvres d'urgence, car il est surpris par le différentiel de vitesse, il circule probablement vite. À noter que le premier véhicule roule lentement, car le conducteur est alcoolisé. Accident de nuit.
Un conducteur (*) heurte l'arrière d'un véhicule sur une voie rapide. Ce véhicule aurait perdu le contrôle et effectué un tête-à-queue à l'entrée d'un tunnel.	1	Le conducteur surpris par le tête-à-queue du véhicule le précédant n'a pas le temps de l'éviter. Le conducteur du véhicule qui a perdu le contrôle était fortement alcoolisé.

On dénombre six accidents en collision arrière dont cinq sont survenus de nuit. On peut distinguer les accidents survenus en agglomération qui font l'objet d'une distraction de la part du conducteur souvent un deux-roues qui ne perçoit pas le ralentissement ou l'arrêt du véhicule devant lui, des collisions sur autoroute ou voie rapide qui montrent des problèmes de différentiel de vitesse et de distance de sécurité, alors que le premier véhicule est fortement alcoolisé.

En résumé

L'analyse des accidents impliquant des conducteurs sous l'influence de faibles alcoolisations, nécessite de reconstituer leur taux présumé au moment de l'accident. Ce taux n'est qu'une approximation dont le calcul dépend des délais et donc de la nature de la mesure, mais dépend également d'une pharmacocinétique de l'éthanol propre à chacun. La qualité inégale des informations contenues dans les procès-verbaux sur les pratiques de consommation, rend aléatoire la possibilité de reconstituer un taux d'alcoolémie très précis. L'extrapolation d'une alcoolémie au moment de l'accident par l'application d'un facteur d'élimination constant paraît la meilleure solution (ici 0,10 g/l/h).

La détermination de l'influence d'une alcoolisation en phase montante ou descendante est, elle aussi, dépendante de la qualité des informations contenues dans les procès-verbaux d'accident. Un tiers des accidents de notre échantillon ne font pas l'objet d'un procès-verbal suffisamment détaillé pour permettre de connaître la nature et la temporalité de la consommation d'alcool de la part du conducteur faiblement alcoolisé. Pour les accidents restants, nous disposons des informations sur l'heure de la dernière consommation d'alcool. Si cette dernière a eu lieu moins d'une heure avant l'accident, on a considéré que le conducteur se trouvait en phase d'augmentation de son taux d'alcoolémie, sinon il était en phase de diminution de son taux d'alcoolémie.

Au final, peu d'impliqués sont présumés sous l'influence d'une alcoolisation à effet montant qui serait un effet stimulant. Sur 13 accidents initialement identifiés, seuls neuf ont été retenus après reconstitution du taux d'alcoolémie.

Les quatre accidents exclus présentaient, après extrapolation et analyse des données disponibles, une alcoolémie nettement supérieure au taux mesuré. Ceci est lié au fait que la recherche de l'alcoolémie

par prise de sang a induit des délais importants. Ces accidents survenus en collisions frontales et pertes de contrôle mettent en évidence des phénomènes de prises de risques liés à un fort effet stimulant de l'alcool (course poursuite, euphorie, vitesse élevée). Il s'agit exclusivement de conducteurs impliqués de sexe masculin dont l'âge est inférieur à 30 ans. Ces accidents ont eu lieu hors agglomération, tous présentent une gravité importante, et deux sont mortels.

Les neuf accidents pour lesquels une information sur la consommation d'alcool permet d'envisager qu'au moment de l'accident, un conducteur se trouvait être en phase montante de niveau d'alcoolémie impliquent trois conductrices de moins de 30 ans et six conducteurs dont trois avaient moins de 35 ans et trois plus de 55 ans. Ces accidents se sont produits principalement en intersection (six accidents sur neuf) et sont sujets à des infractions à la priorité. Ils semblent mettre en cause le conducteur qui surestime sa capacité à traverser le carrefour avant le véhicule adverse (mauvaise estimation de la vitesse d'une moto en approche, volonté de passer avant un vélo), mais on n'observe pas de prise de risque particulière ni de phénomène de stimulation lié à l'alcool. Deux autres accidents identifiés en phase montante ont eu lieu en section courante, l'un en perte de contrôle contre un animal et l'autre en perte de trajectoire en virage se terminant en collision frontale contre un véhicule circulant en sens inverse. Le dernier accident est une collision latérale survenue lors d'un changement de file avec un véhicule circulant dans le même sens de circulation sans effectuer de prise d'information. Seuls les accidents en perte de contrôle pour lesquels les taux d'alcoolémie du conducteur et de la conductrice sont d'ailleurs parmi les plus élevés (proche limite légale), peuvent être associés à une prise de risque due à une vitesse excessive.

En conclusion, un manque de données sur les faibles alcoolisations dans les PV

De nombreuses alcoolisations considérées légales à l'instant de la mesure étaient en réalité supérieure au moment de l'accident compte tenu des délais entre l'accident et la mesure. Dans notre échantillon non représentatif, plus de 40 % des faibles alcoolisations étaient ainsi probablement illégales au moment des faits. Afin de pouvoir évaluer exactement le taux d'alcoolémie, il est impératif de connaître précisément le type de filière de recherche mis en œuvre et les heures des différentes mesures, heure du dépistage par éthylotest, heure de la mesure par éthylomètre (1^{ère} et 2^e mesure), heure de la prise de sang. La connaissance de ces délais et la possibilité qu'elle offre de reconstituer un taux d'alcoolémie au moment de l'accident, probablement supérieur à celui mesuré (sauf phase montante), pose certainement un problème juridique qu'il faudrait envisager, mais permettrait d'affiner les chiffres de l'accidentalité routière avec alcool.

À des fins de recherche et compte tenu de la possibilité offerte par les éthylotests électroniques de connaître tous les taux d'alcoolémie lors des dépistages, ne serait-il pas envisageable de demander aux forces de l'ordre d'inscrire systématiquement les taux inférieurs au taux légal dans les BAAC ainsi que dans les procès-verbaux d'accidents ? Cette inscription n'aurait pas d'incidence légale sur le traitement de la responsabilité des impliqués, mais elle permettrait d'affiner les données sur la conduite avec alcool et son implication dans les accidents.

Dans le but d'une meilleure connaissance de la conduite sous l'influence de l'alcool, notamment pour les faibles valeurs de l'alcoolémie, il est aussi possible de reprendre une des préconisations du comité des experts de mai 2004 consistant à recueillir tous les niveaux d'alcoolisation même légal, lors des millions de contrôles d'alcoolémie effectués chaque année par les forces de l'ordre au bord de la route. Il s'agit d'une capacité d'enquête qui permettrait d'organiser un échantillon témoin qui, couplé alors au données du BAAC, permettrait de tenter une étude cas témoin inédite.

PARTIE 2. LES EDA

1. Présentation des Études Détaillées d'Accidents (EDA)

L'objectif des Études Détaillées des Accidents (EDA) est l'analyse des processus de dysfonctionnement du système routier et la détermination des causes et des conséquences des accidents, à partir de recueils de données sur la scène de leur survenue. Les EDA sont méthodologiquement parlant assimilables à de « l'accidentologie clinique ». Elles sont complémentaires des analyses statistiques et épidémiologiques. Les EDA reposent sur un recueil de données détaillées « en temps réel » effectué par deux enquêteurs qualifiés : un psychologue et un technicien. Les enquêteurs élaborent, à partir de l'ensemble des éléments recueillis et des échanges avec les chercheurs, un dossier d'analyse accident contenant plusieurs centaines d'informations articulées. Le dossier inclut une synthèse pluridisciplinaire de l'accident qui décrit, selon un protocole défini, son déroulement et explique sa survenue.

2. La démarche scientifique EDA

La démarche EDA se distingue de la démarche traditionnelle d'identification des facteurs accidentogènes en privilégiant l'approche systémique de la circulation routière dont les composants de base sont : l'utilisateur, l'environnement et le véhicule. L'analyse d'un accident repose alors sur l'étude des interactions entre ces composants du système dans l'objectif d'expliquer l'origine des dysfonctionnements ayant produit l'accident. Le recueil de données sur les lieux d'accident est organisé autour des trois éléments du système : Homme-Véhicule-Environnement (Figure 10).

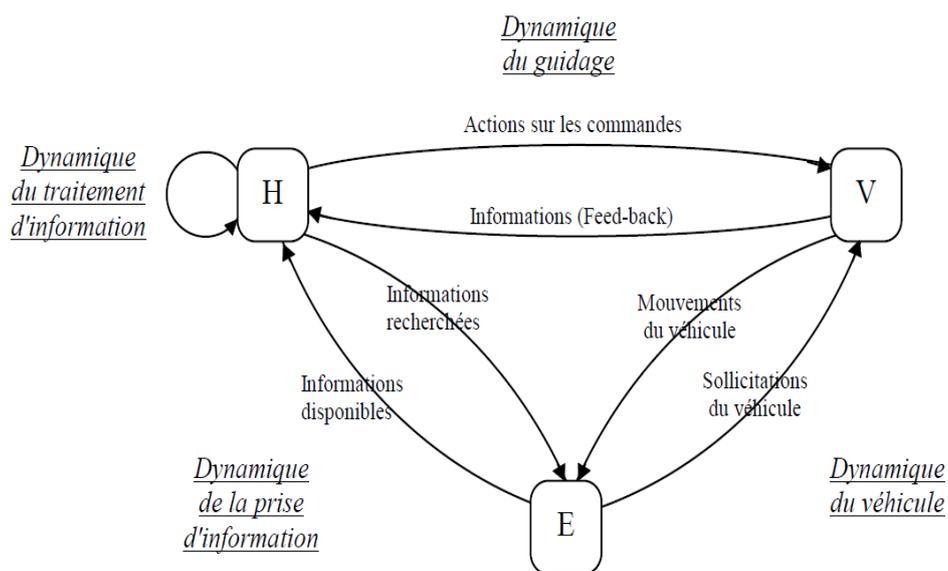


Figure 10 : Système élémentaire Homme-Véhicule-Environnement

Ce premier recueil de données se poursuit quelques jours après l'accident par une phase de recueil complémentaire. L'ensemble des données ainsi récoltées permettra la réalisation d'une analyse descriptive du mécanisme accidentel phase par phase (« l'analyse séquentielle de l'accident », Figure 11). Enfin, le plan et la reconstitution cinématique du déroulement de l'accident sont tracés dans un volume de temps et d'espace permettant in fine la validation du scénario de l'accident. Les bilans lésionnels des victimes sont également classifiés selon le codage AIS (*Abbreviated Injury Scale*) qui permettent la description et l'évaluation du degré de gravité des lésions traumatiques.

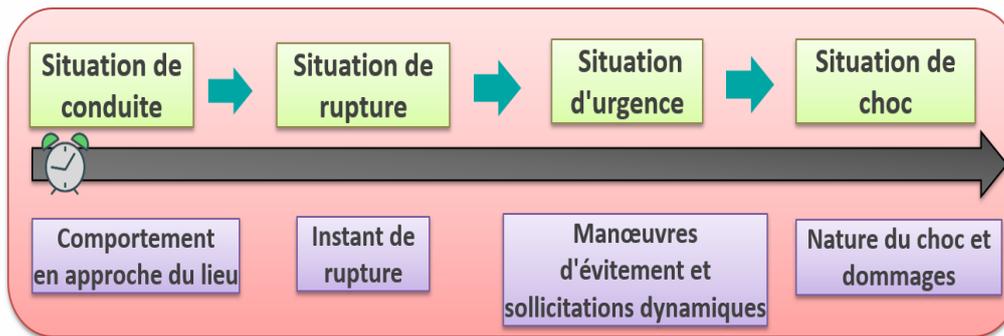


Figure 11 : Modèle d'analyse séquentielle de l'accident

Depuis 1992, le programme des Études des cas Détaillés d'Accident (EDA) a donné lieu au recueil de plus de 300 données codées et répertoriées par accident sur lequel l'équipe d'enquête est intervenue. Les données concernent le conducteur et le véhicule, l'infrastructure et l'environnement. Ces données sont saisies et sauvegardées dans une base de données informatique RESEDA (Réseau intranet pour l'Étude Détaillée d'Accidents).

En apportant le maximum de données relatives au triptyque « Conducteur-Véhicule-Environnement » les Études Détaillées d'Accident, s'attachent ainsi à considérer l'ensemble de ces données pour décrire le déroulement en phase du scénario accidentel et par-delà, extraire les facteurs de risque d'accident et en jauger leurs rôles dans la construction de l'accident.

Ainsi, concernant les facteurs à risque d'accident, les Études Détaillées d'Accident ont montré qu'il n'y a pas de structures homogènes qui pourraient automatiser la classification des facteurs accidentogènes et donneraient lieu à une catégorisation de chaque facteur en termes d'impact dans l'accident. Chaque accident est un événement spécifique et il y a pour ainsi dire autant de configurations d'accidents que d'éléments accidentogènes associés. Par exemple, pour certains accidents on identifiera une accumulation des facteurs qui mèneront à l'accident, alors que pour d'autres il s'agira plus de la combinaison de plusieurs facteurs accidentogènes. Plus rarement, ce pourra être la présence exclusive d'un seul facteur (exemple : pneu sous gonflé avec éclatement de celui-ci) qui se révélera être à l'origine de l'accident. Enfin, dans d'autres cas accidents, seront identifiés des facteurs de risque latents et totalement inoffensifs dans certaines configurations lorsque d'autres configurations rendraient ces mêmes facteurs d'une soudaine dangerosité, jouant un rôle pivot dans le déroulement de l'accident.

3. Les cas d'accident impliquant un conducteur alcoolisé extrait de la base de données RESEDA

Objectif : définition des caractéristiques principales des accidents répertoriés avec un taux inférieur ou égal à 0,5 g/l dans le sang des conducteurs et localisation qualitative, lorsque les données sont disponibles, du fait que ces accidents ont eu lieu pendant la phase montante (stimulante) ou descendante (sédative) de l'imprégnation alcoolique.

Après consultation de la base de données RESEDA, 96 cas d'accident impliquant un conducteur alcoolisé ont été répertoriés, soit 4,98 % de la totalité des conducteurs de la base (Tableau 17). Parmi ces 96 cas, 31 conducteurs ont un âge compris entre 22 ans et 30 ans. Cette classe d'âge représente ainsi un tiers des conducteurs alcoolisés impliqués dans un accident de la circulation dans la base de données RESEDA.

Tableau 17 : Nombre de conducteurs impliqués dans un accident de la circulation sous l'empire d'un état alcoolique exprimé en effectif et en pourcentage d'après la base de données RESEDA entre 1992 et 2019

Taux alcoolémie g/l sang	Tous les conducteurs « EDA »	
	effectifs	Pourcentage du total des conducteurs impliqués dans un accident de la circulation – cas EDA
0,01 g/l à 0,09 g/l	5	0,26 %
0,10 g/l à 0,19 g/l	4	0,21 %
0,20 g/l à 0,49 g/l	5	0,26 %
0,50 g/l à 0,79 g/l (taux contraventionnel)	12	0,62 %
0,80 g/l et plus (taux délictuel)	70	3,63 %
Total conducteurs alcoolisés	96	4,98 %
Total conducteurs répertoriés dans la base EDA	1926	100 %

Parmi ces accidents, quatre cas impliquent un conducteur âgé entre 22 ans et 30 ans, dont deux présentant un taux d'alcoolémie compris entre 0,20 g/l et 0,50 g/l et deux un taux d'alcoolémie inférieur à 0,10 g/l (voir Tableau 18, cases grisées). Ces quatre cas feront l'objet d'une présentation détaillée. Ils seront évoqués par la mention « cas d'accident cibles » puisqu'ils correspondent à la tranche d'âge examinée ensuite dans l'expérimentation sur simulateur.

Tableau 18 : Accidents cibles. Nombre de conducteurs âgés de 22 ans à 30 ans impliqués dans un accident de la circulation sous l'empire d'un état alcoolique exprimé en effectif et en pourcentage d'après la base de données RESEDA entre 1992 et 2019

Taux alcoolémie g/l sang	Conducteurs âgés de 22 ans à 30 ans	
	effectifs	Pourcentage du total des conducteurs alcoolisés
0,01 g/l à 0,09 g/l	2	2,08 %
0,10 g/l à 0,19 g/l	0	0 %
0,20 g/l à 0,49 g/l	2	2,08 %
0,50 g/l à 0,79 g/l (taux contraventionnel)	1	1,04 %
0,80 g/l et plus (taux délictuel)	26	27,08 %
Total conducteurs alcoolisés 22/30 ans	31	32,30 %
Total conducteurs alcoolisés	96	

4. Caractéristiques principales des accidents EDA répertoriés avec un taux inférieur ou égal à 0,5 g/l dans le sang

La présentation est faite en deux temps. Dans un premier temps, l'on présentera les quatre accidents cibles dont l'on trouvera en annexe la reconstitution cinématique et les photos qui ont complété l'analyse effectuée. Dans un second temps, l'analyse sera élargie aux dix autres accidents pour lesquels de faibles taux d'alcool ont été identifiés.

L'analyse des accidents cibles indique que les quatre conducteurs impliqués ont perdu le contrôle de leur véhicule. De nombreux facteurs potentiellement accidentogènes ont été identifiés. Il est important de rappeler qu'aucun de ces facteurs ne doit être examiné de manière indépendante et ne peut être la cause exclusive de l'accident (Tableau 19).

