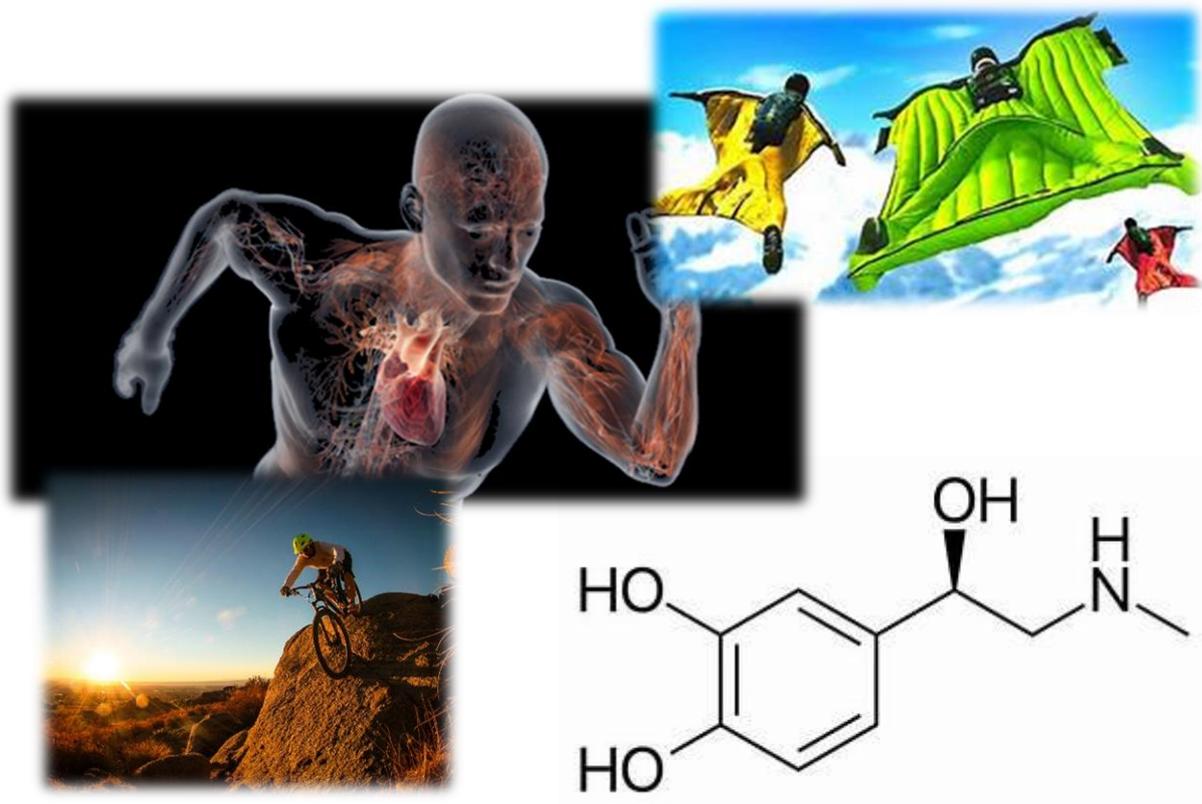


LA DÉPENDANCE DE L'ADRÉNALINE DANS LES SPORTS EXTRÊMES



Travail de maturité

Orlane Gaudenzi

Lycée Blaise-Cendrars, La Chaux-de-Fonds

2019-2020

Table des matières

1. Introduction	3
2. Problématique	4
3. Hypothèses	5
4. L'adrénaline en détail	6
4.1. Qu'est-ce que l'adrénaline ?	6
4.2. Sa découverte	6
4.3. Sa sécrétion	7
4.4. Son mode de fonctionnement	8
4.5. Les réactions corporelles qu'elle induit	10
4.6. Son utilisation externe	11
5. Méthodologie	12
5.1. Conception et contenu	12
5.2. Protocoles	13
5.2.1. Saut	14
5.2.2. Sudoku	14
5.2.3. Parcours	15
5.2.4. Forêt	16
6. Analyses et interprétations	17
6.1. Saut	17
6.1.1. Fréquence cardiaque	17
6.1.2. Pression artérielle	17
6.1.3. Graphiques	17
6.1.4. Conclusion	20
6.2. Sudoku	21
6.2.1. Remplissage et erreurs	21
6.2.2. Fréquence cardiaque	22
6.2.3. Pression artérielle	22
6.2.4. Conclusion	23
6.3. Parcours	24
6.3.1. Fréquence cardiaque	24
6.3.2. Pression artérielle	24
6.3.3. Graphiques	25
6.3.4. Conclusion	27
6.4. Forêt	28

6.4.1. Fréquence cardiaque	28
6.4.2. Pression artérielle	28
6.4.3. Graphiques	29
6.4.4. Conclusion	30
6.5. Interviews sportifs de haut niveau	30
7. Conclusion	33
8. Remerciements	36
9. Bibliographie	36
9.1 Webographie (ordre alphabétique)	36
9.2. Bibliographie (ordre alphabétique)	38

Liens des images de la page de titre (03.01.20) :

<https://i0.wp.com/www.kickassfacts.com/wp-content/uploads/2015/11/Adrenaline.jpg?fit=620%2C330>

<https://tse3.mm.bing.net/th?id=OIP.ummGAd8XOYVtcSZGfiEgZwHaEF&pid=Api&P=0&w=325&h=180>

<https://tse2.mm.bing.net/th?id=OIP.apb3QCKrPUUHTB1yqGDjFgHaEK&pid=Api&P=0&w=277&h=157>

https://s2.best-wallpaper.net/wallpaper/1280x1024/1302/Extreme-sports-mountain-bike_1280x1024.jpg

1. Introduction

Dans le cadre de mon travail de maturité au lycée Blaise-Cendrars, j'ai choisi mon thème en option spécifique biologie-chimie.

Je pratique régulièrement et depuis maintenant plus de 10 ans, un sport qui me tient beaucoup à cœur : l'athlétisme. Depuis toute petite, j'ai toujours aimé courir, sauter, escalader tout ce que je trouvais. J'étais la petite cascadeuse de la famille. En grandissant, j'ai été attirée par les sensations fortes, que ce soit les manèges, les sports de vitesse (karting, ski, snowboard, ...) ou le canyoning.

Mon travail de maturité fera donc le lien entre le sport (extrême) et mon option spécifique (biochimie).

Voici donc en préambule une introduction rapide : le corps humain produit une quantité non négligeable d'hormones, parmi lesquelles : l'adrénaline. Elle est très importante pour chaque humain ou chaque animal. C'est elle qui va, par exemple, pousser la gazelle à s'enfuir quand elle sentira la présence d'un lion. L'adrénaline est donc fortement liée à l'instinct de survie. Elle nous sauve également la vie médicalement. En cas de forte réaction allergique ou d'arrêt cardiaque, une injection d'adrénaline est nécessaire.¹

Dans mon travail de maturité, je vais, en premier lieu, détailler sa sécrétion et les réactions qu'elle induit dans le corps.

A l'aide d'expériences simples, je vais montrer les effets de sa sécrétion.

La deuxième partie du travail va cibler la dépendance de cette hormone dans les sports extrêmes en étudiant les mécanismes biochimiques de l'adrénaline. Aux moyens d'interviews de sportifs d'élite, je vais déterminer si une dépendance est possible. Cela va également me permettre de comprendre leurs points de vue ainsi que leurs manières de fonctionner. Estiment-ils être dépendants physiquement ou psychologiquement à l'adrénaline ?

¹ WIKIPEDIA : *Adrénaline*,
<https://fr.wikipedia.org/wiki/Adr%C3%A9naline>
(consulté le 08.07.19)

2. Problématique

Ces dernières années ont vu l'émergence de nombreuses découvertes dans les domaines techniques : pour la biologie, il est possible de citer la découverte du génome humain² (C.-F bas de page). Pour la chimie, l'apparition du plastique (constitué de chaînes de macromolécules et très facilement modulable. Les bouteilles PET que nous utilisons tous les jours en sont un bon exemple)³.

Ces deux nouveautés, bien qu'elles ciblent des domaines très différents ont toutes deux permis une amélioration de notre quotidien.

Bénéficiant aussi de ces avancées technologiques, les activités, et plus particulièrement celles sportives sont devenues plus faciles d'accès et de ce fait, plus attirantes. Les infrastructures permettant d'explorer de nouvelles sensations en toute sécurité sont devenues courantes, générant un nouveau panel d'adhérents. C'est donc un dilemme pour les mordus habitués aux sensations fortes de trouver d'autres sources d'adrénaline. Leurs choix deviennent limités par les restrictions qu'imposent les nouvelles normes de sécurité. Celles-ci les poussent à chercher leur dose dans des activités encore plus dangereuses, telles que celles que l'on caractérise de « sports extrêmes ».

Plusieurs exemples peuvent illustrer cette recherche toujours plus poussée d'adrénaline : en 2015, un record des plus fous a été réalisé par un rider belge, Kenny Belaey. Il a effectué la traversée d'une sangle (slackline) de 18 mètres, à 2700m d'altitude, le tout au-dessus d'un gouffre de 112m de profondeur à vélo⁴. Ou encore le très célèbre Mike Horn signe un des plus grands exploits de 2017 en traversant l'Antarctique en solitaire⁵.

« Le génome, ou rarement génôme, est l'ensemble du matériel génétique d'une espèce codé dans son acide désoxyribonucléique (ADN),... Il contient en particulier tous les gènes codant des protéines ou correspondant à des ARN structurés, ... »

² WIKIPEDIA : *Génome*,
<https://fr.wikipedia.org/wiki/G%C3%A9nome>
(consulté le 29.09.19)

³ WIKIPEDIA : *Matière plastique*,
https://fr.wikipedia.org/wiki/Mati%C3%A8re_plastique#Chimie_et_composition_g%C3%A9n%C3%A9rale
(consulté le 29.09.19)

⁴ MENNEN : *Records sportifs les plus fous*,
https://www.mennenfrance.fr/article/sports-extremes-les-records-les-plus-fous-part-i_a582/1
(consulté le 30.07.19)

⁵ MENNEN : *Records sportifs les plus fous*,
https://www.mennenfrance.fr/article/sports-extremes-les-records-les-plus-fous-part-i_a582/1
(consulté le 30.07.19)

C'est l'adrénaline (hormone et neurotransmetteur sécrété par le corps humain⁶) qui donne à ces sportifs, en partie, « la force » de tenter et de battre ces records. C'est elle qui, en partie, permet de réagir en cas de stress, lorsque l'on doit faire face à un danger. De fuir en courant face à un chien agressif par exemple. **Mais comment influence-t-elle donc notre corps ?** Quelles sont les réactions biologiques qu'elle induit ?

Pour répondre à ces questions, je vais effectuer des expériences sur deux groupes de sujets. Ces tests auront pour but de mettre en évidence les effets de l'adrénaline sur le corps humain, plus précisément l'augmentation du rythme cardiaque et de la pression artérielle. Des recherches littéraires me seront également nécessaires.

Je peux dès lors poser deux hypothèses :

1. Quelle que soit la dose, l'adrénaline provoque les mêmes symptômes.
2. Chaque individu réagit différemment à une même situation et va donc sécréter une dose différente d'adrénaline.

Nous avons malheureusement, déjà tous entendu parler de personnes se tuant en pratiquant un sport extrême (alpinisme, formule 1, ...) ⁷. **Savons-nous ce qui pousse ces sportifs à prendre de tels risques ? Et si cette hormone pouvait en être la cause ?**

Hypothèse :

3. L'adrénaline peut être nocive pour le corps (peut provoquer la mort).

On pourrait penser que ces personnes ne savent pas se contenter de ce qu'elles ont, qu'elles ont besoin de plus pour se sentir bien, quitte à prendre des risques inconsidérés pour ressentir l'effet de l'adrénaline durant quelques secondes. On les traiterait alors de drogués aux sensations fortes, de fous. **Dans ce cas, l'adrénaline pourrait induire une dépendance. Mais est-ce réellement, biochimiquement, psychologiquement le cas ? Pouvons-nous devenir dépendants d'une réaction « naturelle » de notre corps ?**

Hypothèse :

4. Est-ce que l'adrénaline peut induire une dépendance.

Toutes ces questions vont être abordées dans mon travail de maturité. La principale étant la possibilité de devenir dépendant de l'adrénaline. Il en ressortira une meilleure compréhension des motivations de certains sportifs à se mettre en danger, notamment pour les sports extrêmes. Je pourrai également déterminer, à l'aide d'interviews, le niveau de conscience des sportifs face à leur présumée dépendance.