Tableau 19 : Récapitulatif des facteurs accidentogènes relevés lors de l'analyse des accidents cibles BIALCOL

Facteurs identifiés classés comme potentiellement accidentogènes et éléments aggravants en cas de choc Les quatre conducteurs ont perdu le contrôle de leur véhicule			
	CONDUCTEURS en perte de contrôle	VÉHICULES	ENVIRONNEMENT
Accident n° 1	<ul style="list-style-type: none"> - Fatigue (endormissement) - Conduite de nuit (4 h 00) - Non-port de la ceinture de sécurité - Circule depuis environ 25 min - Taux d'alcool par prise de sang : 0,01 g/l, 1 h 20 après l'accident - Contrainte horaire : RDV professionnel à 6 h 15 le matin de l'accident 	<ul style="list-style-type: none"> - Pneus sous gonflés (1 bar) - Aucun contraste de couleur entre le véhicule et l'environnement — <i>Absence d'airbags</i> <i>Aucune aide à la conduite (ABS, ESP, régulateur...)</i> 	<ul style="list-style-type: none"> - Nuit sans éclairage public (mais nuit de pleine lune) - Trafic faible - Trajet rectiligne : 2000 m de ligne droite (monotonie) - Accotement impraticable : alignement d'arbres à 90 cm de la chaussée
Accident n° 2	<ul style="list-style-type: none"> - Dette de sommeil le jour de l'accident (sage-femme travaillant alternativement de nuit et de jour) - Fatigue (>3 mois) - Tâche secondaire motrice : manipule l'autoradio - Taux d'alcoolémie par prise de sang : 0,05 g/l une heure après l'accident - Rythme de vie difficile depuis 3 mois (a changé 3 fois de lieu de travail, déménagement de domicile) 	Rien à signaler	<ul style="list-style-type: none"> - Accotement impraticable (roulage impossible) : fossé herbeux de 2,5 m de large
Accident n° 3	<ul style="list-style-type: none"> - Taux d'alcoolémie 0,15 mg/l à l'éthylomètre 10 min après l'accident - Prise de THC (2 cigarettes de cannabis avant et pendant la conduite) - Vitesse excessive (70 km/h au lieu de 50 km/h) - Distraction externe, faible attention accordée à la route : en discussion avec la passagère avant droit. 	<ul style="list-style-type: none"> - Deux montes de pneus différentes sur le train avant - Véhicule en mauvais état d'entretien - Défaut de la ceinture de sécurité du passager avant droit 	<ul style="list-style-type: none"> - Nuit avec éclairage public - Présence fortuite d'un animal errant sur la chaussée - Trafic faible - Marquage au sol dégradé à plus de 50 % signalant la présence de deux chicanes de part et d'autre de la chaussée - Accotements constitués de trottoirs difficilement praticables et présence d'arbres et de candélabres à droite - 2 candélabres ne sont pas alignés avec les précédents au niveau du lieu de l'accident + absence de marquage de rive → effet d'aspiration des usagers sur la droite donnant potentiellement des problèmes de placement sur la voie - Le marquage blanc encadrant la piste cyclable à droite peut-être perçue comme une ligne de rive placée après un trottoir difficilement perceptible de nuit - Présence d'un poteau électrique placé à 1,40 m d'un arbre lui-même implanté à 50 cm du bord de la chaussée

Accident n° 4	<ul style="list-style-type: none"> - Séance de sport (entraînement foot) de 2 h suivant sa journée de travail (fatigue physique) - Souhait interne d'écouter la durée du trajet - Vitesse non adaptée à l'infrastructure (vitesse réglementaire limitée à 90 km/h et vitesse du conducteur : 92 km/h) - Gêne physiologique : faim - Taux alcoolémie 0,2 mg/l, éthylomètre pratiqué 10 min après l'accident - Conduite de nuit 	<ul style="list-style-type: none"> - Pneus sous gonflés (1,6 bar) - CT non à jour 	<ul style="list-style-type: none"> - Nuit sans éclairage public - Trafic faible - Accotement impraticable (roulage impossible) : accotement herbeux et présence d'arbres - Chaussée étroite - Chaussée mouillée
----------------------	---	---	--

Si nous observons les données récoltées pour **l'accident n° 1**, dix facteurs de risques ont été identifiés ainsi que deux facteurs aggravants lors du choc (non-port de la ceinture de sécurité et alignement d'arbres à 90 cm de la chaussée). Pour autant, les facteurs combinés « conduite de nuit » et « monotonie du trajet » ont favorisé la survenue de l'endormissement et de l'accident. La prise de sang a révélé un taux d'alcool de 0,01 g/l, cependant aucune donnée n'a pu être recueillie auprès des proches de la famille de la victime concernant cette donnée. Ce taux excessivement faible et le manque d'information sur les activités du conducteur avant l'accident rend la variable alcool difficilement exploitable, notamment en ce qui concerne ses liens avec notre hypothèse concernant le rôle différentiel de l'alcool lorsqu'il est en phase montante ou descendante.

Le **deuxième accident** concerne une jeune femme qui circule le matin après une nuit de mauvaise qualité et dont le rythme de vie est irrégulier en raison de sa profession de personnel de santé. Le taux d'alcoolémie relevé par prise de sang une heure après sa prise en charge par les secours a montré un taux très faible de 0,05 g/l de sang. Aucune information concernant ce taux d'alcool n'a été évoquée durant l'entretien entre la conductrice et l'enquêtrice psychologue. À savoir, un simple traitement médical en automédication de classe ATC A13 (traitement d'appoint de l'asthénie fonctionnelle) contient de l'alcool.

→ Considérant le manque d'information sur ces deux conducteurs et leurs taux très faibles d'alcool (16 fois moins que le taux d'alcool légal), nous ne pouvons pas préciser si ces taux sont en phases montantes ou descendantes de manière précise, ni conclure que ces taux d'alcool aient eu un effet significatif dans la survenue de leur accident si ce n'est combiné à d'autres facteurs.

L'accident n° 3 dont a été victime un conducteur âgé de 25 ans présente un taux d'alcoolémie de 0,30 g/l sang (taux mesuré dix minutes après l'accident). Après vérification des déclarations du conducteur concernant sa consommation d'alcool et l'heure de cette consommation, l'analyse confirme qu'il était en phase descendante du taux d'alcool au moment de l'accident. Associé à cette prise d'alcool, il déclare avoir consommé deux cigarettes de cannabis, dont l'une durant la conduite. En tout, 15 facteurs de risque d'accident et de facteurs aggravants en cas de choc ont été observés. L'accumulation des facteurs « vitesse excessive + divers défauts d'aménagement + conduite de nuit », associés à la combinaison « alcool, cannabis et distraction », a défavorablement agi sur les capacités du conducteur à réagir convenablement lors de la survenue inopinée d'un animal sur la chaussée. Notons par ailleurs les effets bien connus d'une association d'alcool/cannabis ce dernier potentialisant les effets du premier.

Le dernier cas d'accident cible fait intervenir un homme de 24 ans présentant un taux d'alcool de 0,4 g/l de sang. Les déclarations du conducteur et les vérifications réalisées lors de l'analyse détaillée confirment que ce taux est en phase montante lors de l'accident, un tel taux peut avoir eu un effet sur la vitesse mal adaptée à la chaussée compte tenu des conditions du lieu difficiles (« chaussée étroite, mouillée, non éclairée et aux accotements dangereux »). Cependant, le conducteur explique cette prise de risque par l'inconfort physique qu'il ressent en raison d'un important besoin de satiété. Il est en effet à jeun depuis le repas du midi et sort d'une longue séance de sport. Associé à ces différents éléments accidentogènes, l'analyse permet de constater un défaut de pression des pneus qui sont sous gonflés. Ce paramètre a joué un rôle significatif dans la perte de contrôle du véhicule en franchissement du virage (situation de rupture), ce qui n'était pas le cas pour l'accident 1 (pneu sous gonflé à seulement un bar sans incidence sur la perte de contrôle du véhicule).

Les analyses montrent par ailleurs que dans ces quatre accidents les pertes de contrôles sont liées à : 1 endormissement, 1 distraction externe (manipulation commande autoradio), 1 distraction externe et présence d'un obstacle (discussion passagère et présence d'un animal), 1 vitesse non adaptée aux conditions d'infrastructure (bien que réglementaire).

En conclusion de ces quatre cas d'accident, il s'avère que le taux d'alcoolémie lorsqu'il est faible (soit entre 0,20 g/l et 0,49 g/l) s'associe défavorablement aux autres facteurs accidentogènes. Les taux d'alcool relevés ne permettent cependant pas de conclure que l'accident n'aurait pas eu lieu si les conducteurs n'avaient pas été alcoolisés. En effet, les facteurs déclenchants ces accidents ne sont pas à lier exclusivement à la prise d'alcool. Il est toutefois intéressant de constater que trois des quatre conducteurs de cet échantillon n'ont pas évoqué la relation entre la survenue de leur accident et leur consommation d'alcool (alcool et cannabis pour l'un d'entre eux) lors des entretiens individuels avec le psychologue. Ceci est probablement lié au fait d'une part qu'ils n'étaient pas en infraction et/ou d'autre part par l'absence de conscience que la prise d'alcool, quelle que soit sa quantité, puisse avoir un effet sur leur capacité de conduite.

Tableau 20 : Récapitulatif des facteurs accidentogènes relevés lors de l'analyse des 10 autres accidents avec faible taux d'alcool (tout âge concerné)

Facteurs identifiés classés comme potentiellement accidentogènes et éléments aggravants en cas de choc			
9 accidents sur 10 ont consisté en une perte de contrôle du véhicule			
	CONDUCTEURS dont 9 sont en perte de contrôle de véhicule	VÉHICULES	ENVIRONNEMENT
Accident n° 1	<ul style="list-style-type: none"> - Taux d'alcoolémie par prise de sang : 0,0 1g/l - Inexpérience de la conduite - Inexpérience du véhicule (véh. volé) - Vitesse excessive (150 km/h au lieu de 60 km/h) 	<ul style="list-style-type: none"> - Défaut du système de commande de pédale de frein (retard au freinage) 	<ul style="list-style-type: none"> - Nuit sans éclairage public - Trafic faible - Chaussée mouillée (pluie) - Revêtement à l'adhérence médiocre - Courbe serrée où le conducteur n'a pas de visibilité sur la totalité du tracé
Accident n° 2	<ul style="list-style-type: none"> - Taux d'alcoolémie par prise de sang : 0,01 g/l - Trajet familial - Faible attention accordée à la route 	<ul style="list-style-type: none"> - Feux de croisement enclenchés (au lieu des feux de route) 	<ul style="list-style-type: none"> - Nuit sans éclairage public
Accident n° 3	<ul style="list-style-type: none"> - Taux d'alcoolémie par prise de sang : 0,11 g/l 	<ul style="list-style-type: none"> - État général moyen 	<ul style="list-style-type: none"> - Travaux sur autoroute : véhicule de la société autoroutière stationné sur la voie pour indiquer un rétrécissement
Accident n° 4	<ul style="list-style-type: none"> - Taux d'alcoolémie par prise de sang : 0,11 g/l - Faible expérience de la conduite - Vitesse excessive (135 km/h pour 90 km/h) - Trajet familial - Fatigue 	<ul style="list-style-type: none"> RAS 	<ul style="list-style-type: none"> - Nuit sans éclairage public - Trafic faible - Accotement dangereux : passet de 2,5 m à 40 cm - Chaussée étroite : passe de 7 m à 5,8 m - Visibilité réduite dans le virage en raison de la végétation - Virage dangereux non signalé et non balisé - Rupture forte dans l'environnement de conduite de l'utilisateur
Accident n° 5	<ul style="list-style-type: none"> - Taux d'alcoolémie par prise de sang : 0,01 g/l - Faible expérience du véhicule - Faible expérience de la conduite - Vitesse non adaptée et/ou tâche annexe donnant lieu à une perte de contrôle 	<ul style="list-style-type: none"> - Pneus : différence de dimensions et de marque sur le train arrière => influence sur la stabilité et l'adhérence - Amortisseurs faibles à l'arrière => influence sur la trajectoire et le freinage 	<ul style="list-style-type: none"> - Accotements impraticables (alignements d'arbres à 80 cm de la chaussée) - Portion rectiligne 2000 m (monotonie)

Accident n°6	- Taux d'alcoolémie par prise de sang : 0,14 g/l - Non-port de la ceinture - Traitement médical longue durée (diabète)	RAS	RAS
Accident n°7	- Taux d'alcoolémie par éthylomètre : 0,16 mg/l air Le conducteur alcoolisé est au volant d'un fourgon + remorque et attend pour tourner à gauche. Une moto arrive trop vite, ne parvient pas à freiner, glisse et sa course contre le fourgon.	RAS --- <i>Grand fourgon + remorquage de matériel</i>	- Présence d'un camion masquant l'intervisibilité entre la moto et le fourgon - Effet coup de raquette : problème d'uniformité, il y a une vague en creux à grandes ondes, 20 m en entrée de virage ce qui a pour effet si l'utilisateur (moto) circule à plus de 110 km/h de déstabiliser le véhicule - Accotement impraticable
Accident n°8	- Taux d'alcoolémie par éthylomètre : 0,2 mg/l air - Dette de sommeil (n'a pas dormi durant les dernières 24 h) - Endormissement - Traitement médical longue durée (cancer) - Conduite de nuit depuis 45 min	- Défaut de pression pneu avant droit	- Nuit - Chaussée mouillée
Accident n°9	- Taux d'alcoolémie par prise de sang : 0,17 g/l - Non-port de la ceinture	RAS	- Pas de visibilité de l'axe secondaire masqué par un muret en béton du pont à droite de la chaussée
Accident n°10	- Taux d'alcoolémie par éthylomètre : 0,1 mg/l air - Fatigue physique (journée de travail manuel après trois semaines sans activité) - Roule avec le régulateur de conduite depuis 29 km - Trajet familial et monotone - Prise de médicament (Codéine) - Gêne physique (douleur au genou) - Endormissement	RAS	- Chaussée rectiligne (monotonie de la conduite)

L'étude de ces dix cas d'accident ne montre pas de caractéristiques particulières comparativement au groupe cible, neuf d'entre eux sont des pertes de contrôle du véhicule. L'âge du conducteur, de 22 à 30 ans dans le groupe cible et supérieur à 30 ans dans ce groupe de dix conducteurs, ne révèle pas de facteurs d'accident discriminants. Ainsi, tels que pour l'analyse des quatre premiers cas présentés, certains facteurs sont récurrents dans la survenue de l'accident (Tableau 20).

Un faible taux d'alcoolémie compris entre 0,1 g/l et 0,49 g/l associé à un sentiment de fatigue avant de conduire, une prise de médicament contre-indiqué avec la conduite de véhicule (exemple : Codéine), et la conduite sur un trajet familial favoriseraient la baisse de vigilance et l'endormissent tel que nous pouvons le démontrer pour l'accident n° 4, n° 8 et n° 10.

Les accidents analysés se produisent aléatoirement de jour comme de nuit, le facteur « conduite de nuit » n'a donc ici qu'un impact limité sur l'endormissement ou la baisse de vigilance du conducteur. Le facteur « vitesse excessive » se retrouve aussi bien dans le groupe « cible » que dans le groupe « tout venant » et ne concerne que trois cas d'accident sur 14 cas analysés sans que nous puissions affirmer avec certitude qu'il s'agissait d'un taux d'alcool en phase stimulante ou sédatrice (Tableau 21).

Tableau 21 : Synthèse, en pourcentage, des facteurs accidentogènes retrouvés dans les 14 cas d'accidents

CONDUCTEURS	%	VÉHICULE	%	INFRASTRUCTURE	%
Faible expérience du véhicule	7	RAS	36	RAS	7
Prise de produits psychoactifs / médicaments contre-indiqués	29	Dysfonctionnement (frein, pneus, amortisseurs, etc.)	64	Adhérence chaussée médiocre (pluie, revêtement)	29
Faible expérience de la conduite	21			Trafic faible	36
Endormissement	21			Nuit sans éclairage public	36
Trajet familial	21			Virage dangereux (signalé ou non)	14
Vitesse non adaptée	29			Travaux	7
Faible attention accordée à la route	36			Accotement dangereux	57
Gêne physiologique	36			Chaussée étroite	14
Conduite de nuit	43			Visibilité nulle ou réduite	29
Conduite de jour	57			Rupture environnement	14
				Longue portion rectiligne (monotonie ou incitant à la vitesse)	21
				Effet d'optique	21
				Marquage au sol dégradé	7
				Présence fortuite d'obstacles (animal, véhicule.)	21

En effet, pour estimer si les conducteurs étaient en phase ascendante ou descendante d'imprégnation alcoolique, seul un double test de dépistage, effectué par les forces de l'ordre, permet une évaluation exacte. Ces deux tests doivent être réalisés *a minima*, à 15 minutes d'intervalle. Dans le cas des 14 accidents présentés dans ce rapport, le deuxième test n'a jamais été réalisé. Il aurait toutefois été possible de faire une analyse déductive si nous avions disposé d'une partie des critères suivants : - sexe et poids du conducteur, - conducteur à jeun ou non, - quantité d'alcool ingérée et/ou le type d'alcool, - plage temporelle d'alcoolisation, - heure exacte de l'accident (ou à défaut l'heure à laquelle l'alerte au SDIS a été lancée), - heure du test de dépistage, - le taux d'alcoolémie.

Ainsi lorsque nous disposons des données : « poids du conducteur », « quantité d'alcool » et « plage temporelle » celles-ci sont accessibles d'après les seules déclarations des conducteurs. Elles peuvent être de ce fait, erronées (volontairement ou non), comme cela est le cas pour l'accident n° 8 et n° 10.

Le Tableau 22 récapitule les éléments manquants à l'estimation précise de la phase montante ou descendante des taux d'alcoolémie. Les deux dernières colonnes recensent le nombre de fois où il y a eu présence de médicaments dans l'anamnèse de l'accident et qui peut constituer un biais dans l'analyse de l'accident. En regard de données non disponibles dans les dossiers, nous n'avons donc pu obtenir que le taux d'alcoolémie au moment de l'accident et de ce fait, faire quelques hypothèses afin d'évaluer si l'imprégnation alcoolique était en phase montante ou descendante.