3. Hypothèses

1. Quelle que soit la dose, l'adrénaline provoque les mêmes symptômes.
2. Chaque individu réagit différemment à une même situation et va donc sécréter une dose différente d'adrénaline.
3. L'adrénaline peut être nocive pour le corps (peut provoquer la mort).
4. A haute et fréquente dose, l'adrénaline peut induire une dépendance chez l'individu.

⁶ LE PETIT LAROUSSE ILLUSTRÉ, Larousse Editions, Paris 2002

⁷ C-F. Annexes

4. L'adrénaline en détail

4.1. Qu'est-ce que l'adrénaline ?

L'adrénaline ou épinéphrine fait partie de la famille des catécholamines. Ce sont des hormones et des neurotransmetteurs.

L'adrénaline joue le rôle de neurotransmetteur dans le cerveau et agit en tant qu'hormone dans le sang.

Elle est la plus connue des catécholamines mais il existe aussi la noradrénaline (norépinéphrine) et la dopamine. Ces catécholamines ont pour particularité d'agir extrêmement vite dans l'organisme, de l'ordre de quelques secondes.⁸

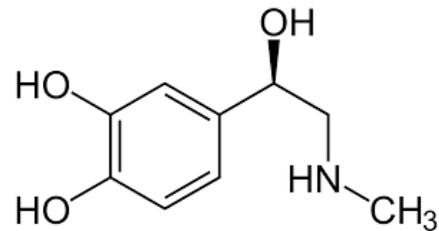


Figure N°1 : Structure de l'adrénaline, 29.09.19

(R)-4-(1-hydroxy-2-(méthylamino)éthyl)benzène-1,2-diol

(C₉H₁₃NO₃)

<https://fr.wikipedia.org/wiki/Adr%C3%A9naline>

4.2. Sa découverte⁹

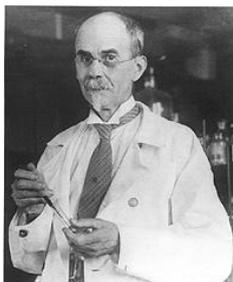


Figure N°2, John Jacob Abel, 19.10.19

http://adrenaline15.e-monsite.com/medias/images/abel-jj-1-jpg?fx=r_230_270

Au XXe siècle, le Polonais Napoleon Cybulski est le premier à isoler une substance contenant des catécholamines. Deux autres scientifiques anglais, Edward Schafer et Georges Oliver, obtiennent des extraits de glande surrénale (C.-F Sa sécrétion).

Plus tard, l'Américain John Abel isole une molécule qu'il appelle épinéphrine. Sa découverte ressemble fortement à l'adrénaline que nous connaissons mais quelques détails diffèrent. C'est des métabolites inactifs « *substance qui est formée au cours du métabolisme cellulaire et qui n'agit pas sur l'organisme.* »¹⁰

C'est donc le japonais Jokichi Takamine qui, en 1900, produira les premiers extraits purs d'adrénaline. Il brevète sa découverte sous le nom « Adrenalin® » et propose une formule.

Une année après, un collaborateur d'Abel, Thomas Aldrich, découvre, lui aussi, une substance très proche de l'adrénaline d'aujourd'hui. Sa formule diffère quelque peu de celle de Takamine. Elle sera plus tard reconnue comme étant la bonne.

⁸ WIKIPEDIA : Adrénaline, <https://fr.wikipedia.org/wiki/Adr%C3%A9naline> (consulté le 08.07.19)

⁹ ADRENALINE15.E-MONSITE : Adrénaline, <http://adrenaline15.e-monsite.com/pages/sa-secretion-1.html> (consulté le 24.09.19)

¹⁰ OFFICE QUEBECOIS DE LA LANGUE FRANCAISE : Métabolites inactifs, http://gdt.oqlf.gouv.qc.ca/ficheOqlf.aspx?Id_Fiche=8372645 (consulté le 18.11.19)

4.3. Sa sécrétion¹¹

L'adrénaline est produite par la médulla (le centre) des glandes surrénales situées au-dessus des reins (étymologiquement, *ad renes* (latin) signifie : près du rein). Sa sécrétion est stimulée par le système nerveux sympathique (qui fonctionne indépendamment de notre volonté pour répondre aux besoins de notre organisme, par réflexe). Il la mobilise pour répondre à une situation d'émotion intense (par exemple ; de stress), d'activité physique ou à un besoin d'énergie extrêmement rapide. Par exemple en cas d'hypothermie, de manque d'oxygène ou lors d'une douleur physique.

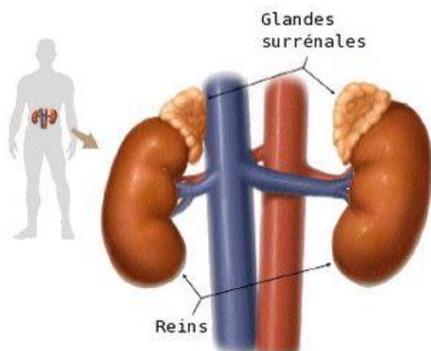


Figure N°3, Glandes médullo-surrénales, 22.10.19

https://www.google.com/url?sa=i&source=images&cd=&ved=2ahUKewjnYvZxa_IAhXKYIAKHTDyCJAQjRx6BAqBEAQ&url=9

(le lien n'est pas complet car trop long pour figurer entièrement)

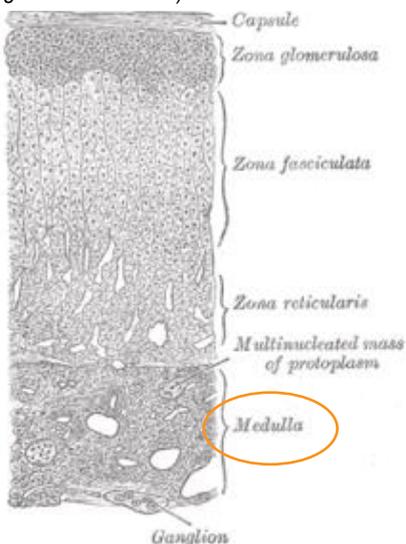


Figure N°4, Médulla des glandes médullo-surrénales, 18.11.19

<https://www.google.com/url?sa=i&source=images&cd=&ved=2ahUKewjppq5P2ifTIAhUCGuwKHcesD3sQj>

(le lien n'est pas complet car trop long pour figurer entièrement)

¹¹ ADRENALINE15.E-MONSITE : Adrénaline, <http://adrenaline15.e-monsite.com/pages/sa-secretion-1.html> (consulté le 24.09.19)

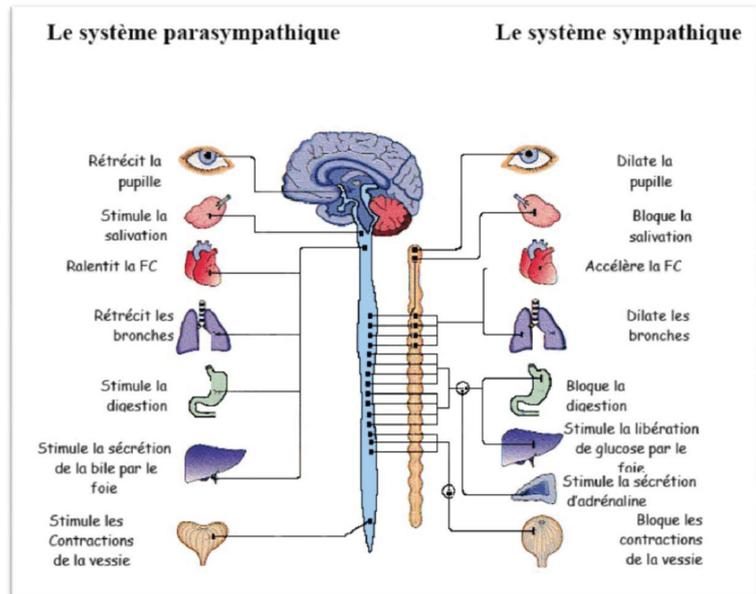


Figure N°5, Systèmes sympathique et parasympathique, 22.10.19

https://www.researchgate.net/profile/Damien_Saboul2/publication/295120883/figure/fig

(le lien n'est pas complet car trop long pour figurer entièrement)

La figure N°5 représente les deux parties du système nerveux ; le système parasympathique et le système sympathique. Celui-ci est en grande partie responsable des augmentations des phénomènes métaboliques de notre corps.

4.4. Son mode de fonctionnement^{12,13}

Le système nerveux sympathique produit des hormones que l'on nomme stimulines. Celles-ci vont réguler toutes les autres glandes de notre organisme.

Le système se sert de deux glandes endocrines ; l'hypophyse et l'hypothalamus. Le second contrôle le premier au moyen d'une hormone endocrine (directement libérée dans le sang), la CRH (corticotrophine releasing hormone).

La CRH va provoquer la libération dans l'hypophyse d'une autre hormone, l'adrénocorticotrophine (ACTH) qui elle, active la glande médullo-surrénale (partie centrale de la glande surrénale). Les cellules chromaffines, situées dans la médulla des glandes médullosurrénales (C.-F. Figure N°4), déchargent des catécholamines dans le sang.

L'adrénaline joue un rôle de neurotransmetteur pour ordonner sa propre sécrétion endocrine. Elle permet la communication entre les neurones préganglionnaires (cellules nerveuse situées avant les ganglions) et les cellules chromaffines.

En résumé ; le système nerveux sympathique ordonne la synthèse à grande échelle de catécholamines (principalement de l'adrénaline mais aussi de la dopamine et de la noradrénaline) qui vont se déverser dans le sang et ceci en se servant de l'adrénaline comme neurotransmetteur.

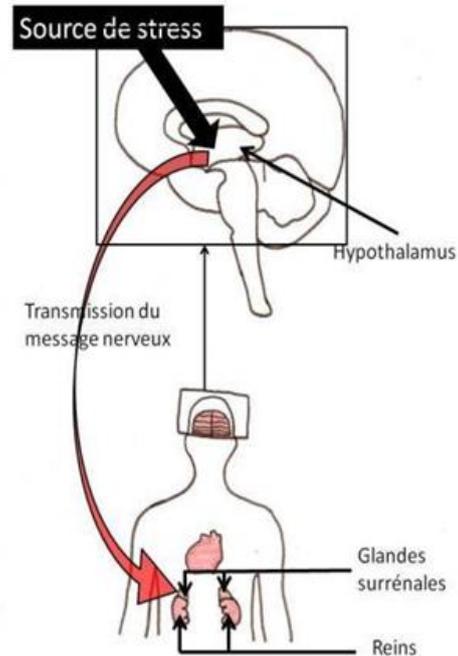


Figure N°6, Transmission nerveuse du message, 22.10.19

https://www.google.com/url?sa=i&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjlnZH2y6_IAhXlaV/
(le lien n'est pas complet car trop long pour figurer entièrement)

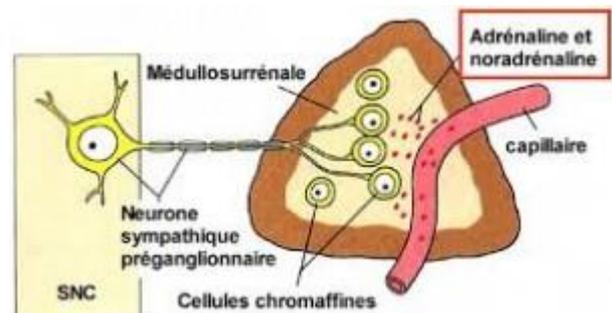
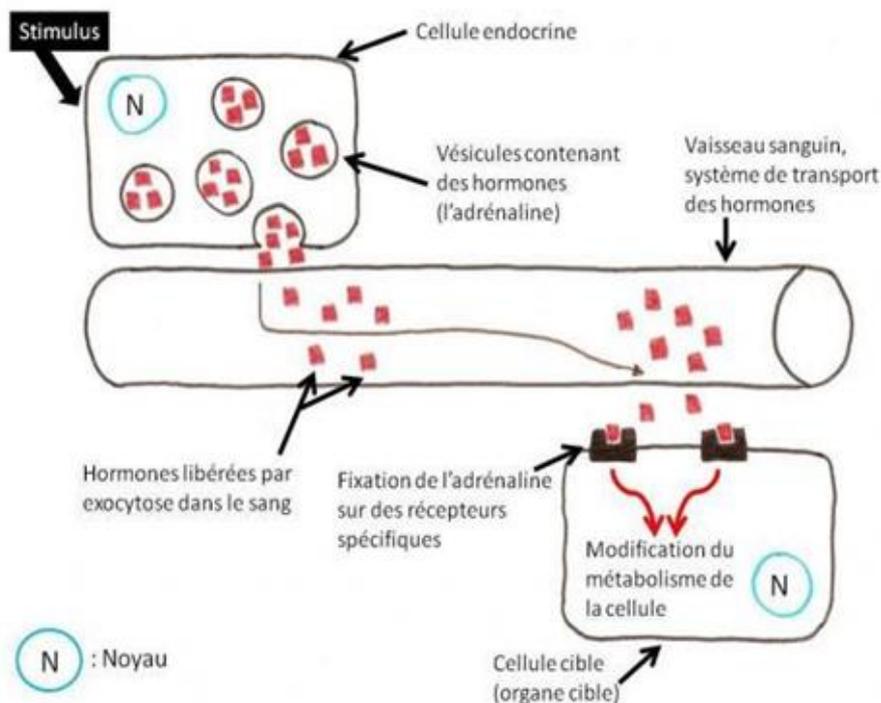


Figure N°7, Cellules préganglionnaires et cellules chromaffines, 13.11.19

<https://www.google.com/url?sa=i&source=images&cd=&ved=2ahUKEwi5muWkt-flAhXNb1AKHShFDSQQjRx6BAqBEAQ&url=https%3A%2F%2F40>

¹² ADRENALINE15.E-MONSITE : Adrénaline,
<http://adrenaline15.e-monsite.com/pages/sa-secretion-1.html>
(consulté le 24.09.19)

¹³ WIKIPEDIA : Adrénaline,
<https://fr.wikipedia.org/wiki/Adr%C3%A9naline>
(consulté le 08.07.19)



**Figure N°9,
Fonctionnement
synaptique de
l'adrénaline, 22.10.19**

https://www.google.com/ur/l?sa=i&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwizzJX6vq_IAhWR_LFAKHWWr

(le lien n'est pas complet car trop long pour figurer entièrement)

4.5. Les réactions corporelles qu'elle induit

Les réactions du corps varient selon la dose d'adrénaline dans le sang.

A faible dose ($0,1 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$), l'adrénaline va de préférence se fixer sur les récepteurs β^{16} .

Cette liaison provoque plusieurs réactions physiologiques ; l'augmentation de la fréquence cardiaque, de l'hyper vigilance, l'activation de la lipolyse (dégradation des lipides)¹⁷, de l'hypotension artérielle (pression dans les artères inférieure à 90 mmHg)¹⁸, une hyperglycémie (trop de sucre dans le sang), une vasodilatation (dilatation des vaisseaux sanguins)¹⁹, une dilatation des bronches, une relaxation des muscles de l'intestin de la vessie et de l'utérus.²⁰

¹⁶ WIKIPEDIA : *Adrénaline*,
<https://fr.wikipedia.org/wiki/Adr%C3%A9naline>
(consulté le 08.07.19)

¹⁷ WIKIPEDIA : *Lipolyse*,
<https://fr.wikipedia.org/wiki/Lipolyse>
(consulté le 18.10.19)

¹⁸ REVUE MEDICALE SUISSE : *Hypotension artérielle*,
<https://www.revmed.ch/RMS/2018/RMS-N-618/Hypotension-arterielle-l-envers-du-decor>
(consulté le 08.07.19)

¹⁹ FUTURASCIENCES.COM : *Vasodilatation*,
<https://www.futura-sciences.com/sante/definitions/medecine-vasodilatation-4677/>
(consulté le 18.10.19)

²⁰ WIKIPEDIA : *Adrénaline*,

A forte dose, les récepteurs α et β sont stimulés. Mais les récepteurs α sont plus nombreux dans les organes et leurs effets sont dominants.

Cette double stimulation induit toujours une augmentation de la fréquence cardiaque et de l'hyper vigilance mais également une augmentation de la production de glucose dans le foie (glycogénolyse), une hypertension artérielle et une vasoconstriction qui domine la vasodilatation due aux récepteurs β (diminution du diamètre des vaisseaux sanguins)²¹.

La durée d'action de l'adrénaline est très brève : environ deux minutes. Elle est rapidement dégradée par deux enzymes, la catéchol-oxyméthyltransférase (COMT) et la monoamine oxydase (MAO)²².

4.6. Son utilisation externe

Elle est utilisée dans la médecine, notamment lors d'un arrêt cardiovasculaire ou en cas de choc anaphylactique (forte réaction allergique)²³. On peut aussi l'utiliser en réanimation pour certains états de choc, pour lutter contre les crises d'asthme et en obstétrique pour diminuer les contractions utérines et éviter les fausses couches²⁴.

La prise externe d'adrénaline peut être très dangereuse. Si elle n'est pas dosée correctement, elle peut provoquer des troubles du rythme cardiaque ou de la tachycardie²⁵.

Elle peut créer une dépendance. Celle-ci va se traduire par plusieurs symptômes qui seront cités ultérieurement.

<https://fr.wikipedia.org/wiki/Adr%C3%A9naline>
(consulté le 18.10.19)

²¹DOCTISSIMO.FR : Vasoconstriction artérielle,
<https://www.doctissimo.fr/sante/dictionnaire-medical/vasoconstriction-arterielle>
(consulté le 18.10.19)

²² WIKIPEDIA : *Adrénaline*,
<https://fr.wikipedia.org/wiki/Adr%C3%A9naline>
(consulté le 18.10.19)

²³AHA.CH : *Anaphylaxie*,
https://www.aha.ch/centre-allergie-suisse/vivre-avec-des-allergies/infotheque-aha-magazine-livres-tests-apps/test-fr/test-d-anaphylaxie/?oid=1748&lang=fr&qclid=EAlalQobChMI6rTazP3a5gIVyuWaCh2-pg1HEAAYASAAEqKXd_D_BwE
(consulté le 18.10.19)

²⁴ ADRENALINE15.E-MONSITE : *Adrénaline*,
<http://adrenaline15.e-monsite.com/pages/sa-secretion-1.html>
(consulté le 24.09.19)

²⁵ ALLODOCTEURS.FR : *Adrénaline*,
https://www.allodocteurs.fr/maladies/maladies-hormonales/adrenaline-l-hormone-du-stress_287.html
(consulté le 13.11.19)

5. Méthodologie

5.1. Conception et contenu

Avant toute chose, il est important de préciser que les tests effectués sont expérimentaux ; le but n'est pas d'obtenir des résultats extrêmement rigoureux. Il s'agit juste de mettre en évidence les réactions que le corps humain a lors d'un contact avec de l'adrénaline. Comme supposé dans l'hypothèse N°2, les sujets ne vont probablement pas tous réagir de la même manière. Chaque sujet va donc produire une dose différente d'adrénaline. Je ne pourrais malheureusement pas quantifier cette dose.

Pour montrer ces réactions, j'ai créé 4 expériences distinctes :

1. Saut
2. Sudoku
3. Parcours
4. Forêt

Il s'agira alors de comparer deux groupes effectuant les expériences (sportifs de haut niveau / sportifs amateurs). Les sportifs de haut niveau seront-ils moins sujets au stress et à la pression ? Y aura-t-il moins d'effets sur leur corps ?

Les deux facteurs physiologiques testés seront l'augmentation de la fréquence cardiaque et la variation de la pression artérielle (hausse ou baisse suivant les récepteurs impliqués).

Pour ce faire, je vais mettre 12 sujets en situation de stress, d'ignorance ou de perte de repères. Les mesures seront prises au moyen d'une montre (permettant la mesure du rythme cardiaque) portée durant l'expérience et d'un tensiomètre (permettant la mesure de la pression artérielle).

Groupes de sujets :

1. 6 Filles et garçons entre 17 et 19 ans, sportifs ou non
2. 6 Filles et garçons entre 17 et 19 ans, sportifs de haut niveau (sport-études)

Pour une question d'organisation et pour garder l'anonymat des participants, chaque sujet se verra attribuer un numéro de 1 jusqu'à 12.

Pour connaître le ressenti des participants, j'ai créé un questionnaire basé sur une échelle de 10 points maximum. Bien sûr, c'est un test expérimental mais il me permettra de comparer les impressions des sujets avec les résultats mesurés.

Les résultats seront analysés globalement au moyen des questionnaires, des tableaux de résultats obtenus et des graphiques de fréquences cardiaques fournis par la montre.

Tous les graphiques et tableaux de mesure seront mis en annexes et seules les informations intéressantes seront retenues dans l'analyse.

En deuxième partie, je vais interviewer (par e-mail ou lors de rencontre) 5 sportifs internationaux. Le but étant de savoir s'ils s'estiment dépendant de leur sport et quelles pourraient en être les causes.

Ces interviews sont donc bien sûr une question d'interprétation. Ce ne sont pas des données très mesurables mais elles me permettront de mieux comprendre la vision qu'ont les sportifs d'eux-mêmes et de leur sport.

J'ai également eu l'opportunité d'écouter une conférence de l'alpiniste et ultra-traileur renommé, Kilian Jornet. J'ai pu lui poser une question à laquelle il a répondu avec plaisir (estime-t-il être dépendant des sensations qu'il ressent durant son activité, et plus précisément dépendant de l'adrénaline) et pour compléter ma recherche, j'ai lu son livre intitulé Courir ou mourir.

J'ai également lu le livre d'un des sportifs que j'ai interviewés, Christian Fatton : Courir à perdre la raison. Cela m'a permis de comprendre plus en profondeur la vie d'un sportif, ses motivations et pensées, et la manière dont il se considère.

Présentation des sportifs interviewés

Géraldine Fasnacht : snowboardeuse freeride, basejumeuse et pilote de wingsuit suisse mondialement connue, notamment pour son vol historique en wingsuit autour du Cervin le 7 juin 2014.

Christian Fatton : coureur suisse d'ultra-trails et d'ultra-marathons. Pour citer qu'une seule course de son incroyable palmarès, Christian a couru, du 23 au 25 juillet 2007, la course réputée « la plus dure du monde » ; la Badwater.

Yvain Jeanneret : Triathlète local qui a participé à l'Ironman de Hawaï en 2016.

Didier Cuhe : skieur suisse, médaillé aux jeux olympiques de 1998 et aux Championnats du monde de 2007-2009-2011. Il a également gagné de nombreuses coupes de cristal en Coupe du Monde.

Nino Schurter : coureur de VTT cross-country. Il a été sacré pour la 8^e fois de sa carrière, Champion du monde de la discipline en 2019. Il a également obtenu plusieurs médailles aux Jeux Olympiques.

Kilian Jornet : Sportif professionnel espagnol, spécialiste de ski-alpinisme, d'ultra-trail et de courses de montagne.

5.2. Protocoles

A faire avant les expériences ;

Demander au sujet de mesurer 3 fois sa fréquence cardiaque au repos selon la méthode suivante ;

Au réveil, durant 15 secondes, compter le nombre de battement de cœur (sur le poignet ou sur la carotide). Multiplier ensuite le nombre par quatre (= nombre de battements par minute).

5.2.1. Saut

Matériel : bandeau, appareil pouvant mesurer la fréquence cardiaque, appareil de pression, questionnaire (C.-F. Annexes), engins de la salle de gym (caisson, gros tapis, banc)

Lieu : salle de gym

- a) Bander les yeux du sujet, lui mettre la montre
- b) Prendre et noter la fréquence cardiaque et la pression (avec l'appareil) lorsque que le sujet est calme
- c) Faire monter le sujet debout sur un caisson de 4 éléments (un banc sert de marche). Un gros tapis sera en dessous
- d) Lui demander de croiser les bras sur la poitrine, de serrer les abdos, les fesses et de tenir sa nuque
- e) Lui demander de se laisser tomber en arrière
- f) Reprendre la fréquence cardiaque et la pression
- g) Donner le questionnaire



Figure N°10, Installation expérience Saut, 02.12.19, Orlane Gaudenzi

5.2.2. Sudoku

Préparer deux sudokus différents mais de même niveau.