Tableau 22 : Récapitulatif des éléments disponibles et nécessaires pour le calcul des phases des taux d'alcoolémie

Accident	Heure accident	Heure alerte secours	Heure dépistage	Taux lors du test n° 1	Heure ou plage horaire d'alcoolisation	Quantité d'alcool ingérée	Sexe	Poids	À jeun	Médicament / produits psychoactifs contre-indiqué(s) avec la conduite de véhicule	Médicament contenant de l'alcool
Cas Cible 1	X	V	V	V	X	X	V	V	X	X	X
Cas Cible 2	X	V	V	V	X	X	V	X	X	X	X
Cas Cible 3	X	V	V	V	V	V*	V	V	V	V	X
Cas Cible 4	X	V	V	V	V	V*	V	V	V	X	X
1	X	V	V	V	X	X	V	X	X	X	X
2	X	V	X	V	X	X	V	X	X	X	X
3	X	V*	X	V	X	X	V	V	X	X	X
4	X	V	X	V	X	X	V	V	X	X	X
5	X	V	V	V	X	X	V	V	X	X	X
6	X	V	V	V	X	X	V	X	X	V	X
7	X	V	V	V*	X	X	V	X	X	X	X
8	X	V	V	V*	X	V*	V	V	X	V	X
9	X	V	V	V	X	X	V	V	X	X	X
10	X	V	X	V	V*	V*	V	V	X	V	X

X Information non disponible ou réponse négative

V Information disponible et réponse positive

* données présentant des incertitudes et/ou incohérence

En résumé, les EDA, bien que très riches en informations sur les facteurs et combinaisons de facteurs à l'origine des accidents ne permettent pas plus que les BAAC et les PV, de différencier significativement les processus en œuvre dans les accidents se produisant en phase montante ou descendante du niveau d'alcool.

PARTIE 3. APPROCHE EXPERIMENTALE

3.1. Contexte théorique

3.1.1 Effets biphasiques et conduite

La concentration de l'alcool dans le sang et dans l'air expiré évolue selon une courbe (Figure 12) présentant :

1. Une « phase ascendante » durant laquelle la quantité d'alcool augmente dans le sang. Cette phase est généralement plutôt courte.
2. Un « pic » ou un « plateau », qui correspond au moment où la valeur cible du taux d'alcool associé à la quantité d'alcool consommé est atteinte.
3. Une « phase descendante », durant laquelle la quantité d'alcool dans le sang diminue. Il s'agit de la phase la plus longue de l'évolution du taux d'alcool.

En fonction de ces phases, l'alcool peut produire des effets différents. Ainsi, bien que l'alcool soit un déprimeur, il est reconnu que la phase ascendante est associée à des effets plutôt stimulants tandis que la phase descendante est associée à des effets sédatifs (Hendler, Ramchandani, Gilman, & Hommer, 2011).

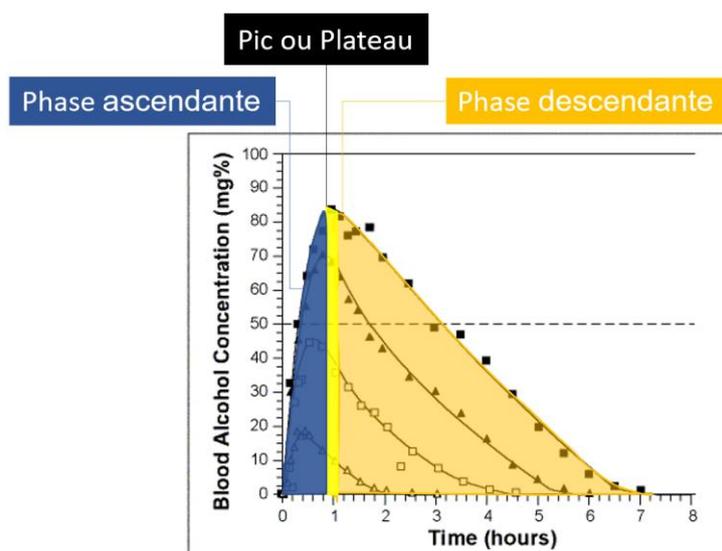


Figure 12 : Phases d'alcoolémie. Adapté du National Institute on Alcohol Abuse and Alcoholism (1997)

Les différences qui se produisent entre la phase ascendante et la phase descendante pour une même variable sont appelées « effets biphasiques » de l'alcool. Bien que certaines variables ne présentent pas de modifications entre la phase ascendante et la phase descendante, il est possible de trouver des différences entre les deux phases au niveau physiologique, neurologique et comportemental.

Un des éléments sur lesquels les effets de l'alcool varient d'une phase à l'autre est le sentiment d'intoxication. En effet, les effets de l'alcool sur ce sentiment diminuent lors de la phase descendante, tandis que l'auto-évaluation des capacités de conduite s'améliore (Chen, Zhang, Chen, Chen, Feng, 2016). Dans le contexte de conduite, la baisse du sentiment d'intoxication est associée à une plus grande disposition à prendre le volant lors de la phase descendante (Marczinski, Stamates, & Maloney).

Deux fonctions sont considérées comme d'une grande importance dans l'activité de conduite, il s'agit du contrôle inhibiteur et de la coordination motrice. Weafer & Fillmore (2012) expliquent qu'une dégradation du contrôle de l'inhibition s'exprime par une augmentation des comportements imprudents

tels que des excès de vitesse, des changements de voies excessifs, ou le non-respect des feux de signalisation. Tandis qu'une dégradation de la coordination motrice est plutôt associée à une dégradation de la précision des manœuvres du conducteur, et donc un plus grand nombre des embardées à l'intérieur de la voie ou des franchissements de la ligne médiane.

Ces deux fonctions ne sont pas affectées de la même manière par les effets biphasiques de l'alcool. Le contrôle inhibiteur ne varie pas d'une phase à l'autre, et reste dégradé par rapport à un individu non intoxiqué. À l'inverse, la coordination motrice présente une dégradation en phase ascendante et une récupération en phase descendante (Hendler, Ramchandi, Gilman, & Hommer, 2011 ; Miller & Fillmore, 2014). Il serait alors possible de faire l'hypothèse d'une meilleure performance en phase descendante, mais les résultats issus de la littérature tendent à indiquer le contraire (Marczinski & Fillmore, 2009). Une des premières études comparant les performances de conduite en fonction des phases d'alcoolémie indique plus de franchissement de la ligne médiane, d'incursion sur les bords de voie, et plus de déviations de position latérale dans la voie lors de la phase descendante. Dans cette étude, les effets biphasiques ne sont présents que chez les participants considérés comme ayant une consommation excessive de l'alcool. La phase ascendante présentait également un plus grand nombre de déviations de voie que pour les participants sous placebo.

Dans une autre étude, nous apprenons qu'il n'y a pas de différence entre la phase ascendante et la phase descendante, notamment pour la déviation standard de position latérale (SDLP) et les dépassements de la ligne médiane (Weafer & Fillmore, 2012). Cette étude montre cependant que les performances de conduite s'expliquent différemment en fonction de la phase. La dégradation de la performance en phase ascendante s'expliquerait en partie par la dégradation de la coordination motrice, ce qui n'est pas le cas pour la dégradation de performance en phase descendante.

Enfin, Starkey & Charlton (2014) dans une étude sur les effets biphasiques trouvent que certains indicateurs de la performance de conduite ne montrent pas de changement entre la phase ascendante et la phase descendante. Il s'agit de la vitesse maximale, du nombre d'entrées dans la bande d'arrêt d'urgence, le temps passé sur la ligne du bord de route, la SDLP, le nombre de réponses aux véhicules dans des situations de fausses alarmes et enfin le nombre de non-respects des règles. À l'inverse, un certain nombre de variables ont montré de plus fortes dégradations dans la phase descendante : le temps passé au-dessus de 100 km/h, le temps passé au-delà de la ligne médiane et le nombre de franchissements de la ligne médiane.

Les résultats des rares études qui ont étudié l'influence des phases montantes et descendantes du niveau d'alcool dans le sang ne sont ainsi pas toujours homogènes.

3.1.2 Monotonie et conduite

La monotonie peut être causée par la conduite dans un environnement familier ou monotone, c'est une source de fatigue appelée fatigue passive qui s'explique en partie par l'effort qu'il est nécessaire de fournir pour rester attentif.

La monotonie, avec l'ennui, est également une source potentielle de désengagement par rapport à la tâche de conduite. Elle peut donner lieu à du vagabondage de l'esprit, vers des pensées n'ayant aucun lien avec la tâche de conduite en cours (aussi appelé TUT, pour « Task Unrelated Thoughts »). En déviant les ressources attentionnelles, le vagabondage de l'esprit peut être à l'origine de pertes d'attention qui se traduisent par des temps de réaction plus longs (Korber, Cingel, Zimmermann, Bengler, 2015).

La conduite sur autoroute peut s'apparenter à une situation monotone, qui avec la durée de la tâche (dit TOT pour « Time On Task ») peut provoquer une augmentation de la sensation d'endormissement, du temps de réaction et une détérioration de la performance, notamment au niveau du SDLP.

Les accidents provoqués par la perte de vigilance sont généralement en relation avec l'incapacité à réguler la trajectoire, et à assurer le guidage du véhicule dans sa voie de circulation.

En matière d'indicateur de performance, cela devrait se traduire par une augmentation de déviations latérales sur la chaussée corrélée à la baisse de vigilance, mais également la possibilité de sortie de voie (Berthelon, Galy, Paxion & Ferrier, 2016).

3.2. Problématique

Les études comparant la phase ascendante et la phase descendante dans les situations de conduite sont rares. Une revue systématique (Irwin, Iudakhina, Desbrow, McCartney, 2017) sur les effets de l'alcool en conduite simulée ne reporte ainsi que deux études réalisant une véritable comparaison des deux phases. Notre recherche intégrant l'Anglais, le Français et l'Espagnol a permis d'identifier seulement trois articles dont les études prenaient réellement en compte les deux phases. Il s'agit donc d'un sujet important, mais peu étudié.

Dans ce contexte, l'objectif de cette étude est donc d'apporter de nouvelles connaissances sur les effets biphasiques de l'alcool en situation de conduite. Il s'agit de mieux comprendre comment les états subjectifs, objectifs et la performance des individus varient entre la phase descendante et la phase ascendante et de les comparer à ceux d'individus n'ayant pas ingéré d'alcool (groupe placebo).

Les hypothèses principales posées ici, en lien avec les données issues de la littérature sont que :

- les personnes qui sont sous l'effet d'alcool auront une performance de conduite dégradée par rapport aux personnes non alcoolisées ;
- parmi les personnes alcoolisées, celles en phase descendante auront une performance plus dégradée que celles en phase ascendante.

Le protocole expérimental utilisé pour l'expérimentation « alcool sur simulateur de conduite » a reçu des avis favorables du comité éthique interne de l'Université Gustave Eiffel (4 septembre 2019), du comité de protection des personnes (CPP île-de-France, 3 décembre 2019) et de l'Agence Nationale de Sécurité des Médicaments et des produits de santé (ANSM, 5 novembre 2019).

3.3. Les participants

Les personnes majeures participant à cette expérimentation sont recrutées au moyen d'annonces. Avant leur inclusion, les candidats passaient un entretien téléphonique avec un membre de l'équipe (voir critères d'inclusion en annexe 4). Le but de cet entretien était de leur expliquer les motivations de l'étude, de vérifier leur état de santé, leur consommation de produits pouvant interagir avec l'alcool et leur rapport au mal du simulateur. Une fois la vérification des différents critères réalisée, les personnes volontaires recevaient les formulaires A- informations données aux personnes et modalités de délivrance de cette information (annexe 7) et B- consentement éclairé (annexe 6) qu'elle devait rendre signés le jour du rendez-vous pris pour participer à l'expérience.

Les participants recevaient également un certain nombre de consignes telles que ne pas consommer de l'alcool ou de caféine la veille de leur participation à l'expérience et de prendre un petit déjeuner léger le jour de l'expérience.

Soixante personnes âgées de 22 à 30 ans ($M = 25.26$, $SD = 2.35$) avec au moins trois ans de permis ($M = 6.5$, $SD = 2.319$) ont été sélectionnées et réparties en trois groupes appariés sexe et âge :

- Un groupe avec ingestion d'une boisson non alcoolisée immédiatement suivie de la conduite du simulateur (jus d'orange, 0,5 l) ;
- Un groupe avec ingestion d'une boisson alcoolisée immédiatement suivie de la conduite du simulateur (phase ascendante, stimulante, de l'alcool). La boisson est composée de jus d'orange (0,5 l) et de vodka pour atteindre un taux de 0,5 g/l ;
- Un groupe avec ingestion d'une boisson alcoolisée et attente du pic de 0,5 g/l (0,5 l) avant la conduite du simulateur (phase descendante, sédative, de l'alcool) (0,5 l de jus d'orange et alcool).

Chaque participant était inclus dans une seule session expérimentale qui se déroule toujours en matinée. L'expérience commence au plus tôt à 9 h 30, et se termine au plus tard à 13 h 30. Elle a une durée de 2 heures pour les groupes placebos et phase ascendante, et de 3 heures pour les groupes phase descendante.

Le participant recevait une gratification de 70 € pour sa participation à l'expérimentation.

3.4. Outils et variables d'intérêt

Pour tous les participants, la tâche de conduite dure 45 minutes dans un environnement autoroutier monotone. Comme dans les études antérieures effectuées par l'équipe projet, il est demandé aux participants de maintenir une position stable sur la voie de droite et de garder une vitesse constante de 110 km/h. Les données comportementales et physiologiques sont enregistrées pendant toute la durée de l'expérimentation. Les participants complètent également des questionnaires. Trois types de variables sont donc mesurées : subjectives, objectives comportementales et objectives physiologiques.

3.4.1 Les données subjectives

Les données subjectives, recueillies par questionnaires, vont permettre de capter le ressenti des participants et de pouvoir les comparer en fonction des groupes.

L'échelle de Thayer (ou AD ACL, pour *Activation-Deactivation Adjective Check List*, Thayer, 1986), complétée avant et après les sessions de conduite va permettre d'estimer les niveaux subjectifs de vigilance et de tension. Il s'agit d'un questionnaire auto reporté dans lequel le participant indique pour 20 différents adjectifs, à quel point ils correspondent à son niveau ressenti.

Le NASA-TLX (Hart & Staveland, 1988), dans une version adaptée à l'expérimentation, est complétée après la session de conduite. Il permet d'estimer le niveau subjectif de charge de travail.

3.4.2 Les données objectives de conduite

Le Laboratoire Mécanismes d'Accidents dispose d'un simulateur de conduite à base fixe ayant la particularité d'être un véhicule complet. L'intérêt d'un tel type de simulateur est de proposer aux participants un espace conducteur complet (tableau de bord, pédalier, volant et commandes principales). Nombre de ses organes sont équipés de capteurs, ce qui permet un enregistrement de données de conduite. L'image de la scène routière est projetée à l'avant sur trois écrans, un écran central situé face au conducteur et deux écrans latéraux orientés à 50° (placés à 1,93 m de l'œil du conducteur), soit un champ visuel de 150° en horizontal et 40° en vertical, chaque écran à une résolution de 1280*1024 pixels (Figure 13).



Figure 13 : Environnement de conduite du simulateur

Le réalisme de l'environnement est renforcé par la présence de rétroviseurs qui permettent aux participants d'avoir une vision complète de l'environnement. Enfin, un son en quadraphonie est diffusé

dans la cabine : bruits internes au véhicule (moteur, roulement, démarreur) et bruits externes spatialisés du trafic.

Le simulateur est composé d'un module graphique SIM2 permettant la visualisation en temps réel des scènes visuelles et des scénarii routiers. La gestion du trafic routier se fait par un logiciel nommé Archisim. Le lieu d'expérimentation dans lequel est placé le simulateur est agréé par l'agence régionale de santé de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur et permet d'effectuer des recherches biomédicales. La fréquence d'acquisition des différents signaux (position, vitesse, accélération...) est de 30 Hz environ.

Les données comportementales retenant notre intérêt concernent la vitesse pratiquée et sa variation ainsi que la variation de position latérale sur la chaussée. Ces variables permettent d'estimer les capacités à gérer les variables longitudinales et transversales de la trajectoire (vitesse et position sur la voie de circulation) et sont classiquement mesurées pour l'étude des effets de l'alcool et des médicaments en situation de conduite monotone.

3.4.3 Les données physiologiques

En complément des données subjectives et comportementales, des données physiologiques sont enregistrées durant les sessions de conduite. Elles permettent d'avoir une approche temporelle objective de l'état de participants.

Des lunettes Eye-tracker, de la marque Pupil Labs Core (Figure 14), sont utilisées pour un suivi de l'activité oculaire. Pour cette étude, cette activité concerne principalement les variations du diamètre de la pupille.



Figure 14 : Lunettes eye-tracker Pupil Labs Core. © Pupil labs

Ces lunettes offrent une possibilité d'enregistrement binoculaire. Elles sont équipées de trois caméras : une caméra frontale qui permet de filmer l'environnement (1920*1080 pixels, 100° champ de vision ultra-angle [fisheye], 60 Hz fréquence d'échantillonnage sur un sous-ensemble de 1280*720 pixels), et deux caméras permettant d'enregistrer les yeux des participants (1920*1080 pixels, 120 Hz fréquence d'échantillonnage sur un sous-ensemble de 320*280 pixels).

Les autres données physiologiques sont enregistrées par un dispositif Biopac (MP160WSW). Il s'agit d'un dispositif sans fil permettant l'enregistrement de l'électro-encéphalographie (EEG), de la fréquence cardiaque (ECG) et de la réponse électrodermale (EDA).

L'EEG est relevé par un bonnet BN-EEGCAP-SYS. Les électrodes sont prépositionnées sous le format international 10/20. Deux électrodes du scalp sont enregistrées avec une fréquence de 2000 Hz grâce au transmetteur BN-EEG2-T, avec une limitation de bande de 0,1 Hz à 100 Hz. Les électrodes enregistrées étaient F3 et O1, tandis que l'électrode de référence était placée sur A1 (sur l'oreille ; Figure 15).

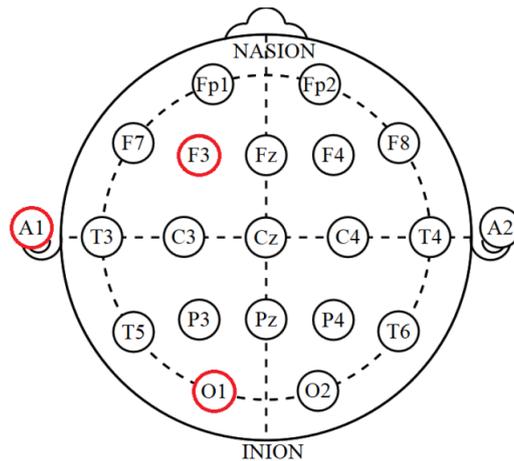


Figure 15 : Position des électrodes sur le bonnet. Issue de Paxion, 2014

Du gel était introduit à la surface de chaque électrode d'intérêt pour faciliter le contact.