Matériel : 2 sudokus, appareil pouvant mesurer la fréquence cardiaque, appareil de pression, chronomètre, questionnaire (C.-F. Annexes)

Lieu : couloir des salles de gym

- a) Préparer le sujet ; mettre la montre de fréquence cardiaque
- b) Enclencher la montre
- c) Prendre et noter la fréquence cardiaque et la pression (avec l'appareil) lorsque que le sujet est calme
- d) Donner le premier (N°2) sudoku à faire et chronométrer avec la montre déjà enclenchée. Le sujet doit le faire le plus rapidement possible. Le stopper s'il dépasse les 5 minutes d'activité.
- e) Reprendre et noter la fréquence cardiaque et la pression lorsque que le sujet est calme
- f) Donner le deuxième sudoku
- g) Mettre un minuteur de 5 minutes
- h) Stresser le sujet en lui disant qu'il lui reste x temps (toutes les 10 secondes), les 10 dernières secondes, décompter (10-9-8, ...)
- i) A la fin, reprendre la fréquence cardiaque et la pression
- j) Donner le questionnaire

5.2.4. Forêt

Repérer au préalable un sentier non-accidenté

Enregistrer une séquence audio dans laquelle indiquer au sujet qu'il doit retrouver une telle personne (qui les attendra à l'arrivée, mais les sujets ne le savent pas)

L'expérience se déroulera de nuit. Les sujets devront ne porter aucun téléphone portable ou torche.

Matériel : bandeau, appareil pouvant mesurer la fréquence cardiaque, appareil de pression, questionnaire (C.-F Annexes), enregistrement (indication de la direction)

Lieu : forêt près de l'hôtel des Endroits

- Bander les yeux du sujet
- Amener le sujet en marchant au lieu de départ
- Prendre et noter la fréquence cardiaque et la pression (avec l'appareil) lorsque que le sujet est calme
- Faire écouter l'enregistrement. Leur indiquer la direction s'ils partent dans le mauvais sens
- Complice ; quand le sujet passe devant lui, lui faire peur.*
- Prendre la fréquence cardiaque et la pression à l'arrivée.
- Donner le questionnaire

Pendant toute l'expérience, un complice sera caché dans la forêt et devra effrayer le sujet.

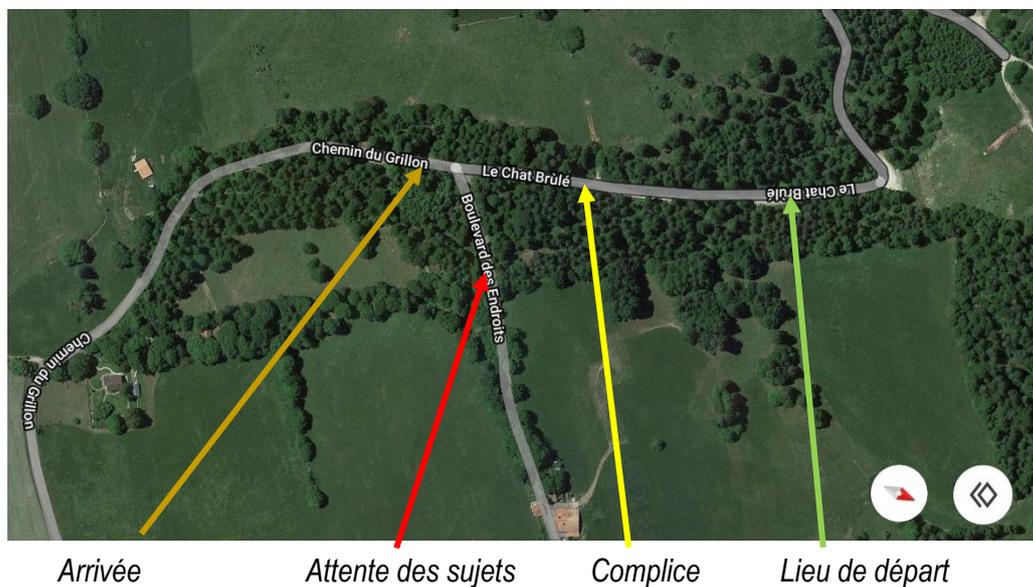


Figure N°12, Emplacements forêt, 23.12.19
Référence : Google Maps

6. Analyses et interprétations

6.1. Saut

6.1.1. Fréquence cardiaque

Tous les sujets (12/12 ; 100 %) ont baissé leur fréquence cardiaque à la fin de l'expérience par rapport au départ. Le stress de ne pas savoir ce qu'ils devraient faire les fait(s) augmenter leur rythme cardiaque en début d'expérience.

Ensuite, une fois l'expérience terminée, les sujets se disent que c'est fini, qu'ils ne risquent plus rien se détendent. Nous l'observons par une baisse significative dans les résultats.

Dans l'ensemble, presque tous les sujets (10/12 ; 83 %) commencent l'activité en ayant leur fréquence cardiaque plus élevée que leur fréquence de repos. Ce qui est tout à fait normal. Le corps a bougé, travaillé et il a donc besoin d'un plus grand apport de sang et d'oxygène que durant la nuit (la fréquence cardiaque de repos est prise directement au réveil et permet de mesurer l'intensité cardiaque sans activités qui pourraient l'influencer).

6.1.2. Pression artérielle

En moyenne (10/12 ; 83 %), nous observons une hausse de la pression systolique (pression artérielle mesurée lors de la contraction du cœur)²⁶ entre le début et la fin de l'expérience. Le cœur bat plus vite, et expulse plus de sang. Il y a donc une plus haute pression dans les artères, d'où l'augmentation de la systole.

La pression diastolique (pression artérielle mesurée lors du relâchement du cœur)²⁷, elle, diminue quelques peu. Le cœur aura expulsé plus de sang qu'en temps normal en systole. Les organes reçoivent plus de sang, les artères sont donc plus dépourvues en sang qu'en temps normal (à fréquence cardiaque normale) et la pression diastolique diminue.

6.1.3. Graphiques

Pour chacune de mes expériences, j'ai sélectionné les graphiques les plus représentatifs, c'est-à-dire les différentes réactions qu'a le corps humain lors d'une supposée sécrétion d'adrénaline.

Les graphiques se lisent de la manière suivante :

Sur l'axe X : le temps de l'expérience en minutes

Sur l'axe Y : la fréquence cardiaque du sujet en battements par minutes (bpm)

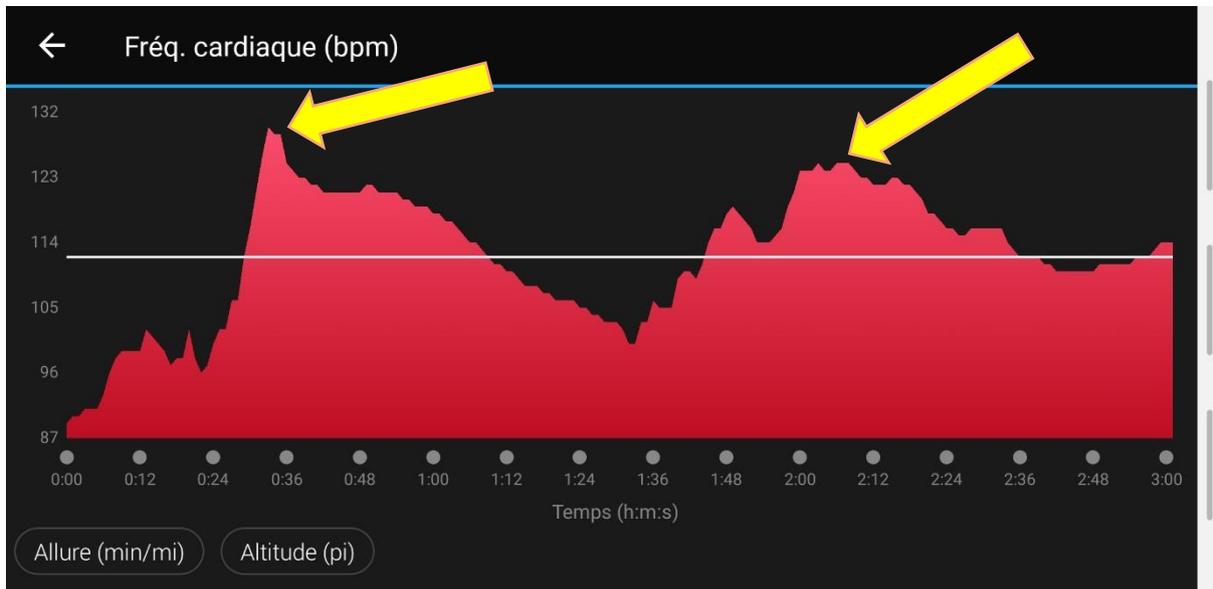
La ligne blanche correspond à la moyenne de fréquence cardiaque du sujet sur la durée de l'expérience.

²⁶FUTURASCIENCES.COM ; *Pression systolique*,
<https://www.futura-sciences.com/sante/definitions/medecine-pression-systolique-7333/>
(consulté le 23.12.19)

²⁷ FUTURASCIENCES.COM ; *Pression diastolique*,
<https://www.futura-sciences.com/sante/definitions/medecine-pression-systolique-7333/>
(consulté le 23.12.19)

Voici donc les 3 tendances que j'ai sélectionnées pour cette expérience ;

1) La première est la plus significative de la peur ressentie par les sujets. Il y a 2 pics de fréquence cardiaque.



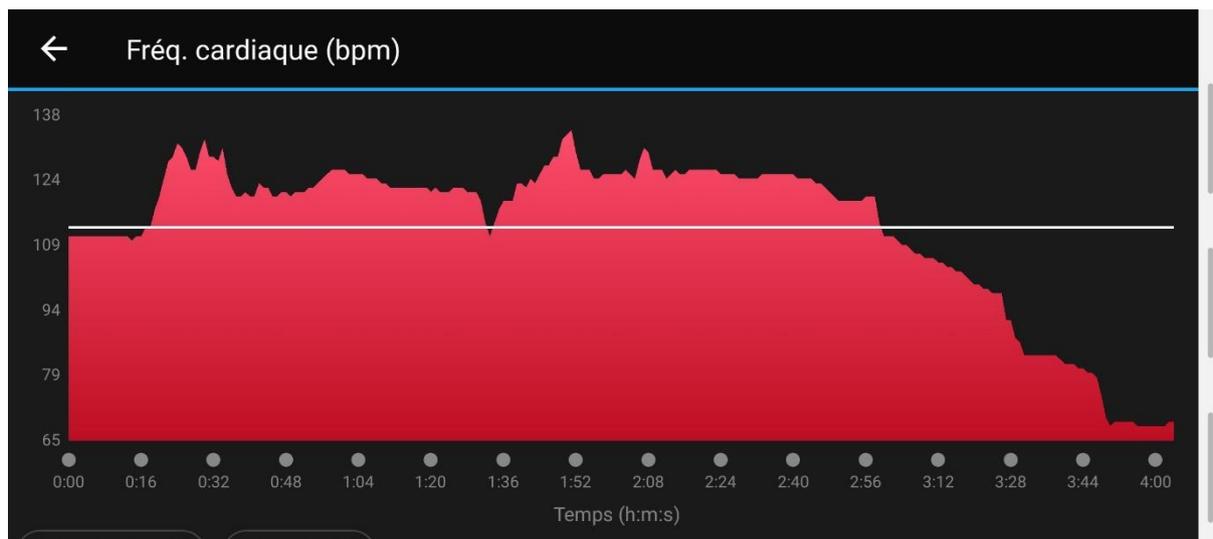
Graphique N°1, cas de figure n°1 Saut, Participant n°11, 23.12.19

Le premier pic est dû au fait de monter sur le caisson. Le sujet ne sait pas ce qu'il fait, stresse et cela est illustré par ce pic. Une fois en haut du caisson, le sujet se calme quelque peu.

Ensuite, à l'annonce de ce qu'il doit faire, le sujet stresse à nouveau : sa fréquence cardiaque augmente.

Il se laisse alors tomber : nous sommes au maximum du pic. La fréquence cardiaque baisse petit à petit. Le sujet se calme, comprend que l'activité est terminée et qu'il est en sécurité.

2) le deuxième cas de figure est le suivant ; il n'y a pas de réel pic de fréquence cardiaque.

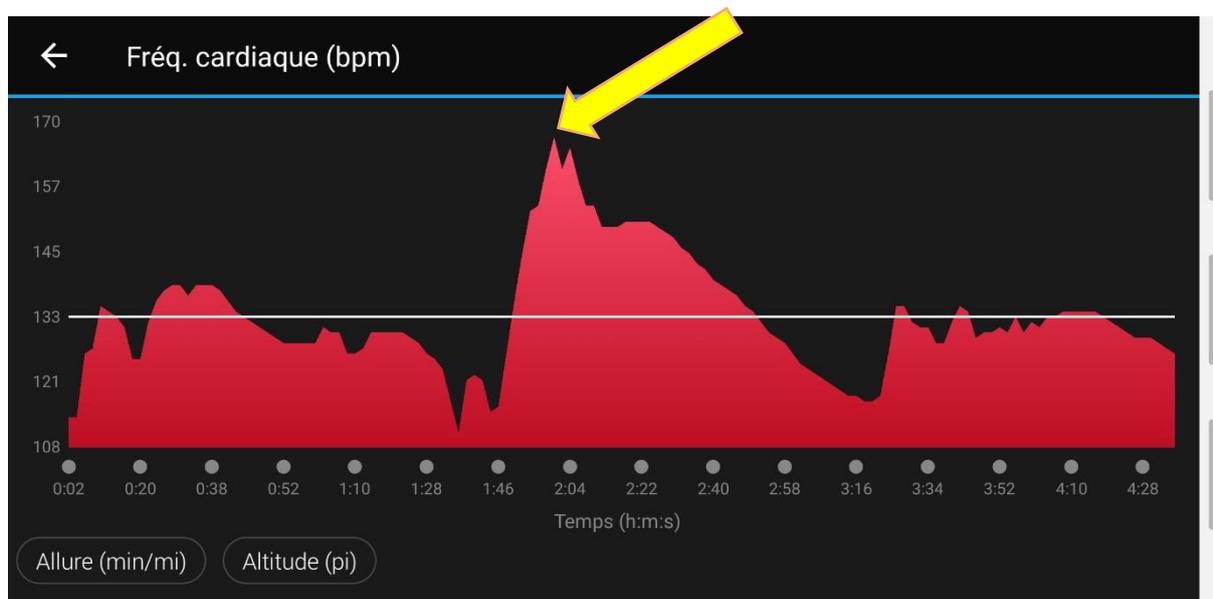


Graphique N°2, cas de figure n°2 Saut, Participant n°12, 23.12.19

Le sujet est très stressé dès le début de l'expérience, c'est-à-dire quand il doit monter sur le caisson. Il n'arrive pas à se sentir en sécurité et à se calmer. Il y a une baisse mais elle n'est pas très significative d'un réel apaisement.

Il y a un second « mini » pic. C'est l'instant où le sujet se laisse tomber. Ensuite, il se calme et la fréquence diminue considérablement (plus qu'au début de l'expérience).

3) le troisième et dernier cas de figure s'exprime ainsi ; il y a un grand pic au milieu de l'expérience. Durant les autres intervalles de temps, la fréquence est plus variée.

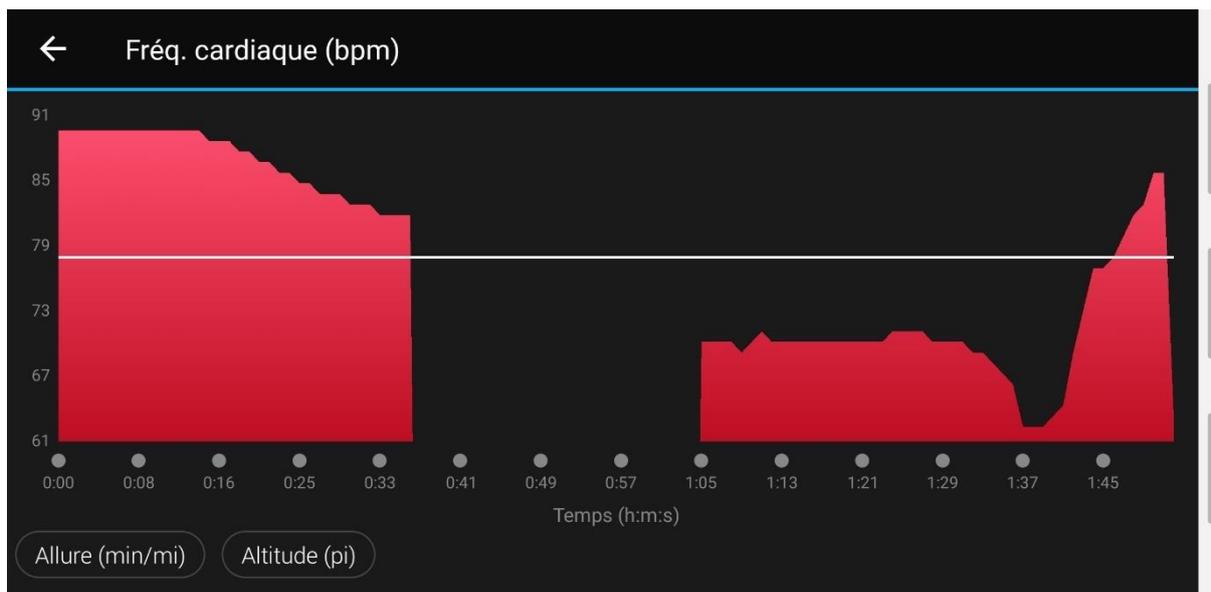


Graphique N°3, cas de figure n°3 Saut, Participant n°6, 23.12.19

Le sujet est en situation de stress. Il ne sait pas ce qu'il doit faire. Comme pour le cas de figure N°1, il stresse lors de la montée sur le caisson. Une fois sur celui-ci, le sujet se calme très rapidement et considérablement.

L'annonce de l'activité et son exécution vont le faire stresser, mais le « pic » de stress n'est pas très significatif si l'on prend comme comparaison son pic précédent (flèche jaune).

Cette réaction peut être due à une totale confiance en soi et/ou en les accompagnateurs. L'activité ne lui fait peut-être pas ou peu peur.



Graphique N°4, Graphique erroné Saut, Participant n°2, 23.12.19

Dans ce cas-ci, j'observe un manque de données aux alentours des 45 secondes d'expérience. Cette erreur est arrivée plusieurs fois au cours de mes expériences.

Il m'a été impossible de vérifier pendant l'expérience si tout allait bien. A la lecture de ces résultats erronés, j'étais dans l'impossibilité de refaire l'expérience. Les sujets connaissaient déjà le principe et il n'y aurait plus eu de surprise. Le renouvellement de l'expérience n'aurait pas donné de résultats acceptables.

Ce manque de donnée peut être dû à un bug de la montre. Elle n'a peut-être pas réussi à capter la fréquence cardiaque du sujet sur un laps de temps variable.

La montre a également pu se séparer temporairement de la peau du sujet, raison pour laquelle je n'observe plus de données.

6.1.4. Conclusion

Pour conclure, je peux affirmer que tous les sujets (12/12 ; 100%) ont estimé avoir stressé et eu peur (5 ou plus dans le questionnaire). Le graphique de fréquence cardiaque le montre clairement pour la plupart des sujets. Les pics sont assez significatifs d'une poussée d'adrénaline.

En effet, l'expérience ne dure que quelques secondes. Il est donc possible de voir une augmentation de la fréquence cardiaque et également de la pression systolique. Ces caractéristiques sont liées à l'activité métabolique de l'adrénaline. Celle-ci est sécrétée car le corps se croit en danger quand le sujet se laisse tomber.

Tous sécrètent une dose d'adrénaline différente. Dans le cas contraire, nous aurions 12 graphiques similaires. Chaque personne réagit également différemment à une situation. L'expérience et la gestion du stress peuvent être des facteurs qui conditionnent cette réaction.

Il n'y a pas de différences notables entre les sportifs de hauts niveaux et les autres. Il faudrait faire des tests plus approfondis pour obtenir une réponse définitive (si oui ou non, les sportifs de haut niveau arrivent mieux gérer le stress que les autres).

Dans la réponse aux questionnaires, plusieurs sujets (6/12 ; 50 %) ont affirmé avoir déjà vécu des sensations semblables durant plusieurs activités ; plongeon (sujet N°7), acrobaties (sujet N°4), accrobranche ou grimpe (sujet N°2), natation (sujet N°3), compétitions (sujet N°5).

Je peux en déduire que ces activités peuvent également amener le corps à ressentir une situation de stress, de danger et donc à sécréter de l'adrénaline.

L'activité a, en général (11/12 ; 92 %), plu aux participants car seule une personne (N°10) ne souhaitait pas réitérer l'expérience.

Les sensations ressenties ont été appréciées pour les 92 % (11/12) d'entre eux comme le démontrent les réponses du questionnaire au-dessus de la note 5.

6.2. Sudoku

6.2.1. Remplissage et erreurs

Pour les deux sudokus, aucun sujet n'a réussi à finir dans le temps imparti.

Si je rassemble les résultats de l'enquête après l'expérience, j'obtiens deux groupes ;

- a) 7/12 personnes estiment avoir stressé (> 5 sur l'échelle du questionnaire) ; 58%
- b) 5/12 personnes estiment n'avoir pas stressé ou du moins très peu (< 5 sur l'échelle) ; 42%

Dans presque tous les cas (11/12 ; 92%), les sujets ont amélioré leur pourcentage de remplissage.

On peut en déduire que ;

- Soit le deuxième sudoku était plus facile pour tous.
- Soit le fait de s'exercer sur un premier sudoku permet de prendre l'habitude, et donc d'avoir une meilleure perception des chiffres, des méthodes pour le deuxième sudoku.
- Soit le fait de les stresser les aide(s) dans la résolution (dû à l'hyper vigilance).

4/12 sujets ; 33% (les N° 3, 4, 6, 11) ont amélioré leur réussite lors du sudoku soumis au stress. Il peut y avoir deux explications ;

- Le stress leur permet de mieux se concentrer sur le sudoku et donc de limiter les erreurs.
- Pour eux, le second sudoku était plus simple que le premier.

Pour le N° 3 et le N°11, j'opterais pour la seconde option car ils ont estimé, dans l'enquête, ne pas avoir beaucoup stressé.

Pour deux autres (N°5 et 6), les deux options peuvent expliquer leur progression. Le second sudoku était plus simple que le premier. Le stress peut aussi les stimuler et les faire progresser.

Pour les autres (8/12 ; 67%), une erreur en induit souvent une autre et ainsi de suite. Il est donc très facile de commettre rapidement beaucoup d'erreurs.

Pour ceux qui n'ont pas ou peu stressé (N° 1, 8, 10), les erreurs sont sûrement dues à une inattention, ce qui en induit automatiquement d'autres.

Les 4 derniers (4/12 ; 33%) (N° 2, 4, 7, 12), qui estiment avoir stressé, n'ont peut-être pas su gérer le stress. Ils ont perdu une partie ou totalement leurs moyens et ont fait des erreurs.

Il n'y a pas de différences entre les sportifs amateurs et ceux qui font sport-études.

6.2.2. Fréquence cardiaque

Comme pour les autres expériences, les sujets sont au-dessus de leur fréquence cardiaque de repos, ce qui est tout à fait normal (C.-F analyse expérience N°1 : Saut).