L'appareil utilisé pour mesurer l'activité électrodermale (EDA) est le BN-EDA25-LEAD2. Cet appareil permet d'enregistrer des changements de conductance électrique à partir des sécrétions issues des glandes sudoripares. Les données sont enregistrées à une fréquence de 2000 Hz grâce au dispositif BN-PPGED-T, avec une bande limitée de 0 à 10 Hz. Deux électrodes jetables EL507 sont placées sur l'annulaire et le majeur de la main gauche.

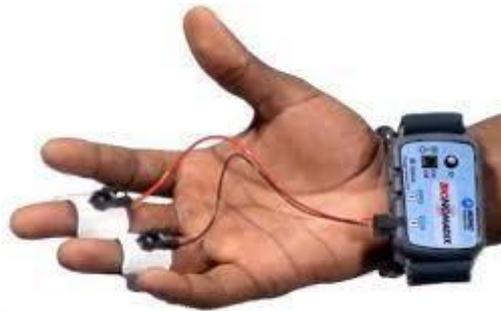


Figure 16 : Capteur digital d'activité électrodermale

L'enregistrement cardiaque (ECG) était réalisé par le modèle BN-ECG2 qui est associé au transmetteur BN-ECG2-T. L'appareil permet un enregistrement à une fréquence de 2000 Hz, avec une bande limite de 0,05 Hz à 150 Hz. Il est utilisé avec trois électrodes jetables EL503 positionnées sur les points 1, 2, 4 (Figure 17).

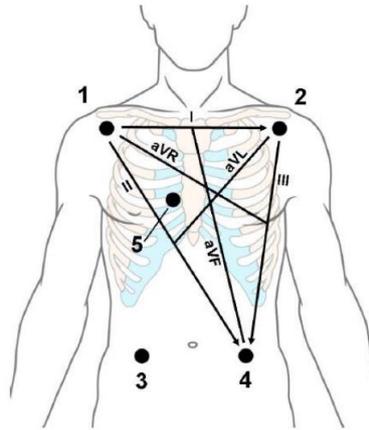


Figure 17 : Emplacement des électrodes pour l'ECG.

Afin de faciliter la synchronisation des données physiologiques, un programme a été créé permettant de lancer l'enregistrement des données physiologiques à distance, et de commander simultanément les systèmes BIOPAC et eye-tracker.

Enfin, l'éthylotest utilisé pour cette étude est un modèle électronique Alco -sensor FST.

3.5. Protocole expérimental

L'expérimentation débute toujours le matin, à 9 h 30 au plus tôt et prends fin à 13 h 30 au plus tard. Chaque participant passe par un protocole d'expérimentation dont la durée minimale se situe entre 2 heures et 3 heures en fonction du groupe dans lequel il est inclus. La Figure 18 offre une description du protocole.

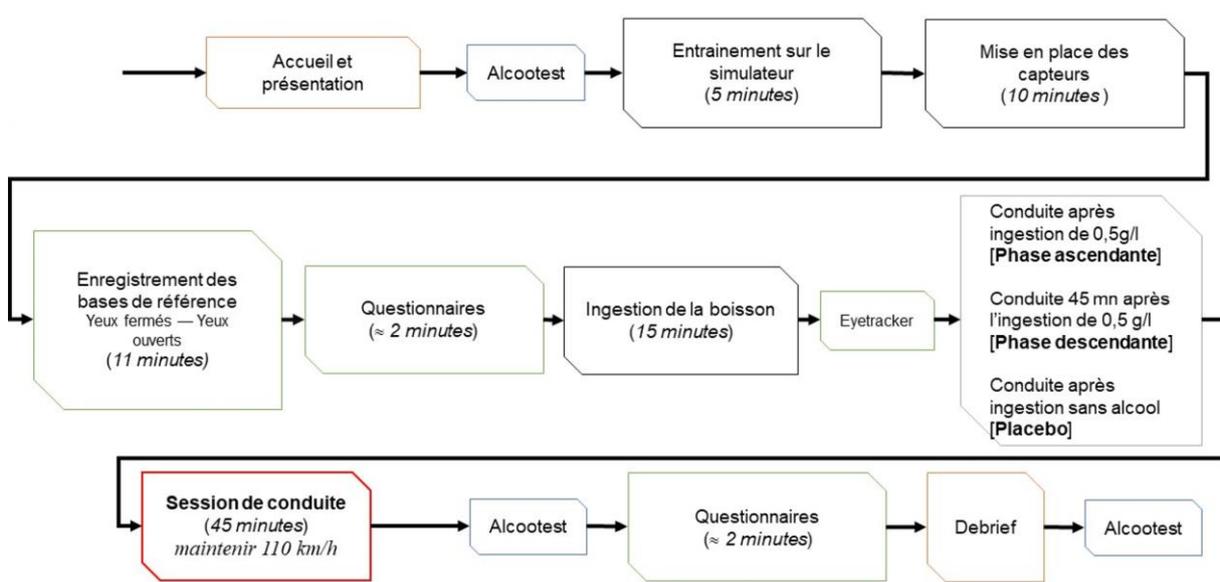


Figure 18 : Protocole de l'étude

Accueil et présentation : à leur arrivée sur le lieu de l'expérimentation, les participants ont déjà eu la possibilité d'échanger avec un membre de l'équipe. Il s'agit donc ici de leur présenter l'équipe en charge de l'expérimentation, de leur fournir et de leur faire signer une fiche d'information et deux formulaires de consentement éclairé. Les étapes préliminaires de l'expérimentation débutent après la signature des formulaires de consentement.

Alcootest : Le premier alcootest a pour but de vérifier que les participants arrivent sur le lieu d'expérimentation avec un taux d'alcool de 0 g/l. Si cela n'est pas le cas, l'expérimentation est éventuellement remise à une date ultérieure.

Entraînement sur le simulateur : L'entraînement sur le simulateur, d'une durée de cinq minutes, a deux buts principaux :

- Permettre au participant une prise en main du simulateur de conduite ou une phase d'accoutumance.
- Vérifier que le participant ne souffre pas du mal du simulateur.

Lorsque le participant indique un malaise correspondant au mal du simulateur, l'expérimentation prend fin. Il est expliqué au participant que la session expérimentale de conduite sera de 45 minutes et qu'il sera alors nécessaire de maintenir une vitesse de 110 km/h.

Mise en place des capteurs : Le participant est équipé de nombreux outils de mesures nécessitant pour certains une calibration. Il doit s'équiper de l'ECG, avec la possibilité d'être aidé, à sa demande, par l'expérimentateur. Ensuite, l'expérimentateur équipe le participant du bonnet EEG et du capteur EDA. Dans cette étape, les participants ne sont pas encore équipés de l'eye-tracker, celui-ci nécessitant d'être connecté à un ordinateur présent dans le simulateur.

Enregistrement des bases de références : Cette étape permet d'enregistrer les données au repos qui serviront de base de référence en comparaison aux données obtenues durant la tâche de conduite.

Questionnaire : En complément aux données physiologiques au repos, les participants complètent l'échelle de Thayer, pour connaître leur état subjectif au repos.

Ingestion de la boisson : La boisson est présentée au participant informé qu'elle doit être ingérée dans un intervalle de temps de 15 minutes. Il lui est expliqué qu'une consommation trop rapide aurait un effet sur le taux d'alcool.

La quantité d'alcool est calculée à l'aide des formules suivantes (Tiplady et al., 2005) :

- $[3,82 - (0,143 \times \mathbf{A}) + (0,168 \times \mathbf{H}) + (0,525 \times \mathbf{W})] \times \mathbf{T}/100$, pour les hommes
- $-3,67 + (0,187 \times \mathbf{H}) + (0,432 \times \mathbf{W})] \times \mathbf{T}/100$, pour les femmes

Pour ces deux formules, **A** correspond à l'âge, **H** à la taille, **W** au poids et **T** au taux d'alcool cible.

Enfin, la quantité de grammes d'alcool obtenue « **G** », par l'une de ces formules, est transformée en cl d'alcool grâce à la formule « $\mathbf{G} \times 3 / 10$ ».

Eye-tracker : Le début de cette étape varie en fonction du groupe dont fait partie le participant. Pour les participants en phase ascendante et en groupe placebo. Le port et la calibration de l'eye-tracker débute juste après ingestion. Pour les participants du groupe phase descendante, une période d'attente de 45 minutes est nécessaire avant la calibration des lunettes.

Pour déterminer le début de la phase descendante, deux approches sont possibles : une approche idéographique dans laquelle l'étude s'adapte à chaque participant ou une approche standardisée dans laquelle le début de la phase descendante est déterminé par une donnée standard. Ici, le temps standard de 45 minutes a été choisi suite à un prétest et en adéquation avec la littérature (Heishman, Stizer, & Bigelow, 1988).

Session de conduite : Lorsque le participant est entièrement équipé, il lui est rappelé que la tâche de conduite est d'une durée de 45 minutes, qu'il doit maintenir une vitesse constante de 110 km/h et respecter le Code de la route. Durant la session de conduite, le participant est séparé des expérimentateurs par des rideaux épais et le bruit simulé du véhicule. Il lui est donc expliqué que l'expérimentateur ne peut intervenir qu'en cas de problème.

Alcootest : Après la conduite, une seconde mesure du taux d'alcool a pour but de vérifier une baisse ou une augmentation par rapport au taux mesuré avant la conduite. Pour les participants en phase descendante il s'agit de s'assurer qu'il y a bien une baisse de l'alcoolémie, pour les participants en

phase ascendante qu'il y a une augmentation et pour le groupe placebo que la boisson n'affecte pas l'alcoolémie.

Questionnaire : Les participants complètent les questionnaires qui vont nous permettre de vérifier leur état subjectif après la tâche de conduite. Les questionnaires complétés sont l'échelle de Thayer et le NASA-TLX.

Debrief : Cette étape permet, lorsqu'il le désire, de fournir au participant plus d'explications sur le but de l'étude, de vérifier que la tâche de conduite s'est bien déroulée et qu'il n'a pas eu de problème avec les équipements.

Alcootest : Un dernier alcootest peut être réalisé afin de s'assurer que le niveau d'alcoolémie est quasi nul avant que le participant soit raccompagné à son domicile.

3.6. Prétraitement des données objectives

Le prétraitement des différentes données a été réalisé à l'aide d'algorithmes réalisés sous Matlab ou VBA. L'on en trouvera le descriptif ci-dessous. Ensuite les données sont moyennées en fonction du temps de conduite sur des intervalles de cinq minutes.

L'eye-tracker a permis de recueillir les diamètres pupillaires et l'Hippus. La qualité des données de l'eye-tracker peut être estimée grâce à un indice de confiance qui accompagne chaque donnée. Il a été estimé que l'indice de confiance devait être supérieur à 0,8 (Hausamann, Sinnott, & MacNeilage, 2020 ; Shi, Xu, Ferraioli, Piga, Mussone & Caruso, 2020), les données dont le niveau de confiance est inférieur à ce score ont donc été écartées. Les données restantes présentaient tout de même quelques valeurs aberrantes, la MADM (Médian Absolute Deviation Method) a donc été appliquée pour les supprimer. Les données restantes sont ensuite traitées en calculant des moyennes sur des intervalles temporels de cinq minutes. La moyenne obtenue pendant les cinq premières minutes de la tâche de conduite est considérée comme une donnée de base, elle est soustraite aux autres intervalles temporels. Le différentiel de diamètre pupillaire ainsi obtenu permet une mesure objective de la charge cognitive dans la mesure où son augmentation correspond à une augmentation de la charge cognitive.

L'hippus est un changement rapide et de faibles amplitudes du diamètre pupillaire (dilatation ou contraction, Kromenacker, 2021). L'hippus est notamment considéré pour la classification des drogues (Drug Evaluation and Classification Program, Canada), il fait partie des critères dont la présence ou absence permettent de catégoriser une drogue. Généralement, sa présence est plus importante suite à une intoxication avec un stimulant qu'avec un dépresseur. Par exemple, l'absence d'hippus est une des caractéristiques de l'intoxication par la marijuana (Heishman, Singleton & Crouch, 1996), il est également utilisé pour déterminer l'effectivité d'une dose de sédatif dans le domaine de la chirurgie (Paulus, Roquilly, Beloeil, Théraud, Asehnoune & Lejus, 2013). L'hippus est obtenu par une transformation de fourrier rapide des données du diamètre pupillaire. Il est représenté par la puissance présente dans la bande passante comprise entre 0 et 0,5 Hz.

Pour les données de l'activité électrodermale, un filtre passe-bas butterworth de second ordre a été appliqué. Les données ont ensuite été moyennées sur chaque intervalle de cinq minutes. Les données de chaque intervalle ont ensuite été divisées par la valeur moyenne obtenue en situation de repos afin d'obtenir des valeurs normalisées.

Le traitement des données obtenues par électrocardiogramme a nécessité l'utilisation de plusieurs filtres et plusieurs étapes de traitement :

1. Le traitement débute par un filtre passe-bas butterworth de second ordre.
2. Il se poursuit par un second filtre, cette fois-ci passe-haut butterworth de second ordre.
3. Aux données ainsi obtenues, un filtre Notch est appliqué.
4. Puis un filtre passe-bande butterworth d'ordre 4.
5. Suivi de l'application d'un *moving average*
6. Le signal obtenu est adouci puis un algorithme de détection de pics est appliqué.
7. Une MADM est appliquée sur les pics détectés pour faciliter le calcul du nombre de pics.

8. L'algorithme calcule ensuite le rythme cardiaque, et les paramètres de la variabilité cardiaque (rMSSD, nn50, pNN50, SDNN). Le rMSSD est obtenu par racine carrée de la moyenne des différences au carré des intervalles.

Le traitement des données issues de l'électroencéphalogramme débute par un « detrend », un filtre passe-haut butterworth de 4^e ordre est ensuite appliqué, suivi d'un filtre passe-bas butterworth de 4^e ordre. Un calcul de puissance est ensuite réalisé sur les données, pour récupérer les fréquences Thêta (fréquences comprises entre 4 et 8 Hz), Alpha (fréquence comprise entre 8 et 13 Hz), Beta (fréquences comprises entre 13 et 30 Hz). Ce traitement est réalisé sur les données issues des deux électrodes. L'indice du niveau de vigilance est ensuite calculé pour chaque électrode avec le rapport « (alpha+thêta)/bêta ». Ce rapport est inversement corrélé au niveau de vigilance objectif. En effet, l'onde Beta est associée à un niveau de vigilance objective élevé tandis que les ondes Alpha et Thêta représentent respectivement des niveaux faibles et très faibles de vigilance pouvant aller jusqu'à l'endormissement (Berthelon, Galy, Paxion, Ferrier, 2016). Ensuite, une moyenne des deux indices de vigilance obtenus est réalisée puis la valeur obtenue est soustraite à la valeur moyenne obtenue pour la phase de repos.

Les données issues du simulateur de conduite sont prétraitées par une macro. La première étape de traitement consiste en la suppression des valeurs de vitesse nulles, correspondant à des périodes d'inactivité du simulateur. Une fois ces valeurs supprimées, la macro permet de supprimer les éventuelles clothoïdes du circuit de conduite. Enfin, les valeurs moyennes des déviations standard de position sur la voie (SDLP), les vitesses moyennes et les écarts-types de vitesse sont calculées pour chaque intervalle de cinq minutes.

3.7. ANALYSE STATISTIQUE DES RESULTATS

L'une des questions importantes à laquelle cherche à répondre cette étude est de vérifier l'existence de différences significatives entre la phase ascendante et la phase descendante du niveau d'alcoolémie, au niveau de l'état des participants et de leurs performances de conduite. Des ANOVAS ont été réalisées pour comparer les données des différents groupes, des analyses complémentaires ont cherché à estimer si des variations existaient entre les hommes et les femmes.

Les ANOVAS permettent de comparer des moyennes et de déterminer si les différences observées sont significatives. Elles sont complétées, lorsque nécessaire, par des analyses post Hoc. Le seuil de significativité considéré est inférieur à 0,05.

Tout comme précédemment, les variables analysées sont catégorisées entre données comportementales, données objectives, et données subjectives.

3.7.1. Données comportementales

Les données comportementales sont les données issues du simulateur de conduite. Elles sont considérées comme les indicateurs de performance de la tâche de conduite en situation monotone. Elles comprennent la vitesse moyenne, la variabilité de la vitesse et les déviations standard de position latérale (SDLP).

3.7.1.1 La vitesse moyenne

Les effets de la durée de conduite

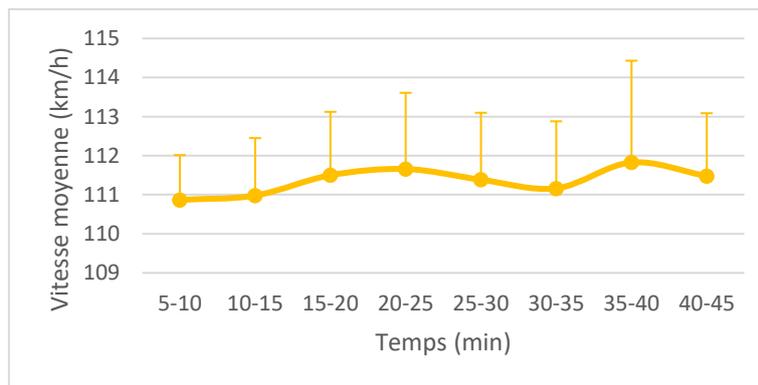


Figure 19 : Vitesse moyenne en fonction de la durée de conduite

Les participants devaient maintenir une vitesse constante de 110 km/h durant 45 minutes. L'analyse globale des données ne montre pas de différences significatives en fonction des intervalles de temps. La courbe (Figure 19) permet néanmoins de remarquer deux intervalles intéressants que sont 20-25 minutes de conduite et 35-40 minutes de conduite qui présentent les vitesses les plus élevées.

Les effets de groupe

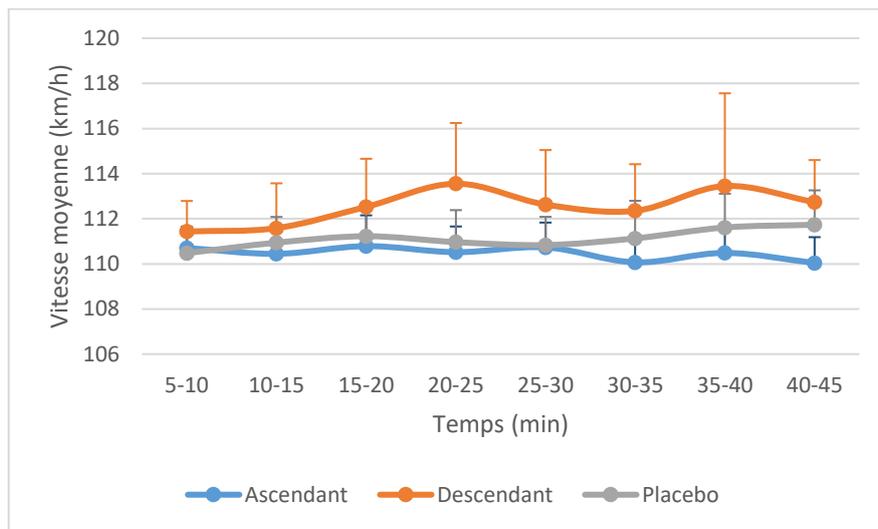


Figure 20 : Vitesse moyenne en fonction du groupe et de la durée de conduite

Une comparaison des groupes (Figure 20) montre que le groupe en phase descendante a plus de difficulté à respecter la vitesse prescrite et adopte une vitesse moyenne significativement plus élevée que les groupes en phase ascendante ($p < 0.001$) et placebo ($p < 0.001$) [$F(2,461) = 14,6$; $p < 0.001$].

De plus, les groupes placebo et phase ascendante présentent une évolution similaire des vitesses jusqu'à 30-35 minutes de conduite. Ensuite, les participants en phase ascendante diminuent leur vitesse moyenne jusqu'à la vitesse consigne, alors que le groupe placebo augmente sa vitesse moyenne, cependant ces différences ne sont pas significatives.

3.7.1.2 La variabilité de la vitesse

La variabilité de la vitesse permet de faire apparaître la difficulté (ou non) de maintenir une vitesse constante lors de la réalisation de la tâche de conduite en situation monotone.

Les effets de la durée de conduite

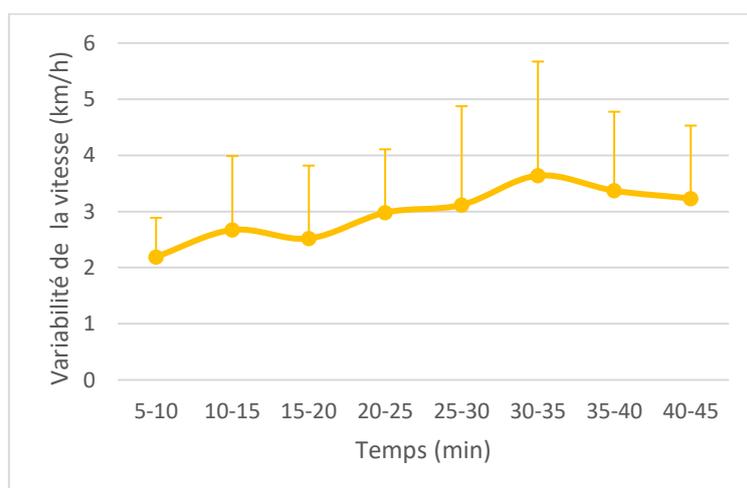


Figure 21 : Variabilité de la vitesse en fonction de la durée de conduite

L'analyse ne montre pas d'effets significatifs du temps sur l'évolution de la variabilité de la vitesse. Toutefois, la variabilité (Figure 21) augmente légèrement avec la durée de conduite.

Les effets des groupes

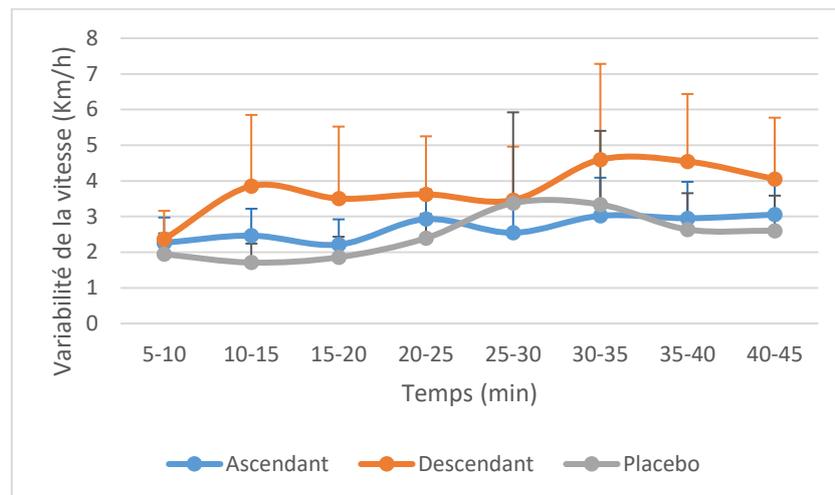


Figure 22 : Variabilité de la vitesse en fonction de la durée de conduite et des groupes

Les résultats (Figure 22) indiquent que le groupe en phase descendante est associé à une variabilité de vitesse plus élevée que les autres groupes et que cette variabilité augmente avec la durée de conduite. Cette différence est statistiquement significative ($p = 0.002$ par rapport à la phase ascendante, $p < 0.001$ par rapport au placebo) [$F(2, 461) = 9,07$; $p < 0.001$].

La variabilité de la vitesse en phase descendante augmente rapidement au début de l'expérimentation puis elle stagne avant d'augmenter à nouveau, elle est en permanence supérieure à celle des autres groupes. La variabilité moyenne la plus élevée ($m = 25$ km/h) est atteinte par un participant dans l'intervalle 35-40 minutes de conduite, au moment où sa vitesse moyenne est de 144,927 km/h.

Les groupes placebo et phase ascendante ne présentent pas de différences significatives en ce qui concerne la variabilité de vitesse. On peut toutefois relever que le groupe placebo présente une augmentation presque continue de cette variable avant qu'apparaisse une récupération alors que le groupe en phase ascendante montre des oscillations constantes entre phases d'augmentation et phases de récupération.

Les effets du sexe

L'analyse montre une différence significative de la variabilité de vitesse en fonction du sexe [$F(1,462) = 10,3$; $p = 0.001$]. Si celle-ci augmente pour tous avec la durée de conduite, elle est plus élevée chez les femmes que chez les hommes (Figure 23). C'est d'ailleurs dans le groupe féminin qu'elle atteint un maximum dans l'intervalle des 30-35 minutes de conduite.

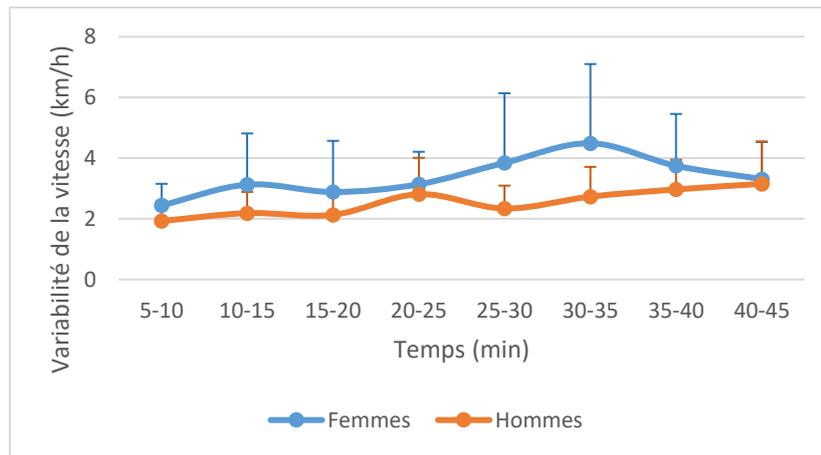


Figure 23 : Variabilité de la vitesse en fonction de la durée de conduite et du sexe

L'interaction entre le sexe et le groupe est également significative pour la variabilité de vitesse [F (2,458) = 9,08 ; p < .001].

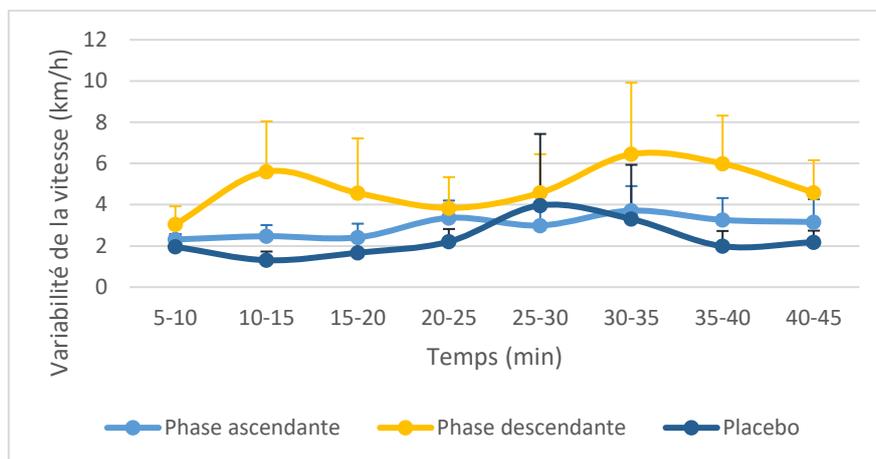


Figure 24 : Variabilité de la vitesse pour les femmes, en fonction de la durée de conduite et du groupe

Pour les femmes, l'analyse Post Hoc indique une variabilité de vitesse significativement plus élevée en phase descendante qu'avec un placebo (Figure 24) alors que pour les hommes, il n'y a aucune différence significative en fonction du groupe (Figure 25).

En phase descendante, la variabilité de vitesse pour les femmes est également supérieure à celle des hommes.

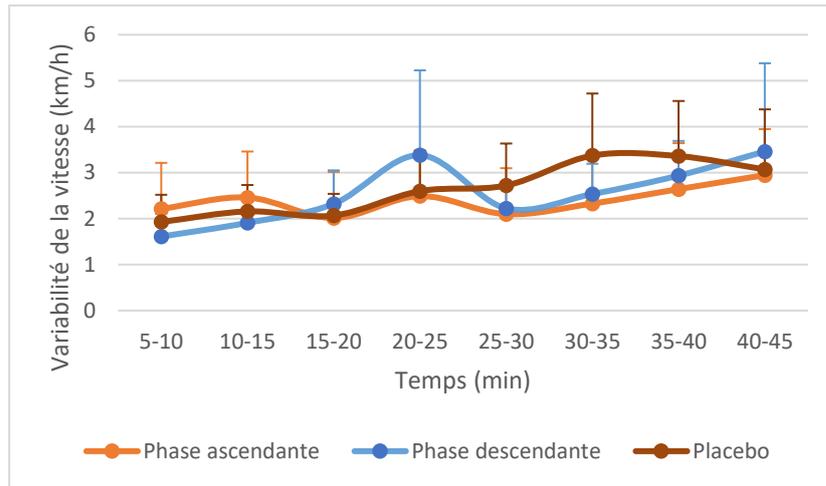


Figure 25 : Variabilité de la vitesse pour hommes, en fonction de la durée de conduite et du groupe

3.7.1.3 La déviation standard de position latérale

La déviation standard de position latérale (SDLP) correspond à la tenue de route. Elle indique la capacité à maintenir le véhicule dans la voie (Figure 26). La SDLP est considérée comme sensible au niveau de charge de travail et à la vigilance (Berthelon, Galy, Paxion, & Ferrier, 2016).

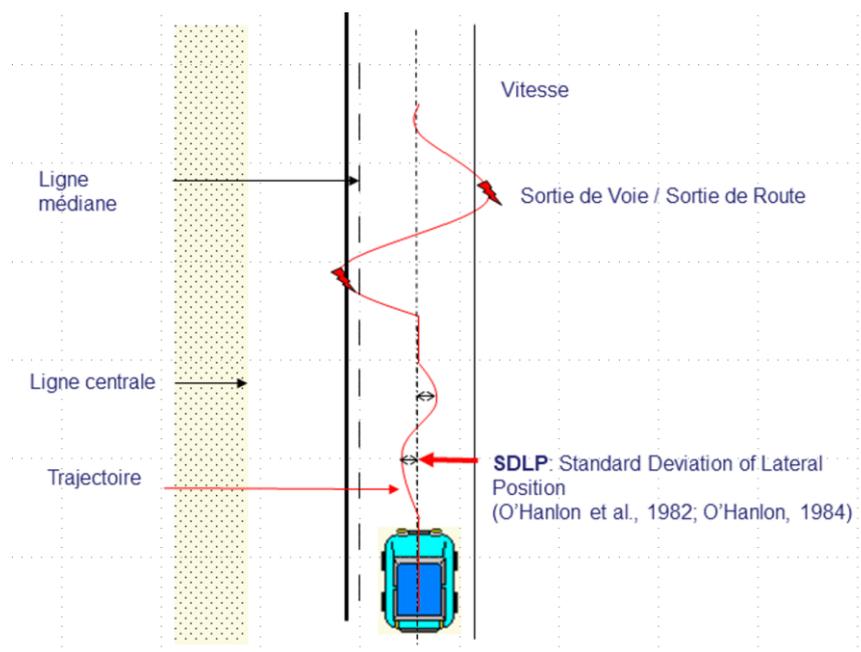


Figure 26 : Description visuelle de la SDLP

Les effets du temps

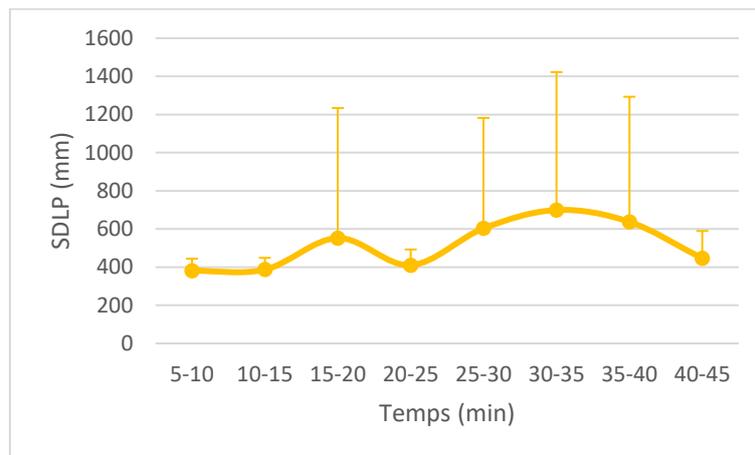


Figure 27 : Évolution de la SDLP en fonction de la durée de conduite

L'analyse des données ne montre pas de différence significative des SDLP en fonction de la durée de conduite. La courbe indique cependant que cette variable est maximale dans les intervalles de 15-20 minutes de conduite et de 30-35 minutes de conduite (Figure 27).

Les effets des groupes

Les deux phases d'augmentation de SDLP sont essentiellement liées au groupe phase descendante (Figure 28). Un test Post Hoc indique en effet que les valeurs obtenues en phase descendante sont significativement supérieures aux valeurs obtenues en phase ascendante ($p = 0.003$) et en placebo [$F(2, 461) = 6,12$; $p < 0,002$]. La courbe des valeurs en phase descendante montre clairement des moments de fortes augmentations du SDLP (intervalles de 15-20 minutes et 35-40 minutes) et des moments de fortes diminutions (intervalle des 20-25 minutes).

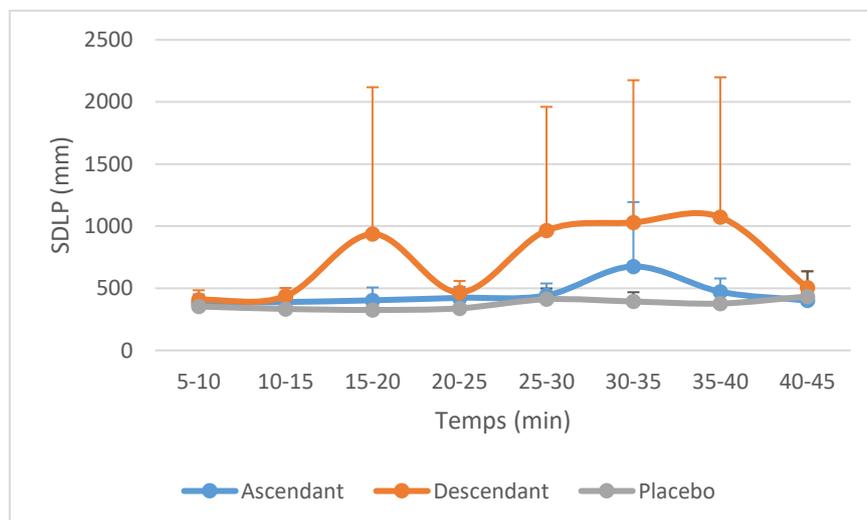


Figure 28 : Évolution du SDLP en fonction de la durée de conduite et du groupe

En comparaison au groupe placebo, seuls les groupes alcool présentent de fortes variations du SDLP. Le groupe phase ascendante reste toutefois relativement stable si ce n'est dans l'intervalle de 30-35 minutes dont l'augmentation est liée au fait qu'un participant s'est endormi et va quitter la route (voir annexe 5, sortie n°4).

Pour le groupe phase descendante, un comportement se démarque également et participe au niveau élevé de SDLP. En effet, trois participants vont volontairement quitter la route pour revenir sur le parking, point de départ du circuit. Parmi eux une participante va de plus s'endormir après 15-20 minutes de conduite et se retrouver sur la voie de gauche (voir annexe 5, sortie n°3).

La comparaison des deux sexes montre que les SDLP moyens ne diffèrent pas significativement entre les hommes et les femmes.

Résumé des données comportementales

Les données comportementales indiquent des difficultés importantes pour les participants en phase descendante, avec une vitesse moyenne, une variabilité de la vitesse et une SDLP supérieures à celles des deux autres groupes.