Il y a 4 cas de figure si l'on prend les fréquences cardiaques, avant, pendant et après l'expérience :

1. Elle augmente continuellement (2/12 sujets ; 17%)
2. Elle diminue continuellement (5/12 sujets ; 42%)
3. Elle augmente puis diminue (2/12 sujets ; 17%)
4. Elle diminue puis augmente (3/12 sujets ; 25%)

Je peux donc supposer que :

1. Le sujet termine le sudoku. Il ne sait pas ce qu'il doit faire ensuite. Il stresse. Une fois le deuxième sudoku donné, le décompte stresse le sujet jusqu'à la fin. Moins il reste de temps, plus le sujet stresse.
Sur les deux sujets concernés par ce cas (N°1 et 7), le premier affirme ne pas avoir stressé et le second oui.
2. Le sujet doit se calmer et se concentrer sur le sudoku. Il diminue donc son rythme cardiaque. Lors de l'annonce du décompte, le sujet a réussi à faire abstraction de cela. 2 personnes sur les 4 concernées estiment avoir stressé.
3. Le sujet n'est pas très à l'aise. Il n'a peut-être pas l'habitude de faire des sudokus. Le fait de faire partie d'une expérience peut aussi faire stresser. Au fur et à mesure de l'avancée du sudoku, il se calme. Son rythme cardiaque diminue. Lors du deuxième sudoku, il reste concentré et arrive à passer outre le décompte. Les 3 sujets (N° 4, 6, 9) estiment avoir stressé. Cela va à l'encontre des résultats. Leur stress est probablement venu lors du premier sudoku.
4. Le premier sudoku ne pose pas de problème. Le sujet se concentre et diminue son rythme cardiaque. Lors du second test, le décompte le stresse et sa fréquence cardiaque remonte. 2 sujets (N°10 et 11) estiment ne pas avoir stressé ou alors très peu. Ces deux témoignages vont à l'encontre de la logique des résultats. Le dernier sujet (N°2), lui, a stressé.

6.2.3. Pression artérielle

Je peux me permettre d'exclure la possibilité d'une très forte dose d'adrénaline dans le sang. En effet, le fait d'exercer son cerveau sur une épreuve telle qu'un sudoku ne va pas permettre à celui-ci (cerveau) de se sentir en danger.

Nous sommes donc dans une situation de faible dose, c'est-à-dire que les récepteurs β sont recrutés (C.-F partie théorique, page 11). Par ce phénomène, une baisse de la pression artérielle des sujets devrait être observée.

En prenant la deuxième valeur du tableau (pendant), nous constatons que ;

Systole : 9/12 personnes baissent leur pression artérielle ; 75%

Diastole : 5/12 personnes baissent leur pression artérielle ; 42%

Entre la deuxième et troisième mesure,

Systole : 4/12 personnes baissent leur pression artérielle ; 33%

Diastole : 6/12 personnes baissent leur pression artérielle ; 50%

Ces résultats ne nous permettent pas d'affirmer à 100 % que l'expérience a secrétée de l'adrénaline. Il y a effectivement eu des baisses de pression artérielle mais également des augmentations. Cela montre que certaines personnes n'ont pas produit d'adrénaline ou alors une très faible quantité qui n'a pas suffi à diminuer la pression.

Je peux donc en déduire que ce test n'a pas eu le même effet sur tout le monde. Certains sujets ont, avec certitude, produit plus d'adrénaline que d'autres.

6.2.4. Conclusion

Pour conclure, je peux attester que les réponses des questionnaires sont très variées ; 8/12 ; 67% réitéreraient l'activité et les 4/12 ; 33% ne le feraient pas. Il en est de même pour les sensations ressenties ; 7/12 ; 58% les ont aimées et les 5/12 ; 42% non.

Je peux également affirmer que les réponses concernant le stress ne sont pas toujours en accord avec les résultats de la fréquence cardiaque. Le graphique et le tableau de mesure indiqueraient que le sujet a stressé alors que lui-même ne l'estime pas (5/12 ; 42%) (sujets N° 1, 3, 8, 10, 11), et inversement.

Les résultats de la pression artérielle sont également différents de ceux supposés. A savoir une baisse significative de celle-ci.

Cette expérience n'est donc pas très significative pour une mise en évidence d'une sécrétion d'adrénaline. Le stress n'est pas assez fort et il n'est pas déclenché par une mise en danger de l'organisme.

Dans le cas où il y aurait une sécrétion d'adrénaline, même minime, l'expérience dure trop longtemps (environ 10 minutes) pour la mettre en évidence. L'hormone serait déjà dégradée (C.-F partie théorique, page 13). Il faudrait donc pouvoir faire des analyses sanguines extrêmement rapides pour l'isoler.

6.3. Parcours

6.3.1. Fréquence cardiaque

Seuls 17 % des participants (2/12) ont, au début de l'expérience, une fréquence cardiaque plus faible que leur fréquence cardiaque de repos.

A l'inverse 83 % (10/12), sont au-dessus. Ces valeurs sont celles attendues étant donné l'explication vue à l'expérience N°1 : Saut

Les 2/12 sont des résultats anormaux. Cela peut être dû à un problème lors de la prise de la fréquence cardiaque de repos (j'ai déjà obtenu des résultats similaires durant les autres expériences pour le sujet N°3) ou alors une erreur de l'appareil de mesure.

C'est exactement les mêmes proportions à la fin de l'expérience. Les 2/12 n'ont pas augmenté leur rythme cardiaque au-dessus de leur fréquence de repos.

Entre le début et la fin de l'expérience, 50% (6/12) des participants augmentent leur rythme cardiaque. Ce sont des résultats logiques si je prends en compte le stress induit par l'activité et l'ignorance des obstacles à venir.

A l'inverse, l'autre moitié des sujets baissent leur fréquence cardiaque. On peut expliquer ce fait par plusieurs hypothèses ;

- Le sujet stresse avant l'annonce de l'activité. Le fait de ne pas savoir ce qui l'attend et d'avoir les yeux bandés stimule son rythme cardiaque. Une fois l'annonce de l'activité terminée, le sujet baisse son rythme cardiaque, n'ayant pas peur du parcours.
- Le sujet arrive maîtriser son stress lors du parcours et sa fréquence cardiaque diminue.

6.3.2. Pression artérielle

Systole

67 % (8/12) des participants ont leur pression systolique qui augmente. Cela peut s'expliquer par la notion déjà définie dans l'expérience n°1 : Saut

« Le cœur bat plus vite, et expulse plus de sang. Il y a donc une plus haute pression dans les artères, d'où l'augmentation de la systole. »

Le reste des sujets, 33 % (4/12) n'ont pas la fréquence cardiaque qui augmente et donc qui permettrait de faire monter la pression dans les artères. Ou alors, leur rythme cardiaque n'augmente pas suffisamment pour que cela soit le cas.

Diastole

42 % des sujets, (5/12) augmentent leur pression diastolique. On peut justifier ce fait, pour 3 d'entre eux, par l'hypothèse suivante ;

Les sujets ont augmenté leur rythme cardiaque, ce qui a induit un plus grand débit de sang dans les artères, et ceci même en diastole. C'est donc pourquoi nous aurions une augmentation de la pression diastolique.

Pour les 2 restants, l'augmentation peut être due au stress du sujet et à la production d'adrénaline. Effectivement ceux-ci sont des facteurs déterminants de l'hypertension²⁸.

A l'inverse, 58 % (7/12) des sujets ont la pression diastolique qui baisse.

Je pourrais prendre l'explication de l'expérience N°1 : Saut, pour justifier cela mais seuls 4/8 des sujets qui augmentaient les pressions systoliques sont concernés par une baisse en diastole.

« Le cœur aura expulsé plus de sang qu'en temps normal en systole. Les organes reçoivent plus de sang, les artères sont donc plus dépourvues en sang qu'en temps normal (à fréquence cardiaque normale) et la pression diastolique diminue. »

Les 4 autres sujets qui ont baissé leur diastole l'ont fait dans des conditions que je ne peux pas vérifier au moyen des tests effectués, mais des recherches plus approfondies pourraient certainement expliquer cette diminution.

6.3.3. Graphiques

Etant donné qu'aucun graphique ne ressemble à un autre. Il m'est difficile d'en sélectionner un représentatif d'une tendance.

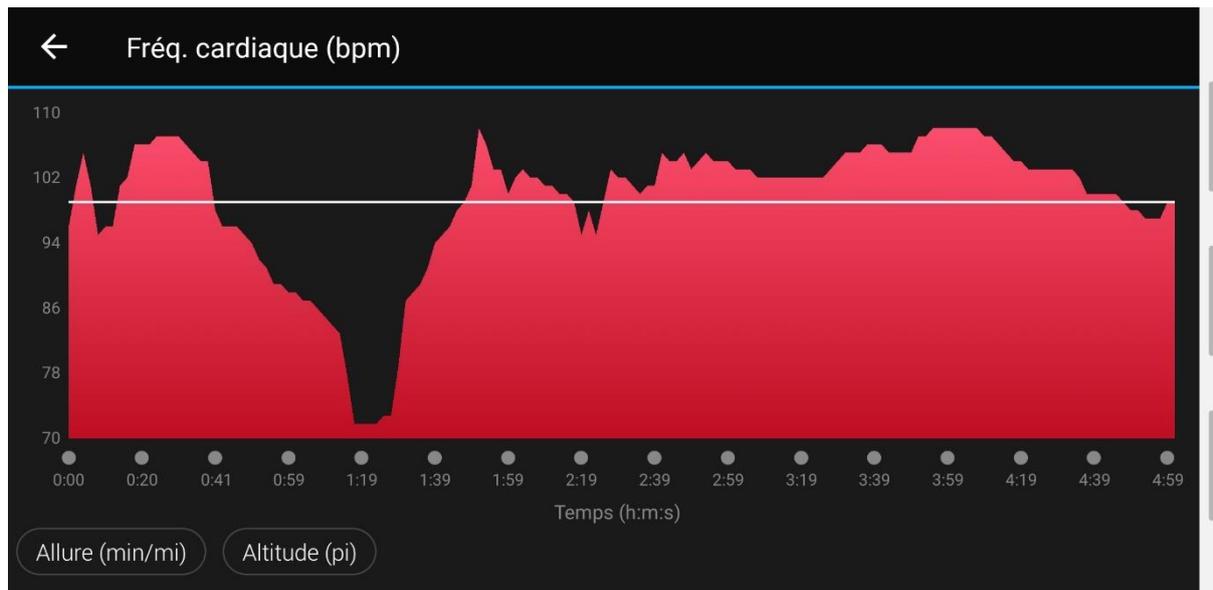
L'expérience était très subjective : un participant a pu mettre le pied légèrement à côté d'un tapis, ce qui a provoqué « une montée » d'adrénaline, tandis qu'un autre aura eu peur en ratant un échelon des espaliers.

Je peux alors quand même souligner 3 tendances graphiques ;

1. Le sujet stresse sur toute la durée de l'expérience. Peu de variation, ni de pics distincts
2. Il n'y a pas de continuité de la fréquence cardiaque. Plusieurs pics sont observables. Pas de réelle régularité
3. Une augmentation continue de la fréquence est visible, avec des petits pics

²⁸ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTE : *Hypertension artérielle*,
<https://www.who.int/features/qa/82/fr/>
(consulté le 18.12.19)

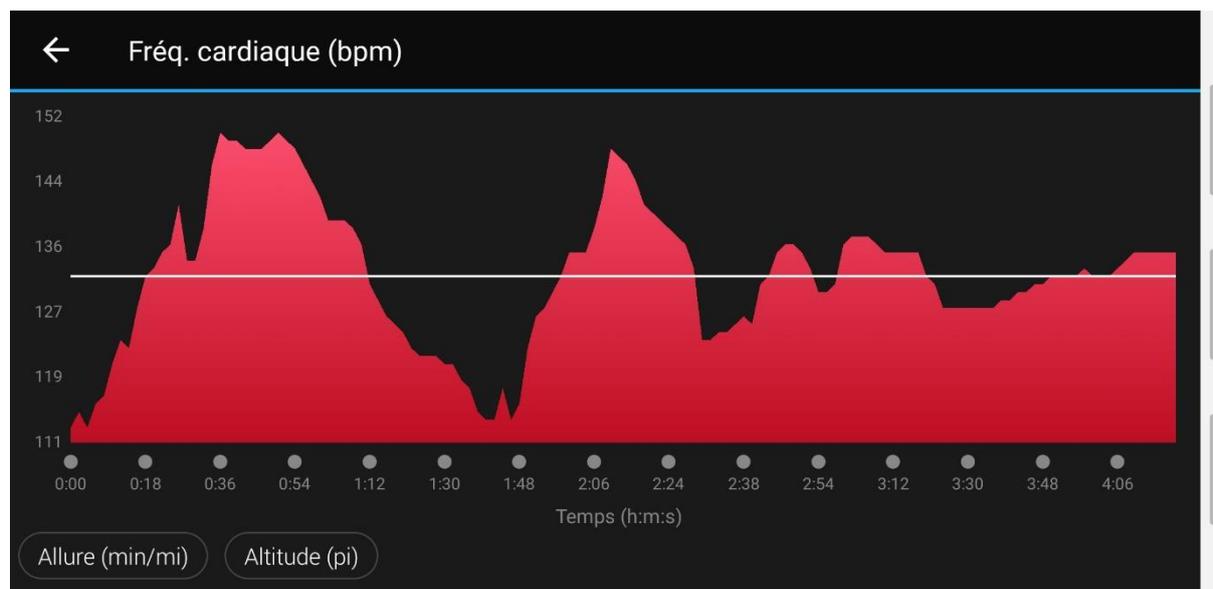
1. Comme cité précédemment, le sujet stresse durant l'expérience complète.