Par ailleurs dans ce groupe phase descendante, trois participants vont volontairement quitter la route pour revenir sur le parking de départ de la tâche. Parmi eux, une participante s'est de plus endormie après environ 17 minutes de conduite ce qui a occasionné une sortie vers la voie de gauche, cette participante a également quitté la route à deux reprises pour revenir au parking de départ du circuit (voir annexe 5, sortie n°3). On peut donc faire l'hypothèse que la situation de conduite monotone activée par la tâche (plusieurs tours sur une autoroute sans circulation et avec une vitesse constante) est amplifiée en phase descendante. Quitter le circuit et revenir au point de départ pourrait ainsi s'apparenter à un moyen de rompre la monotonie par une manœuvre de régulation.

Le retour au point de départ est un comportement qui n'est présent qu'en phase descendante. On note toutefois une phase de microsommeil chez un participant en phase ascendante qui s'endort au bout de 30 minutes de conduite, sort de la voie et traverse la rambarde pour se retrouver sur une route parallèle au circuit (voir annexe 5, sortie n°4). À part ce cas, les participants du groupe en phase ascendante ne présentent pas de détérioration de performance par rapport aux participants du groupe placebo.

3.7.2. Données physiologiques

Les données physiologiques vont permettre de connaître l'état interne des participants en fonction des groupes et pourraient potentiellement expliquer les différences trouvées au niveau comportemental. Les données physiologiques traitées sont le diamètre pupillaire, l'hippus, le niveau de vigilance objective, le niveau de tension objective (EDA) et enfin la variabilité du rythme cardiaque.

3.7.2.1 Diamètre pupillaire

Le diamètre de la pupille permet d'apprécier la charge mentale des participants, soit la manière dont les ressources des participants leur permettent de faire face aux exigences de la tâche de conduite. Si le diamètre est important, la charge est élevée et inversement si le diamètre est réduit, la charge est faible. Ici les données représentent la différence entre le diamètre de la pupille en situation de conduite et la moyenne du diamètre de la pupille lors du premier intervalle (0-5 min) qui peut être considéré comme mesure de base.

Les effets du temps

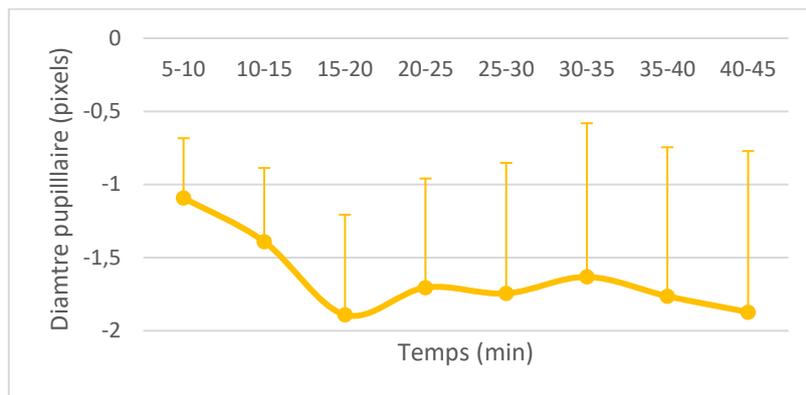


Figure 29 : Différence de diamètre pupillaire en fonction de la durée de conduite

Les variations de diamètre pupillaire dans le temps ne sont pas significatives. Leur évolution indique une valeur négative durant toute la durée de la tâche, ce qui signifie plutôt une situation de sous-charge mentale et de fatigue passive. La courbe présente une diminution de diamètre pupillaire dès le début de la tâche jusqu'à 15-20 minutes de conduite, le diamètre augmente ensuite légèrement jusqu'à 30-35 minutes de conduite (Figure 29).

Les effets des groupes

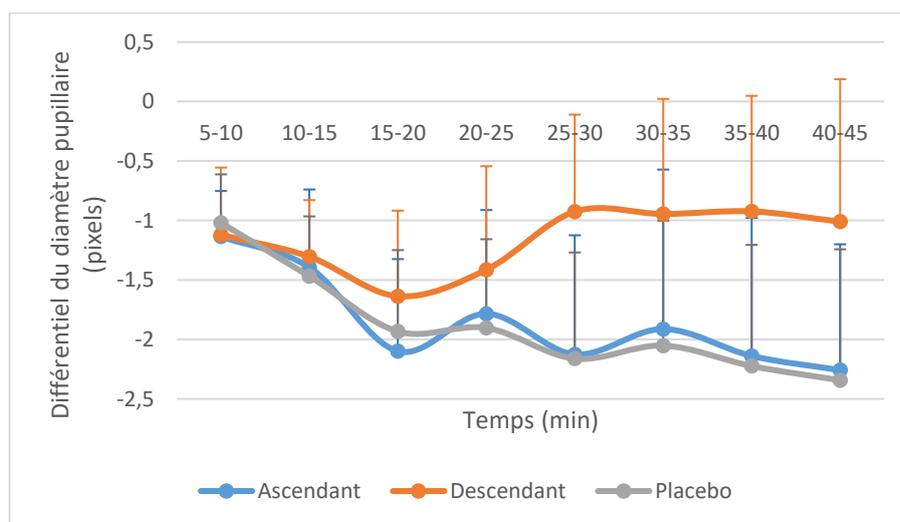


Figure 30 : Différence de diamètre pupillaire en fonction de la durée de conduite

Le diamètre pupillaire moyen des participants en phase descendante se démarque fortement de celui des participants des autres groupes ($p < 0.001$, Figure 30), il est supérieur à celui de la phase ascendante ($p < 0.001$) et du groupe placebo ($p < 0.001$).

Les résultats indiquent que tous les groupes montrent des effets de fatigue passive (différence de diamètre pupillaire négative et donc plus faible en activité qu'au repos). Les participants en phase descendante présentent la charge mentale la plus élevée.

Le diamètre pupillaire ne varie pas significativement en fonction du sexe.

3.7.2.2 Hippus

L'hippus est utilisé pour déterminer le niveau de stimulation, il diffère notamment en fonction de la classification des drogues entre stimulant et déprimeurs. La présence d'hippus est plus fréquente suite

à la prise de stimulants que de déresseurs. Le but d'une analyse des données de l'hippus est donc principalement de comparer les effets de l'alcool en phase descendante et en phase ascendante.

Les effets des groupes

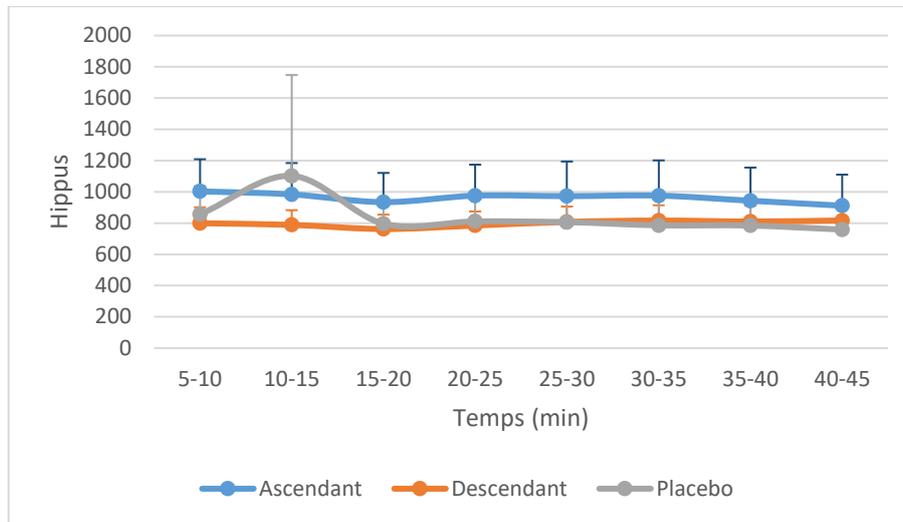


Figure 31 : Hippius moyen en fonction de la durée de conduite et du groupe

La courbe montre que l'hippus reste relativement stable pour les différents groupes (Figure 31). Le groupe placebo se démarque néanmoins par un pic dans la zone des 10-15 minutes avant de diminuer et de se rapprocher de la courbe des participants en phase descendante. Les analyses statistiques montrent que ces différences sont significatives.

L'analyse Post Hoc montre qu'en phase ascendante le niveau d'hippus est significativement plus élevé qu'en phase descendante ou en groupe placebo.

Les effets du sexe

Les résultats indiquent des différences significatives de l'hippus ($p = 0.004$), plus élevé chez les femmes que chez les hommes (Figure 32).

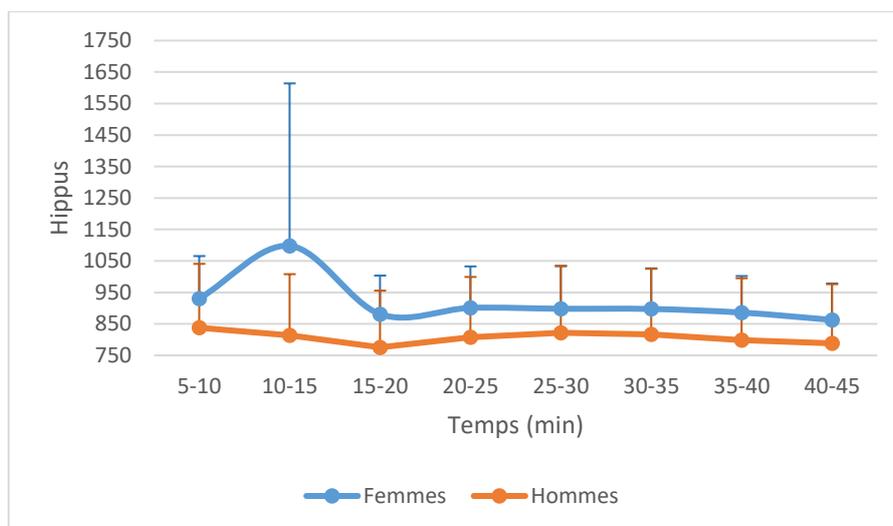


Figure 32 : Évolution de l'hippus en fonction de la durée de conduite et du sexe

Chez les hommes, la valeur de l'hippus est significativement supérieure pour les groupes phase ascendante et descendante par rapport au placebo (respectivement $p < .001$ et $p = 0.003$). Chez les femmes, le groupe placebo est le groupe à l'hippus le plus élevé, avec une différence significative par rapport au groupe phase descendante.

Pour le groupe placebo, la valeur d'hippus des femmes est supérieur à celui des hommes. Il existe également une différence significative entre le groupe phase ascendante et le groupe phase descendante pour les femmes ($p = 0.044$). Avec un niveau d'hippus supérieur en phase ascendante.

3.7.2.3 Niveau de vigilance objective (EEG)

Les effets de la durée de conduite

L'indicateur du niveau de vigilance obtenu par le rapport « (alpha+thêta) /beta » est un indicateur inversé, c'est-à-dire que lorsqu'il diminue le niveau de vigilance augmente. Afin de faciliter la lecture, des courbes négatives sont présentées.

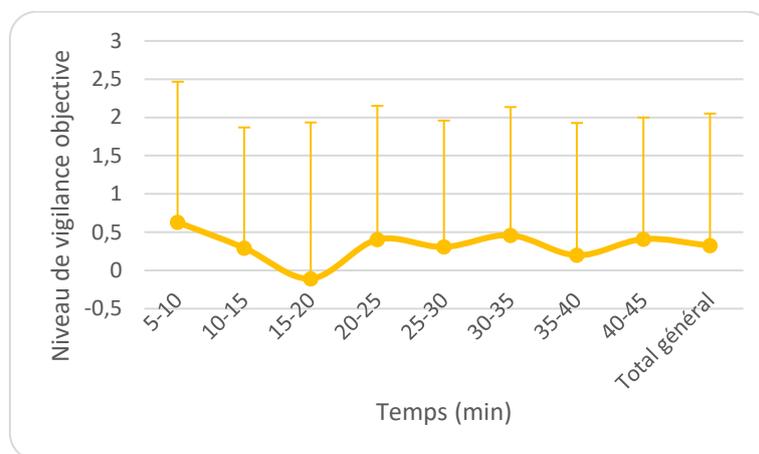


Figure 33 : Évolution du niveau de vigilance objective en fonction de la durée de conduite (version négative)

Le niveau de vigilance objective n'évolue pas significativement en fonction de la durée de conduite (Figure 33).

Les effets des groupes

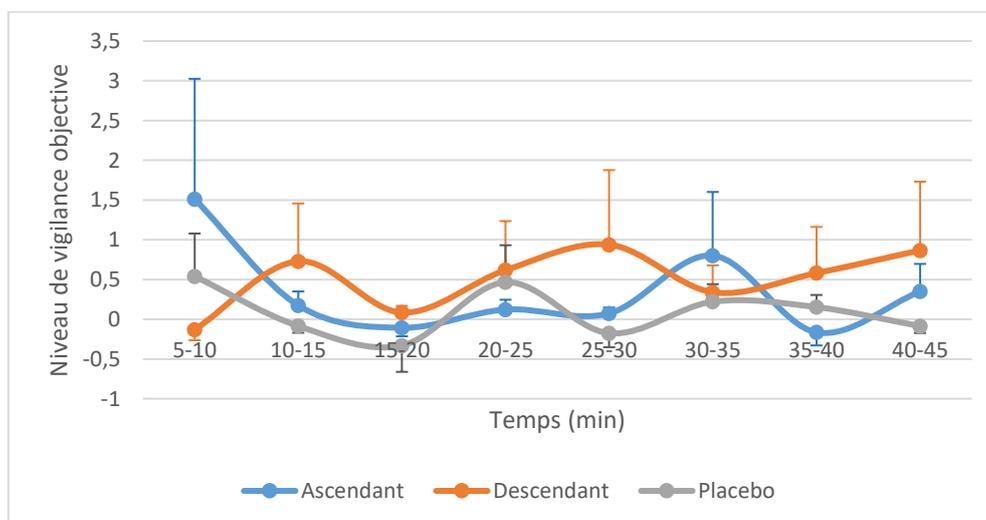


Figure 34 : Version négative de la courbe des niveaux de vigilance objective en fonction des groupes.

Le niveau de vigilance objective ne varie pas significativement en fonction du groupe. La courbe (Figure 34) permet cependant de faire apparaître de légères différences (non significatives) dans l'évolution de cet indicateur. Le niveau de vigilance des groupes placebo et phase ascendante débute à un niveau élevé et diminue durant les premières minutes de la tâche de conduite. Le groupe phase descendante présente un comportement inverse, avec un niveau de vigilance qui débute plus bas que les autres groupes (différence non significative) puis augmente.

Les effets du sexe

L'indicateur présente une évolution différente en fonction du sexe (Figure 35). Le niveau de vigilance des hommes est à niveau plus élevé en activité qu'en repos (supérieur à zéro) et montre une tendance baissière avec la durée de la tâche de conduite. Pour les femmes, le niveau de vigilance reste sous le niveau de repos durant la totalité de la tâche de conduite, puis diminue dans l'intervalle de 15-20 minutes de conduite pour tendre à augmenter par la suite et retrouver le niveau de repos dans les dernières minutes de conduite (Figure 35).

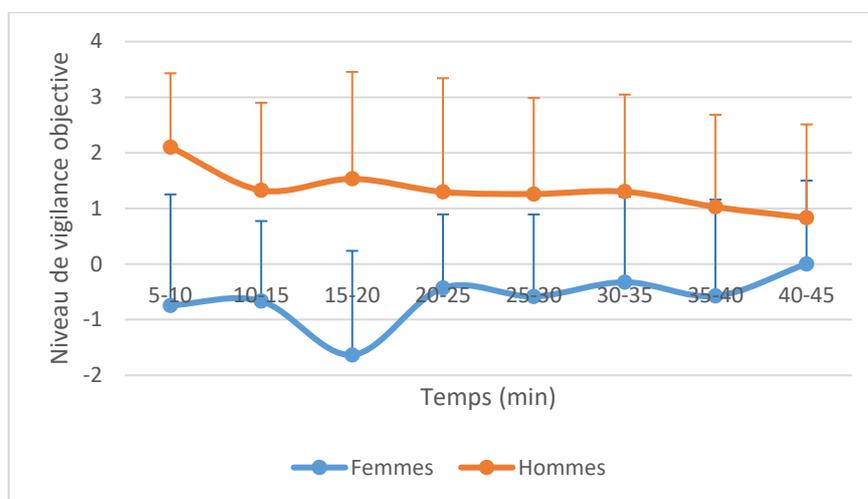


Figure 35 : Niveau de vigilance objective en fonction du temps et du sexe (version négative)

L'analyse statistique montre une différence significative entre les hommes et les femmes en ce qui concerne la vigilance objective, plus élevée chez les hommes [$F(4,1) = 339.0317$, $p < .001$]. L'analyse post-hoc montre que pour tous les groupes, l'indicateur EEG est supérieur pour les hommes que pour les femmes [$p = 0.009$ pour Ascendant, $p = 0.003$ pour descendant, et $p = 0.004$ pour Placebo].

3.7.2.4 Niveau de tension objective

Les effets de la durée de conduite

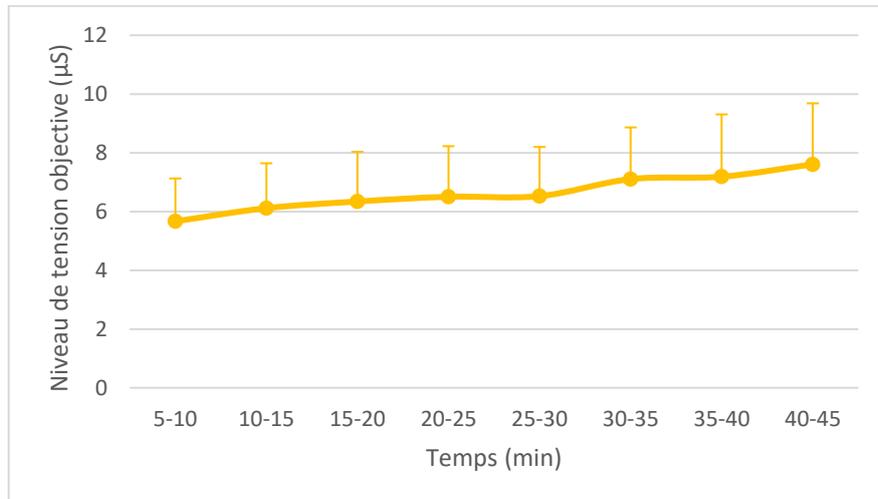


Figure 36 : Niveau de tension objective en fonction de la durée de conduite

Le niveau de tension objective représenté par l'activité électrodermale augmente presque linéairement avec la durée de la tâche de conduite (Figure 36). Cependant, seule la différence entre l'intervalle de 40-45 minutes de conduite et l'intervalle des 5-10 minutes [$p = 0.046$] est significative.

Les effets des groupes

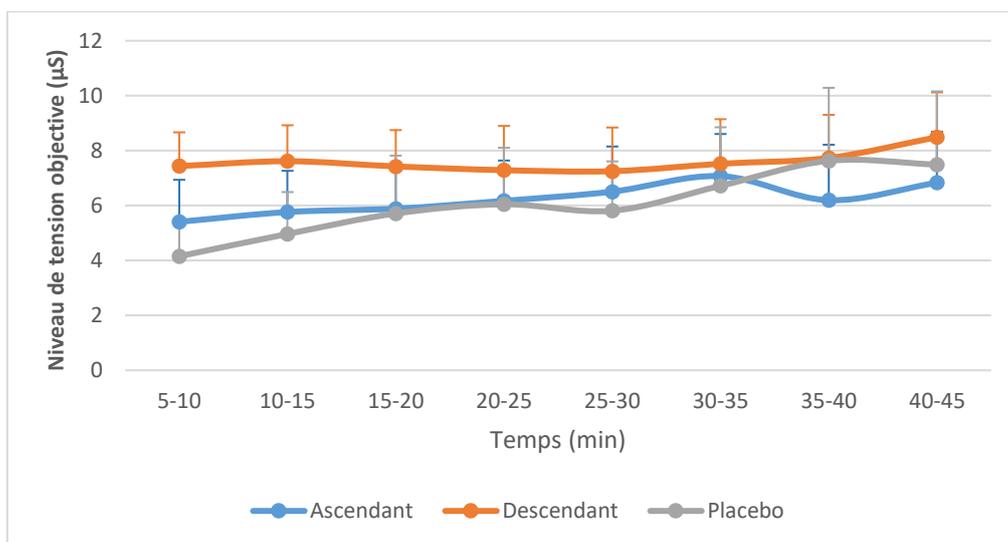


Figure 37 : Évolution de l'activité électrodermale en fonction de la durée de conduite et du groupe

Les courbes d'évolution de l'activité électrodermale montrent que le niveau de tension objectif augmente avec la durée de conduite, pour tous les groupes (Figure 37). Le groupe phase descendante se démarque des autres groupes avec un niveau de tension significativement plus élevé [$F(2,460) = 13,662$; $p < 0.001$] et ceci pendant la quasi-totalité de la durée de conduite.

Les deux autres groupes montrent des niveaux de tension plus bas qui augmentent avec la durée de la tâche, et présentent des phases de récupération.

Les effets du sexe

Le niveau de tension objective varie significativement en fonction du sexe ($p = 0.016$). Ainsi, les groupes ascendant et placebo indiquent un niveau plus élevé pour les femmes comparativement aux hommes [$p = 0.017$ pour les ascendants et $p < .001$ pour les placebos].

3.7.2.5 Variabilité du rythme cardiaque

La variabilité du rythme cardiaque permet d'apporter un élément de vérification de différence ou non de l'états interne des participants. Il est associé à la stimulation du système nerveux sympathique.

RMSSD

Le différentiel de la variabilité cardiaque permet de comparer les groupes en tenant compte de la variabilité au repos (Figure 38).

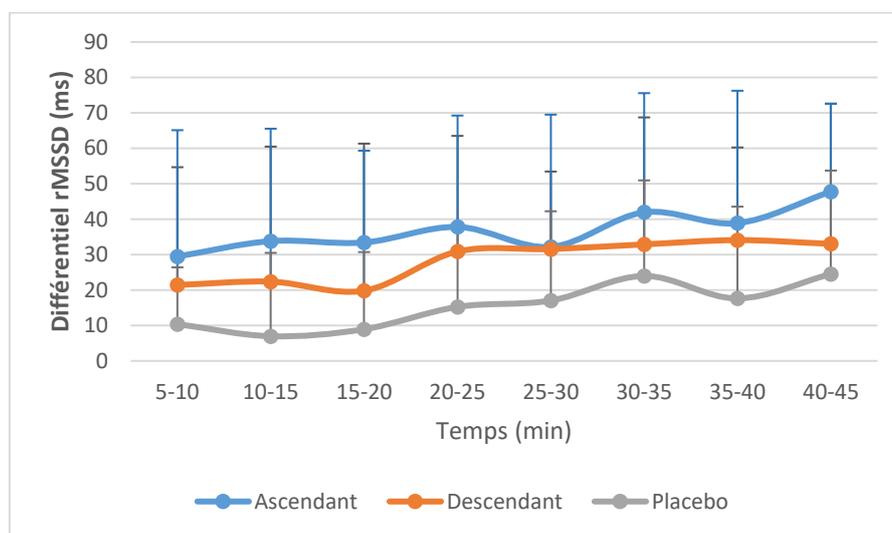


Figure 38 : Différence de la variabilité cardiaque entre activité et repos en fonction de la durée de conduite et du groupe (courbe négative)

Les résultats montrent que la variabilité cardiaque diminue pour tous les groupes, par rapport à la situation de repos. Cette diminution est significativement plus forte pour le groupe en phase ascendante que pour le groupe placebo ($p = 0.010$) et signifierait une stimulation sympathique plus importante pour les premiers.

Le différentiel du rMSSD indique des différences significatives entre les hommes et les femmes, il diminue dans les deux cas, mais son niveau est plus faible pour les femmes.

En phase descendante le rMSSD des femmes est significativement inférieur à celui noté après un placebo ($p = 0.004$), il est également inférieur à celui de la phase descendante des hommes ($p < 0.001$).

Pour les hommes, le rMSSD obtenu en phase descendante est supérieur à celui obtenu en phase ascendante.

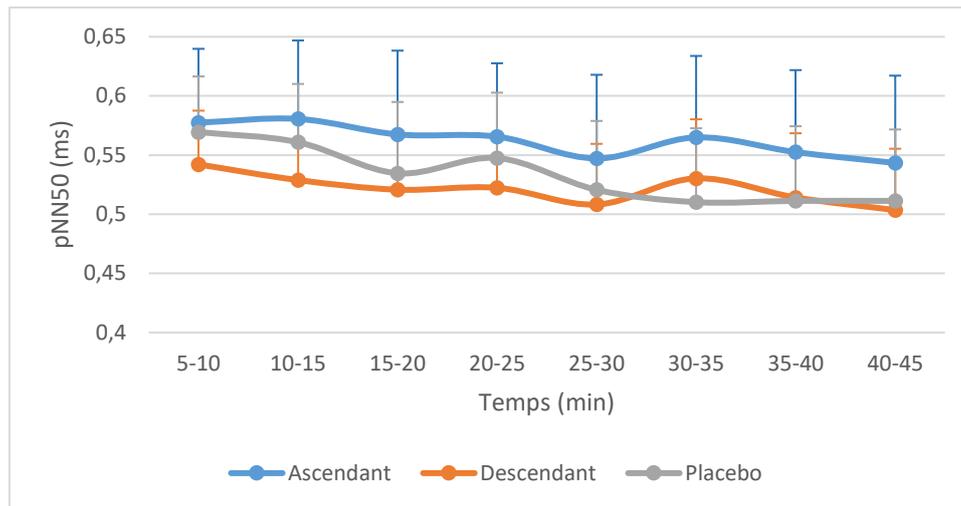


Figure 39 : Évolution du pNN50 en fonction de la durée de conduite et du groupe

L'indicateur pNN50 est significativement plus élevé en phase ascendante qu'en phase descendante ($p = 0.006$) [$F(2,444) = 5,03$; $p = 0.007$] (Figure 39). Cet indicateur diminue avec la durée de conduite pour les trois groupes. Connu pour augmenter en situation passive et diminuer en situation active, sa diminution indique donc que plus la tâche dure et plus elle nécessite un engagement des participants. Ses valeurs moyennes en phase ascendante sont plus élevées que celles des autres groupes, ce qui signifie que l'activité de conduite nécessite moins d'effort pour le groupe en phase ascendante.

Résumé des données physiologiques

Les données physiologiques confirment un état interne différent chez les participants en phase descendante par rapport aux participants en phase ascendante et placebo, état cohérent avec les résultats des autres données analysées.

Notamment, la charge mentale mesurée par le diamètre pupillaire est plus élevée en phase descendante et tend à augmenter avec la durée de la tâche, alors qu'elle diminue pour les autres groupes.

La variabilité cardiaque est significativement supérieure en phase ascendante qu'en phase descendante ce qui témoigne d'une situation plus passive. Cependant, dans les deux groupes le niveau d'engagement augmente avec la durée de la tâche.

Les différences entre les participants des groupe placebo et phase ascendante sont faibles. L'évolution du niveau de vigilance laisse place à l'hypothèse selon laquelle le groupe en phase ascendante aurait une résistance plus importante à la monotonie de la conduite que le groupe placebo, mais les différences ne sont pas significatives, si ce n'est en ce qui concerne l'hippus dont la valeur est significativement supérieure en phase ascendante et en phase descendante relativement au placebo. Ainsi, la phase ascendante témoigne bien d'un niveau de stimulation supérieur à celui de la phase descendante, mais également de celui de l'absence d'alcool (placebo).

3.7.3. Données subjectives

Les données subjectives vont permettre d'analyser le ressenti des participants par rapport aux effets de la tâche et de leur état interne. Les données proviennent du NASA-TLX, de l'échelle de Thayer.

3.7.3.1 NASA-TLX

Les effets des groupes

Toutes les variables ont été testées et les résultats montrent que seules les exigences physiques et mentales mesurées par le NASA-TLX présentent des différences statistiquement significatives

(Tableau 23). Ainsi, les participants en phase descendante ont le sentiment que la tâche exige un effort mental et physique plus élevé que les participants des autres groupes, ces derniers ne produisant pas d'estimations significativement différentes.

Tableau 23 : Moyennes et significativité pour les dimensions du NASA-TLX

NASA-TLX	Placebo	Montante	Descendante	p
Exigence Mental	9,55	9,2	13,35	0.009
Exigence Physique	6,2	5,35	8,95	0.023
Exigence Temporelle	8,75	9,55	8,6	0.764
Performance	8,25	8,35	10,25	0.381
Frustration	9,9	8,75	11,4	0.372
Effort	10,25	9,7	12,5	0.147

Les effets du sexe

Seul le sentiment d'effort pour accomplir la tâche de conduite est significativement différent en fonction du sexe, plus élevé chez les femmes que les chez hommes (Figure 40).

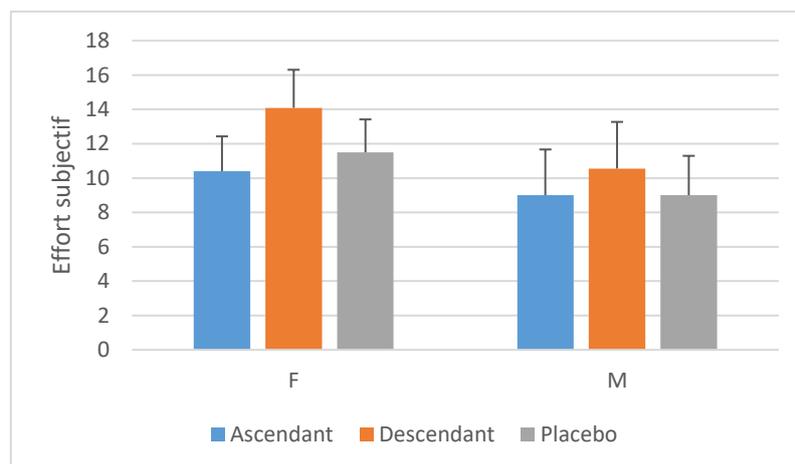


Figure 40 : Sentiment d'effort subjectif en fonction du sexe

3.7.3.2 Échelle de Thayer

Les effets des groupes

L'échelle de Thayer permet d'estimer subjectivement les niveaux de vigilance et de tension. Les analyses n'ont pas révélé de différences significatives pour les deux indicateurs bien que le niveau de vigilance subjectif soit légèrement plus élevé en phase ascendante que dans les autres groupes. La phase descendante et le groupe placebo montrent des valeurs très proches (Figure 41).

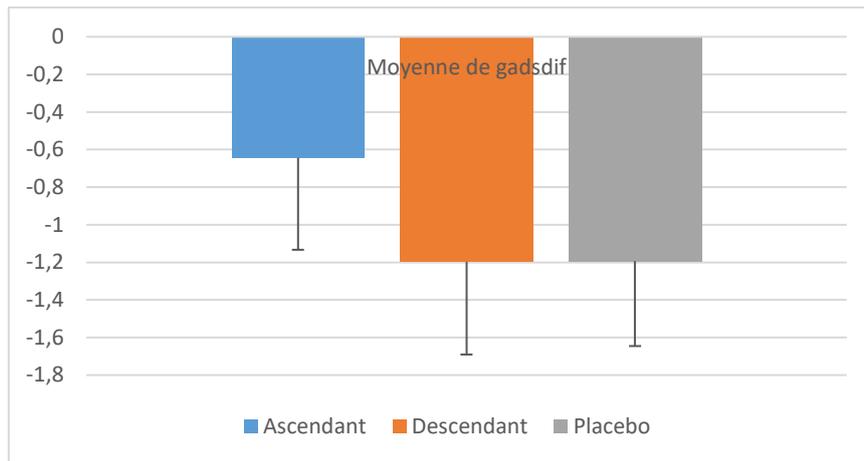


Figure 41 : Niveau de vigilance subjectif en fonction du groupe.

Les effets du sexe

L'analyse des résultats montre une différence significative entre les sexes, les femmes présentent un niveau de tension subjective plus faible que les hommes (Figure 42).

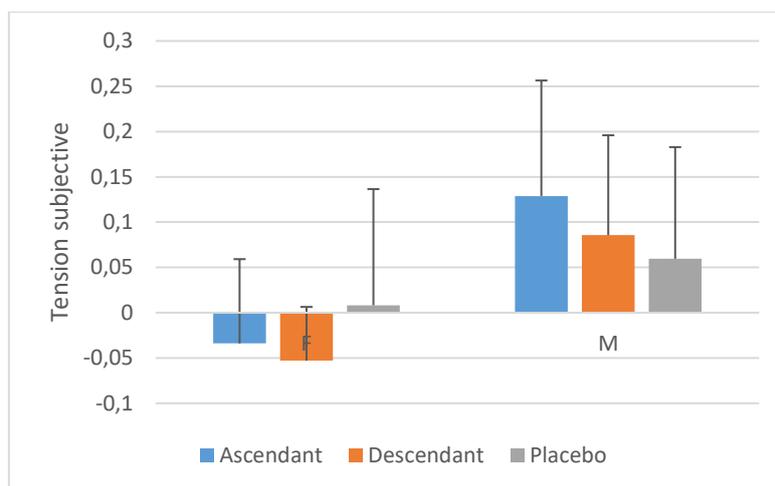


Figure 42 : Différence de tension subjective en fonction du groupe et du sexe

Résumé des données subjectives

Les données subjectives montrent peu de différences significatives entre les groupes. Seul le NASA-TLX indique des exigences mentales et physiques supérieures en phase descendante par rapport aux autres groupes. Le niveau de charge mentale subjective en phase descendante est ainsi le plus élevé, comme précédemment noté pour la charge mentale objective.

Il est à noter également que le niveau de vigilance subjective en phase ascendante semble plus élevé que celui des autres groupes. Le fait que cette différence ne soit pas significative pourrait s'expliquer par le nombre de participants, elle est cependant suffisamment flagrante pour être notée.

PARTIE 4. DISCUSSION

Une des principales questions de ce travail était de vérifier l'existence ou non d'effets biphasiques de l'alcool lors de la conduite sous faible niveau d'alcoolémie (0.5 g/l maximum). L'analyse des fichiers BACC, des PV et des EDA n'ont pas permis de discriminer précisément ces deux phases. En effet, d'une part les accidents impliquant des usagers à faibles niveaux d'alcoolémie y sont rarement disponibles dans la mesure où ils sont tolérés par la réglementation routière, d'autre part même lorsque ces faibles niveaux sont relevés la description des accidents ne permet pas d'estimer si les personnes étaient en phase montante ou descendante.

Nous avons ensuite effectué une expérimentation sur simulateur de conduite et les résultats montrent des effets biphasiques de l'alcool sur plusieurs niveaux (Tableau 25).

Tableau 24 : Résumé des résultats centrés sur les effets biphasiques

Éléments affectés		Effets biphasiques Comparaison phases ascendante et descendante	Comparaisons avec et sans alcool (placebo)
Variables objectives de conduite	Vitesse moyenne	Plus élevée en phase descendante.	Inférieure à celle de la phase descendante, similaire à celle de la phase ascendante.
	Variabilité de la vitesse	Plus élevée en phase descendante.	Inférieure à celle de la phase descendante, similaire à celle de la phase ascendante.
	SDLP	Augmentation significative en phase descendante.	Inférieure à celle de la phase descendante, similaire à celle de la phase ascendante.
Variables physiologiques	Diamètre pupillaire (Charge mentale)	Plus élevée en phase descendante.	Inférieure à celle de la phase descendante, similaire à celle de la phase ascendante.
	Hippus	Plus élevé en phase ascendante.	Inférieur à celui de la phase ascendante, ce qui signifie que cette dernière a plus d'effet stimulant.
	Activité électrodermale (Tension)	Plus élevée en phase descendante.	Plus faible que pour les participants en phase descendante, similaire à celle en phase ascendante.
Variables subjectives	Exigence mentale (Composante de la charge mentale subjective)	Plus élevée en phase descendante.	Inférieure à celle en phase descendante, similaire à celle en phase ascendante.
	Exigence physique (composante de la charge mentale subjective)	Plus élevée en phase descendante.	Inférieure à celle en phase descendante, similaire à celle en phase ascendante.