Graphique N°5, cas de figure n°1 Parcours, Participant n°3, 23.12.19

Je peux observer une baisse notable de la fréquence vers les 1min19 d'expérience. Le sujet stressait lors de la prise de sa pression artérielle. Une fois celle-ci terminée, le sujet se calme. Mais quand je lui annonce sa tâche et qu'il commence l'activité, son rythme cardiaque remonte au même niveau qu'au début.

Il y a très peu de variation et aucun pic notable. Cela démontre que le sujet a su gérer son stress sur toute la durée du parcours ; il n'a pas eu d'accidents (par ex : mettre le pied à côté d'un tapis, rater un échelon, s'encoubler, etc.) qui auraient pu le perturber.

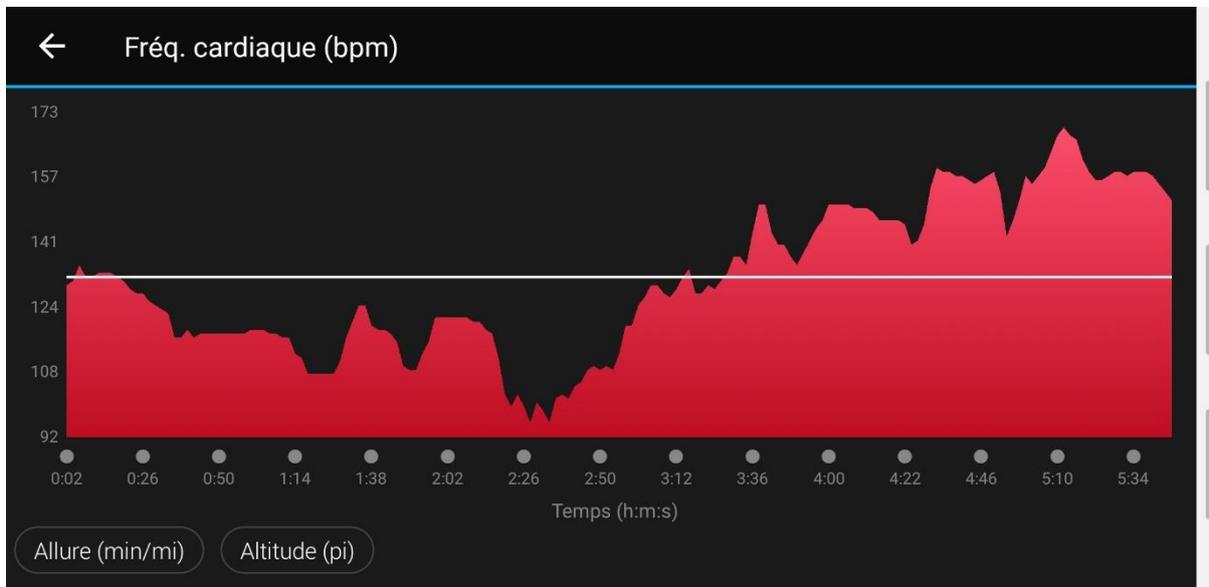


Graphique N°6, cas de figure n°2 Parcours, Participant n°12, 23.12.19

2. Sur ce graphique, j'observe une variation très claire de la fréquence cardiaque du participant.

Ces variations peuvent être dues à un élément perturbateur durant le parcours ; les exemples cités précédemment (C.-F graphique N°1).

Comme pour le graphique N°1, le sujet stresse lors de la prise de la pression, il se calme ensuite et lors du départ (à 1min35 environ), son rythme cardiaque remonte.



Graphique N°7, cas de figure n°3 Parcours, Participant n°7, 23.12.19

3. A l'opposé des deux autres graphiques, le sujet ne stresse pas lors de la prise de sa pression. Son rythme cardiaque est près de sa moyenne sur la durée de l'expérience.

Il commence l'activité mais celle-ci n'a aucune influence sur sa fréquence, si ce n'est qu'elle baisse légèrement. Le participant n'a pas eu de perturbations durant l'exécution du parcours qui aurait pu lui faire une frayeur.

Vers les 2.50 minutes d'activité, le sujet augmente considérablement son rythme cardiaque. Ce n'est pas un pic, je peux donc en conclure que ce n'est pas une perturbation qui lui procure cette augmentation. Peut-être le stress du au temps qu'il met pour exécuter le parcours (rappelons que le participant doit effectuer le parcours le plus rapidement possible, le temps n'étant pas comptabilisé à la fin).

6.3.4. Conclusion

Chaque participant a un graphique de fréquence cardiaque bien distinct. En effet, nous ne réagissons pas tous de la même manière et chacun est soumis à des variations dans l'adaptation au parcours. Les graphiques démontrent cette différence de réaction.

Le stress est induit par une exécution rapide du parcours, l'ignorance de celui-ci, la musique stressante et la perte des repères dû aux yeux bandés.

L'augmentation de fréquence cardiaque en réaction à l'adrénaline a été observée chez la moitié des sujets. L'expérience a donc fonctionné mais je pouvais espérer un meilleur résultat. Des éléments extérieurs que je ne pouvais pas contrôler (ex : perte d'équilibre, mauvaise orientation, maladresse, etc.) sont venus perturber le déroulement du test et influencer l'interprétation des résultats.

Pour la pression artérielle, la majorité des sujets ont leur pression diastolique qui baisse et leur pression systolique qui augmentent. Ce n'est pas des résultats assez représentatifs d'une montée d'adrénaline. En effet, si celle-ci est produite, elle ne l'est pas assez longtemps pour que le phénomène d'augmentation artérielle soit concerné. L'adrénaline ne fait de l'effet que sur la fréquence cardiaque.

Les réponses des sujets aux questionnaires sont très variables. Tous ont aimé l'expérience et la referaient volontiers. Mais les réactions à la peur et au stress différent. Les graphiques le démontrent encore une fois. Certains ont eu peur, d'autres non.

Les participants ont comparé les émotions et sensations ressenties durant l'expérience à celles éprouvées durant la pratique de sports extrêmes, avant une compétition ou encore lors de la pratique du VTT.

Les sportifs de haut niveau, malgré leur supposée disposition à la gestion du stress, ne se sont pas démarqués des autres.

6.4. Forêt

6.4.1. Fréquence cardiaque

La moitié des participants ont une fréquence cardiaque plus basse à la fin de l'expérience qu'au début. Cela peut être expliqué de la façon suivante : le temps de prendre la pression, le sujet s'est calmé, il a fini l'expérience et son rythme cardiaque a diminué.

Les sujets sont tous (à une exception ; N°3) au-dessus de leur fréquence cardiaque de repos durant toute l'expérience. Ce qui est tout à fait normal, comme expliqué dans l'expérience N°1 : Saut.

6.4.2. Pression artérielle

Dans presque tous les cas (à une exception : n°10), si le sujet augmente sa pression systolique, il va de même pour sa pression diastolique.

Comme déjà expliqué dans les expériences précédentes, le participant stresse. Sa fréquence cardiaque augmente donc, et le cœur expulse plus de sang dans un laps de temps donné. Il va donc y avoir une pression notablement plus importante dans les artères.

Le phénomène de vasoconstriction, qui intervient en cas de forte dose d'adrénaline sécrétée, peut contribuer à cette augmentation.

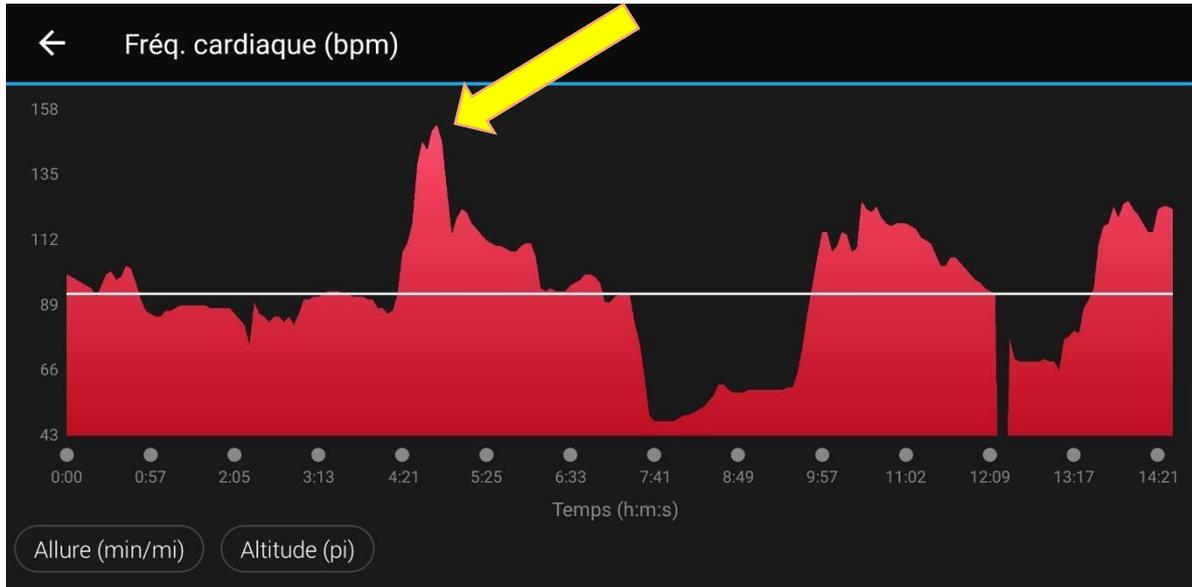
Lors du relâchement du cœur, il y a encore une pression dans les artères, due à la surcharge inhabituelle de sang dans celles-ci (dû à la systole, comme expliqué précédemment). La pression diastolique augmente donc également.

6.4.3. Graphiques

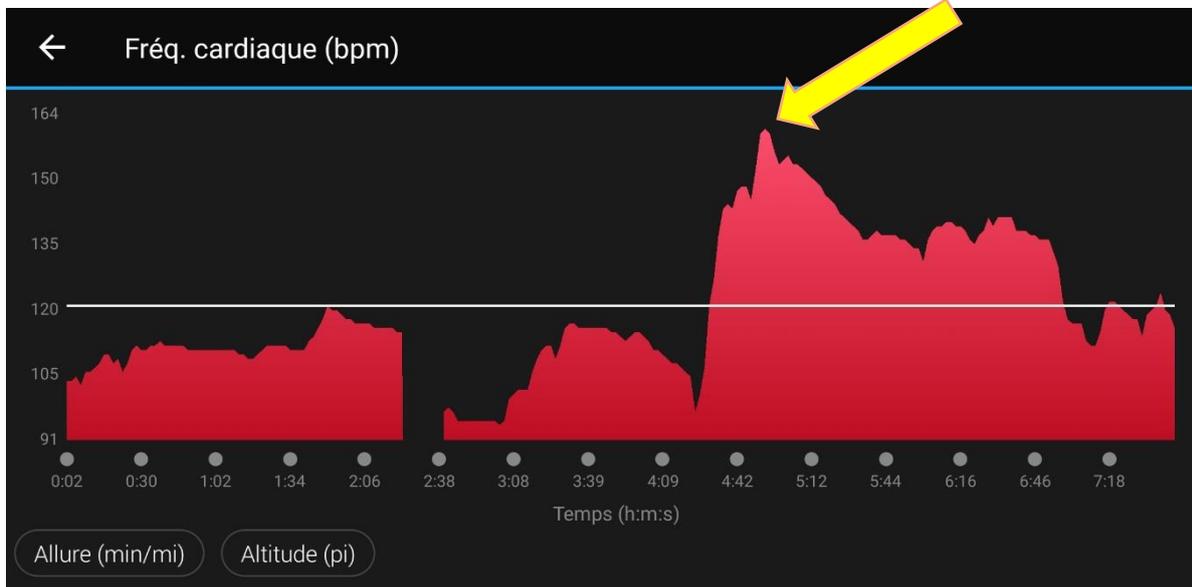
L'expérience de la forêt est celle qui a le mieux fonctionné au niveau des prises graphiques. Je peux observer, pour tous les participants, un pic de fréquence cardiaque.