Les effets de l'alcool se manifestent par une dégradation de la performance plus forte durant la phase descendante par rapport à la phase ascendante. Ces dégradations sont associées à une altération de la coordination motrice (variabilité de la vitesse et SDLP), et à une modification du contrôle inhibiteur (vitesse moyenne plus élevée, sortie du circuit d'expérimentation).

Les différences relevées ici entre les effets relevés en phase ascendante et en phase descendante sont en accord avec les résultats issus de la littérature et des études précédemment réalisées par l'équipe projet en phase descendante. Ainsi, même avec une dose de 0,5 g/l, dose tolérée par la législation lors de la conduite d'un véhicule, l'alcool provoque des dégradations de la performance pouvant donner lieu à des accidents.

L'approche effectuée dans cette expérimentation est centrée sur l'interaction entre les effets de la tâche à accomplir et les effets de l'alcool. Elle se concentre ainsi sur les notions de charge mentale, niveau de vigilance et de tension afin de faire le lien entre la performance et l'état interne des individus. En cela, les résultats montrent des effets biphasiques de l'alcool sur l'état des participants. La phase descendante se démarque par une charge mentale objective et subjective (demandes physiques et mentales) plus élevée que les phases ascendantes et sans alcool ainsi que par un niveau de tension objective plus élevé. Les niveaux de charge mentale plus élevés s'accompagnent d'un niveau de tension plus élevé dès le début de la tâche de conduite, ce niveau de tension augmentant encore en fin de tâche. La conduite en situation monotone est ainsi la plus anxiogène en phase descendante, amplifiée par la nécessité de maintenir un niveau de vigilance suffisant pour réaliser la tâche de conduite jusqu'au temps imparti de 45 minutes. Ceci est cohérent avec un niveau de charge mentale qui augmente avec la durée de conduite alors qu'il diminue en phase ascendante et avec placebo. Ceci est également cohérent avec la stratégie mise en place par certains participants qui quittent cette situation de conduite monotone et reviennent sur le parking avant de reprendre la tâche de conduite.

Par ailleurs, la mesure de l'hippus confirme que la phase ascendante présente plus d'effets stimulants que la phase descendante et que la conduite sans alcool. Si ce n'est cet effet stimulant, la conduite en phase ascendante ne montre pratiquement pas de différences significatives avec la conduite sans alcool. Il se pourrait même que les performances en termes de vitesse moyenne soient plus stables. Toutefois, un participant en phase ascendante va s'endormir et quitter la route ce qui souligne un effet différentiel de l'alcool en fonction des participants. Il faut en effet noter que sans alcool aucun comportement (volontaire ou non) ne témoigne de risque accidentel ou de modification d'état interne tel qu'un microsommeil.

Dans cette situation de conduite monotone, les effets stimulants de la phase ascendante affectent légèrement le niveau de vigilance, effets visibles, mais non significatifs, alors que les effets sédatifs liés à la phase descendante se traduisent par des niveaux de performance plus faibles et un effort plus conséquent pour maintenir le niveau de vigilance.

Cette étude ne conclut donc pas que la conduite en phase ascendante du niveau d'alcool est sans risque, comme le montre le cas du participant endormi. Ce risque existe, mais peut être minimisé par les caractéristiques de la tâche de conduite : autoroute monotone sans trafic et maintien d'une vitesse constante. Des études en situation de conduite plus variées telles qu'en milieu urbain ou rase campagne seraient donc de nature à compléter l'approche actuelle. Les effets stimulants de l'alcool sont en effet associés à un niveau plus élevé d'agressivité (Bègue, 2011) et à un plus grand nombre de collision (Gates, 2011).

De plus, les effets de l'alcool peuvent varier en fonction de la sensibilité des individus comme le montrent nos résultats qui indiquent des états et comportements plus ou moins accidentogènes au sein d'un même groupe.

Ce travail présente par ailleurs certaines limites qui pourraient être levées par des études complémentaires. En premier lieu, la situation monotone est éloignée des situations monotones réelles, par l'absence de trafic et par les limites qu'impose un simulateur de conduite. Nous pouvons citer l'absence de vent par exemple, qui est un élément permettant au conducteur de réguler les effets de la monotonie (Schmidt & Bullinger, 2019), mais également l'absence des caractéristiques propres à une route réelle telle que l'usure de la route, caractéristiques qui font partie des éléments qui éloignent d'une situation écologique (Friedrichs & Yang, 2010).

Les résultats en simulation de conduite montrent donc que l'alcool peut avoir les effets d'un stimulant pendant la phase ascendante, et d'un dépresseur en phase descendante. Il est donc important de comprendre les processus accidentologiques en œuvre dans ces deux phases afin d'améliorer les informations fournies aux conducteurs actuels et aux futurs conducteurs.

En matière de perspective, cette étude répond à certaines questions, mais en ouvre de nouvelles qui pourraient se traduire par des études complémentaires, permettant notamment de lever les limites actuelles (limitations propres à un environnement simulé notamment), et de vérifier les effets biphasiques dans un contexte naturel incluant du trafic routier.

Analyses complémentaires. Différences hommes femmes.

Tableau 25 : Différences significatives entre les hommes et les femmes en conduite monotone

Éléments affectés		Comparaison femmes/hommes
Performance	Variabilité de la vitesse	Plus importantes pour les femmes que pour les hommes. Pour les femmes uniquement, variabilité de la vitesse significativement plus importante en phase descendante en comparaison du placebo.
Variables physiologiques	Activité électrodermale (Tension)	Plus élevée pour les femmes que pour les hommes, cette différence est notamment significative au sein des groupes ascendant et placebo.
	EEG (niveau de vigilance)	Niveau inférieur chez les femmes à celui des hommes durant toute la durée de la tâche, avec et sans alcool.
	Hippus	Les femmes présentent un niveau d'hippus plus élevé que les hommes, notamment en absence d'alcool.
	rMSSD différentiel	Significativement plus faible chez les femmes, donc différence au niveau de la stimulation du système nerveux autonome.
Variables subjectives	Effort subjectif	Significativement supérieur chez les femmes.

Au niveau du comportement de conduite, la seule différence significative entre les hommes et les femmes concerne la variabilité de la vitesse, plus élevée pour les femmes. Cela s'explique par un effet différentiel, connu dans la littérature, des effets de l'alcool sur la performance de conduite, plus important pour les femmes. Waller & Blow (2002) appelle d'ailleurs à informer les femmes de ces différences dans un cadre de prévention des risques routiers. Ces effets de l'alcool expliquent également l'effort subjectif plus important ressenti par les femmes dans notre travail.

D'autres variables que celles analysées dans notre travail renforcent l'idée que les effets de l'alcool sont plus importants chez les femmes. Parmi les différences physiologiques, on note un métabolisme gastrique plus faible chez les femmes ainsi qu'une différence de composition corporelle dans la mesure où les femmes présentent une masse grasseuse proportionnellement plus élevée et moins de masse d'eau que les hommes (Thomasson, 2002 ; Baraona, Abittan, Dohmen, Moretti, Pozzato, Chayes, Schaeffer, Lieber, 2001). Ces différences physiologiques provoquent à leur tour des différences dans la pharmacocinétique de l'alcool et participent à une plus grande concentration d'alcool, y compris pour un même poids et une même quantité d'alcool, provoquant ainsi des effets plus importants.

À ces différences dues à l'alcool, il est possible d'ajouter des différences de base affectant les mesures physiologiques, telles que pour les mesures EEG. En effet, l'indicateur du niveau de vigilance est obtenu grâce à la puissance des ondes alpha, bêta et thêta. Or de façon générale, les femmes présentent une plus forte amplitude des ondes alpha, thêta et bêta (Wada, Takizawa, Zheng-Yan, & Yamaguchi, 1994), ce qui explique que dans nos résultats les femmes présentent un indicateur EEG (alpha+thêta/bêta) supérieur à celui des hommes dans toutes les conditions y compris placebo.

Des différences en fonction du sexe sont également notables pour les mesures électrodermales. Aldosky (2019) cite ainsi des études montrant un niveau d'activité électrodermale augmentant plus fortement pour les femmes que pour les hommes, ce que nous trouvons également dans notre étude, notamment dans le groupe placebo.

Enfin la variabilité du rythme cardiaque et plus particulièrement le rMSSD des femmes est généralement inférieure à celui des hommes (Saleem, Hussain, Majeed, Khan, 2012), ce que nous retrouvons dans nos résultats.

Il existe donc des différences hommes femmes qui peuvent se manifester par des effets de l'alcool différents en termes de performance de conduite et ces différences pourraient être intégrées dans l'information fournie au public.

PARTIE 5. CONCLUSION

L'analyse EDA montre la difficulté qui existe actuellement pour comprendre les effets de l'alcool en fonction des phases d'alcoolémie à partir des données issues du terrain. Comprendre ces différences au niveau de l'accidentologie se montre cependant d'autant plus important que la partie expérimentale nous montre qu'il existe bel et bien des différences entre la phase ascendante et la phase descendante qui pourraient conduire à une différence dans les types d'accident.

Ce travail montre donc qu'il serait important d'intégrer cette notion de phase dans la recherche d'alcool, en plus de la nécessité de prendre en compte les faibles taux d'alcools dans les PV.

Au niveau expérimental, elle montre non seulement des différences entre les groupes mais aussi les effets des différences interindividuelles faisant que pour une même dose d'alcool, certains individus vont montrer des effets plus conséquents pouvant conduire à des comportements accidentogènes même pour une dose légale.

Enfin au niveau opérationnel, ce travail appelle à une poursuite de la recherche dans la compréhension des phases d'alcoolémie dans différents types de milieux.

PARTIE 6. COMMUNICATIONS

Ce travail a donné lieu à différentes communications :

30 juin 2020. Berthelon, C., Galy, A., Evin, M., Nguma, H., Banet, A., Peytavin, J-F., Aillerie, S., Gineyt, G. Projet BIALCOL. Effets biphasiques de l'alcool sur la conduite automobile. Participation au séminaire COVASR.

8 décembre 2020. Berthelon, C., Nguma, H., Galy, A., Evin, M., Banet, A., Peytavin, J-F. Effets biphasiques de l'alcool sur la conduite automobile. Comité des études de la DSR.

23 novembre 2021. Nguma, H., Berthelon, C., Galy, E., Evin, M., Banet, A. Les effets biphasiques de l'alcool dans le contexte de conduite. Participation au salon de la sécurité routière au service des mobilités (SEMOB), Toulouse.

24 janvier 2022. Nguma, H., Berthelon, C., Galy, A., Evin, M., Banet, A. Présentation interne au Conseil de laboratoire LMA. Effets biphasiques de l'alcool en situation de conduite monotone.

8 février 2022. Nguma, H., Berthelon, C., Galy, A., Evin, M. Les effets biphasiques de l'alcool en situation de conduite monotone : phase expérimentale. Comité des études de la DSR.

28 juillet 2022. Nguma, H., Berthelon, C., Galy, A., Evin, M., Banet, A. Biphasic effects of alcohol in simulated monotonous driving. Participation à la conférence AHFE, New York.

28 août 2022. Nguma, H., Berthelon, C., Galy, A., Evin, M. Acute protracted error in simulated monotonous driving. Participation à la conférence ICADTS.

PARTIE 7. BIBLIOGRAPHIE

1. Hendler, R. A., Ramchandani, V. A., Gilman, J., & Hommer, D. W. (2011). Stimulant and sedative effects of alcohol. *Behavioral neurobiology of alcohol addiction*, 489-509.
2. Chen, H., Zhang, G., Chen, R., Chen, L., & Feng, X. (2016). Comparison of driving performance during the blood alcohol concentration ascending period and descending period under alcohol influence in a driving simulator. *Int. J. Veh. Saf*, 9, 72-84.
3. Marczinski, C. A., Stamatos, A. L., & Maloney, S. F. (2018). Differential development of acute tolerance may explain heightened rates of impaired driving after consumption of alcohol mixed with energy drinks versus alcohol alone. *Experimental and clinical psychopharmacology*, 26(2), 147.
4. Weafer, J., & Fillmore, M. T. (2012). Alcohol-related stimuli reduce inhibitory control of behavior in drinkers. *Psychopharmacology*, 222(3), 489-498.
5. Hendler, R. A., Ramchandani, V. A., Gilman, J., & Hommer, D. W. (2011). Stimulant and sedative effects of alcohol. *Behavioral neurobiology of alcohol addiction*, 489-509.
6. Miller, M. A., & Fillmore, M. T. (2014). Protracted impairment of impulse control under an acute dose of alcohol: A time-course analysis. *Addictive behaviors*, 39(11), 1589-1596.
7. Marczinski, C. A., & Fillmore, M. T. (2009). Acute alcohol tolerance on subjective intoxication and simulated driving performance in binge drinkers. *Psychology of addictive behaviors*, 23(2), 238.
8. Weafer, J., & Fillmore, M. T. (2012). Acute tolerance to alcohol impairment of behavioral and cognitive mechanisms related to driving: drinking and driving on the descending limb. *Psychopharmacology*, 220(4), 697-706.
9. Starkey, N. J., & Charlton, S. G. (2014). The effects of moderate alcohol concentrations on driving and cognitive performance during ascending and descending blood alcohol concentrations. *Human Psychopharmacology: Clinical and Experimental*, 29(4), 370-383.
10. Körber, M., Cingel, A., Zimmermann, M., & Bengler, K. (2015). Vigilance decrement and passive fatigue caused by monotony in automated driving. *Procedia Manufacturing*, 3, 2403-2409.
11. Berthelon, C., Galy, E., Paxion, J., & Ferrier, L. (2016). *ALCOOL, vigiLance, Charge de travail: facteurs d'accident chez les jeunes conducteurs* (Doctoral dissertation, IFSTTAR-Institut Français des Sciences et Technologies des Transports, de l'Aménagement et des Réseaux).
12. Irwin, C., Iudakhina, E., Desbrow, B., & McCartney, D. (2017). Effects of acute alcohol consumption on measures of simulated driving: a systematic review and meta-analysis. *Accident Analysis & Prevention*, 102, 248-266.
13. Thayer, R. E. (1986). Activation-deactivation adjective checklist: Current overview and structural analysis. *Psychological reports*, 58(2), 607-614.
14. Matthews, G., Campbell, S. E., Falconer, S., Joyner, L. A., Huggins, J., Gilliland, K., ... & Warm, J. S. (2002). Fundamental dimensions of subjective state in performance settings: task engagement, distress, and worry. *Emotion*, 2(4), 315.
15. Tiplady, B., Degia, A., & Dixon, P. (2005). Assessment of driver impairment: Evaluation of a two-choice tester using ethanol. *Transportation research part F: traffic psychology and behaviour*, 8(4-5), 299-310.
16. Heishman, S. J., Stitzer, M. L., & Bigelow, G. E. (1988). Alcohol and marijuana: comparative dose effect profiles in humans. *Pharmacology Biochemistry and Behavior*, 31(3), 649-655.
17. Hausamann, P., Sinnott, C., & MacNeilage, P. R. (2020, June). Positional head-eye tracking outside the lab: an open-source solution. In *ACM Symposium on Eye Tracking Research and Applications* (pp. 1-5).
18. Shi, Y., Xu, Y., Ferraioli, A., Piga, B., Mussone, L., & Caruso, G. (2020). A method of processing eye-tracking data to study driver's visual perception in simulated driving scenarios. In *European Transport Conference* (Vol. 2020, pp. 1-18).
19. Kromenacker, B. W. (2021). *Autonomic Responses as a Window on Cognitive Control* (Doctoral dissertation, The University of Arizona).
20. Heishman, S. J., Singleton, E. G., & Crouch, D. J. (1996). Laboratory validation study of drug evaluation and classification program: ethanol, cocaine, and marijuana. *Journal of Analytical Toxicology*, 20(6), 468-483.

21. Paulus, J., Roquilly, A., Beloeil, H., Théraud, J., Asehnoune, K., & Lejus, C. (2013). Pupillary reflex measurement predicts insufficient analgesia before endotracheal suctioning in critically ill patients. *Critical Care*, 17(4), 1-8.
22. Berthelon, C., Galy, E., Paxion, J., & Ferrier, L. (2016). *ALCOol, vigiLance, Charge de travail: facteurs d'accident chez les jeunes conducteurs* (Doctoral dissertation, IFSTTAR-Institut Français des Sciences et Technologies des Transports, de l'Aménagement et des Réseaux).
23. Gates, J. T. (2011). *The influence of stimulants on truck driver culpability in fatal collisions* (Doctoral dissertation).
24. Bègue, L. (2011). Conduites agressives et alcoolisation. *Economie et statistique*, 448(1), 177-190.
25. Ramaekers, J. G., Kuypers, K. P., & Samyn, N. (2006). Stimulant effects of 3, 4-methylenedioxymethamphetamine (MDMA) 75 mg and methylphenidate 20 mg on actual driving during intoxication and withdrawal. *Addiction*, 101(11), 1614-1621.
26. Schmidt, E., & Bullinger, A. C. (2019). Mitigating passive fatigue during monotonous drives with thermal stimuli: Insights into the effect of different stimulation durations. *Accident Analysis & Prevention*, 126, 115-121.
27. Friedrichs, F., & Yang, B. (2010, August). Drowsiness monitoring by steering and lane data based features under real driving conditions. In *2010 18th European Signal Processing Conference* (pp. 209-213). IEEE.
28. Wada, Y., Takizawa, Y., Zheng-Yan, J., & Yamaguchi, N. (1994). Gender differences in quantitative EEG at rest and during photic stimulation in normal young adults. *Clinical Electroencephalography*, 25(2), 81-85.
29. Baraona, E., Abittan, C. S., Dohmen, K., Moretti, M., Pozzato, G., Chayes, Z. W., ... & Lieber, C. S. (2001). Gender differences in pharmacokinetics of alcohol. *Alcoholism: Clinical and Experimental Research*, 25(4), 502-507.
30. Saleem, S., Hussain, M. M., Majeed, S. M. I., & Khan, M. A. (2012). Gender differences of heart rate variability in healthy volunteers. *JPMA-Journal of the Pakistan Medical Association*, 62(5), 422.
31. Aldosky, H. Y. (2019). Impact of obesity and gender differences on electrodermal activities. *General Physiology and Biophysics*, 38(6), 513-518.
32. Thomasson, H. R. (2002). Gender differences in alcohol metabolism. *Recent developments in alcoholism*, 163-179.