Il a lieu quand le complice fait peur aux sujets. La réaction métabolique à cette peur est une hausse rapide de la fréquence cardiaque de l'ordre de 5 secondes.

J'ai ici, sélectionné deux graphiques significatifs.



Graphique N°8, cas de figure n°1 Forêt, Participant n°4, 23.12.19



Graphique N°9 cas de figure n°2 Forêt, Participant n°6, 23.12.19

6.4.4. Conclusion

Cette expérience a très bien fonctionné. Elle m'a permis de montrer les effets de l'adrénaline secrétée durant cette phase de peur.

La fréquence cardiaque a augmenté chez tous les sujets comme le montrent bien les graphiques. C'est une très bonne démonstration des réactions physiologiques en cas de stress.

La pression systolique et diastolique ont, dans l'ensemble également, montré les effets induits par l'adrénaline quand elle est sécrétée à forte dose, c'est-à-dire : une hypertension artérielle.

Dans l'ensemble, je ne peux pas différencier les sportifs de haut niveau des sportifs amateurs. Les graphiques sont similaires, ce qui indiquerait qu'en cas de surprise, nous réagissons tous de la même manière, c'est-à-dire : une hausse de notre rythme cardiaque et de notre pression artérielle.

La gestion du stress et l'expérience (critère qui pourraient faire varier les résultats de l'expérience) ne joueraient donc ici aucun rôle significatif.

Pour la plupart des participants, l'expérience a été une source de stress et de peur. Ils ont comparé les sensations ressenties durant l'activité à des visionnages de films d'horreur ou lors de l'expérience du train fantôme.

6.5. Interviews sportifs de haut niveau

Tous les sportifs que j'ai interviewés pratiquent leurs activités depuis plus de 10 ans en compétition.

Ce qui revient beaucoup dans la pratique de leur sport est l'attrait de la nature, l'aventure et la liberté.

De manière générale, la fréquence et la durée d'entraînement dépend beaucoup des conditions extérieures, et du sport qu'ils pratiquent.

Chaque compétition est différente. Elles ne produisent pas les mêmes émotions. Il est, de plus, très rare qu'un entraînement procure les mêmes sensations.

La pratique de leur sport leur apporte beaucoup ; une construction de personnalité (C. Fatton), une reconnaissance sociale, un équilibre de vie, un sentiment d'accomplissement (Y. Jeanneret), de joie (N. Schurter, D. Cucho et G. Fasnacht).

Pour tous, l'adrénaline se traduit par une sensation de bien-être, une maîtrise de son corps, de la joie ou de la liberté. Des sensations cognitives sont également ressenties ; l'impression d'être invincible pour Yvain Jeanneret, un sentiment de grande satisfaction ou une concentration extrême pour Nino Schurter.

Certains ont des comportements surprenants. Géraldine Fasnacht, arrive à trier les choses importantes ou Christian Fatton pense à des phrases de poèmes par exemple.

Ces sensations et cette adrénaline proviennent, comme expliqué précédemment (C.-F page 8) d'une source de stress. L'organisme va y réagir de 3 manières différentes (coping)²⁹ ;

- 1) Le coping centré sur l'émotion
- 2) Le coping centré sur l'évitement
- 3) Le coping focalisé sur le problème

Le coping qui nous intéresse est celui centré sur l'émotion, car lors d'une sécrétion de catécholamines, tout ce qui est désagréable va être inhibé.

Pour ces sportifs, le besoin d'aller toujours plus loin, plus vite, plus haut fait partie du jeu. Cela devient une nécessité. Ils cherchent à se procurer du plaisir. Les spectateurs vont les pousser à leurs limites mais ne vont pas les forcer à prendre des risques inconsidérés.

Cette nécessité, la recherche de cet état (inhibition des émotions négatives, comme cité précédemment) est caractérisée par un besoin de nouveauté, par une prolongation du jeu d'enfant dans l'âge adulte.

Une manière de déclencher cette inhibition est de soumettre son corps à un danger. Ce danger se définit comme une menace pour l'intégrité physique ou psychique et cette perception de la menace engendre automatiquement chez le sujet une réaction de stress. L'organisme se mettra alors automatiquement dans un état de vigilance extrême pour se concentrer sur sa survie immédiate.²⁹

Cette réaction de l'organisme active fortement l'axe adrénocorticotrope ; voie qu'empruntent les hormones du stress (cortisol, corticostérone)³⁰. Si cet axe est activé fortement et souvent, il pourrait y avoir une forme d'addiction à l'inhibition des émotions déplaisantes qu'il confère. L'action des catécholamines peut aussi imiter l'action de certaines drogues (mimétisme pharmacologique) et donc induire une dépendance.

Selon la revue médicale suisse³¹, voici comment la dépendance s'installe ;

« Dans le cas de l'hypothétique « dépendance au risque », ceci signifierait que l'individu ferait, dans un premier temps, l'expérience que la réaction de stress liée au risque pourrait servir à « effacer » des émotions désagréables. Par la suite, cette expérience se répéterait, se consoliderait et deviendrait un apprentissage selon les principes du conditionnement classique. Finalement, cette gestion de l'émotion déplaisante s'automatiserait à tel point qu'elle « s'imposerait » à la personne et qu'elle deviendrait prioritaire devant d'autres activités au service de l'intégrité personnelle et qu'elle entraînerait des conséquences négatives. »

L'effet très rapide des catécholamines et le remplacement des priorités dans le cerveau pour se concentrer sur celle liées à la survie sont des facteurs qui peuvent devenir des addictogènes chez un sujet qui utilise le coping lié à l'émotion.

²⁹ REVUE MEDICALE SUISSE : *Adrénaline-addiction*,
<https://www.revmed.ch/RMS/2007/RMS-115/32174>
(consulté le 25.10.19)

³⁰MORMEDE : *Axe corticotrope*,
<https://www.mormede.com/page-d-accueil-homepage/robustesse/l-axe-corticotrope/>
(consulté le 25.10.19)

³¹ REVUE MEDICALE SUISSE : *Adrénaline-addiction*,
<https://www.revmed.ch/RMS/2007/RMS-115/32174>
(consulté le 25.10.19)

Tous les sportifs interviewés (5/5 ; 100%) sont en grande partie ou totalement conscients des risques qu'ils prennent et les acceptent. Ils savent qu'ils se soumettent à des activités potentiellement mortelles mais n'y pensent pas ou très peu.

Ils ne vont jamais prendre plus de risques pour ressentir une sensation plus longtemps, ils sont conscients de ce qu'ils font.

La moitié d'entre eux (Géraldine et Nino) n'estiment pas être dépendants. Ils arrivent à s'occuper autrement et ne ressentent pas de manque. Car effectivement, selon Wikipédia, la dépendance se définit comme suit :

La pharmacodépendance est un état psychique et parfois physique, résultant de l'interaction entre un organisme vivant et une substance, caractérisée par des réponses comportementales et autres qui comportent toujours une compulsion à prendre la substance de façon continue ou périodique afin d'en ressentir de nouveau, ses effets psychiques (perçus comme agréables) et pour parfois éviter l'inconfort de son absence (ou "manque").³²

Les deux autres (Yvain et Christian), ne peuvent pas rester 2-3 jours pour le premier et 2 semaines pour le second sans pratiquer une activité sportive. Une frustration est alors bien présente. C'est un des symptômes dont nous informe la classification internationale des maladies au sujet des personnes dépendantes ³³ ;

- Une difficulté à contrôler la consommation ;
- La poursuite de la consommation malgré des conséquences nocives ;
- Un désinvestissement progressif d'autres activités et obligations au profit de la consommation ;
- Une tolérance ;
- Un syndrome de sevrage.

Pour Kilian Jornet, l'ensemble des différentes sensations ressenties lors de son activité est merveilleux. Il est clair que suivant les situations, une sensation s'impose de manière plus forte.

« Quand tu es dans des endroits très techniques ou quand tu es dans des crêtes ou quand c'est très raide et tu fais des choses en solo, cette adrénaline est quelque chose qui prend, c'est quelque chose que tu vas ressentir et c'est une des sensations les plus fortes... Je pense que ce qui me rend dépendant c'est la différence de sensations, entre l'adrénaline et ces sensations de paix. »

Pour lui, l'adrénaline à elle seule ne peut pas devenir la cause d'une dépendance mais bel et bien l'ensemble de toutes les sensations ressenties qui lui, le peut.

De manière générale, s'ils sont empêchés de pratiquer leur activité, les sportifs vont trouver une autre manière de faire du sport ou alors de revenir au plus vite à leur activité. Des sports comme l'aviation (G. Fasnacht) ou la randonnée en montagne (N. Schurter), du vélo ou du ski de fond (Y. Jeanneret) leur permettent de ressentir des sensations similaires à celles ressenties lors de la pratique de leur activité.

³² WIKIPEDIA : *Pharmacodépendance*,
<https://fr.wikipedia.org/wiki/Pharmacod%C3%A9pendance>
(consulté le 25.10.19)

³³ WIKIPEDIA ; *Classification internationale des maladies*,
https://fr.wikipedia.org/wiki/Classification_internationale_des_maladies#CIM-10 (
consulté le 25.10.19)

Ils essaient de combler un manque en trouvant d'autres sources de sensations. Effectivement, quand une personne est dépendante de l'adrénaline, elle va ressentir un état de souffrance physique, un manque, un vide intérieur lorsqu'elle est contrainte de se reposer (inactivité du sujet), une irritabilité, une agitation constante³⁴. Ces symptômes sont semblables à ceux qu'ont les personnes dépendantes de substances psychoactives (par exemple les amphétamines) lors d'un sevrage.

« L'adrénaline peut donc influencer l'état psychologique de l'individu. »³⁵

Il est donc possible de devenir dépendant psychologiquement. Le remplacement des priorités au niveau cérébral place l'individu dans un état second. Il n'aura plus conscience du danger et des risques encourus. Comme expliqué précédemment, on ne peut pas parler de dépendance physiologique de l'adrénaline. La personne soumise à cette addiction serait en fait dépendante à l'ensemble des sensations ressenties durant l'activité (l'adrénaline n'étant pas la seule hormone sécrétée). L'adrénaline n'est donc pas une substance dangereuse quand elle est sécrétée par le corps. C'est uniquement les moyens mis en place pour la sécréter qui le sont. Mais elle peut devenir dangereuse si elle n'est pas dosée correctement dans le milieu médical.

7. Conclusion

Mes expériences et interviews m'ont permis de mettre en valeur plusieurs éléments. Tout d'abord, les effets qu'induit l'adrénaline sur le corps.

En effet, comme expliqué dans la partie théorique, les symptômes ne seront pas les mêmes suivant la dose d'adrénaline sécrétée par le corps. L'expérience de la forêt (N°4) n'est absolument pas similaire en termes de réaction à l'expérience du sudoku (N°2) où le sujet n'est pas mis en danger et n'est pas soumis au même stress. Je peux donc répondre à mon hypothèse N°1. **Non, l'adrénaline ne provoque pas les mêmes symptômes, quelle que soit la dose.**

J'ai pu, grâce à mes 4 expériences, montrer que chaque personne réagit différemment dans une même situation.

Effectivement, l'organisme réagit de manière semblable face à un danger (réaction fondamentale) mais **chaque personne ne synthétise pas la même dose de catécholamines pour y répondre (hypothèse N°2)**. Les graphiques non-similaires des expériences en sont la preuve.

Je n'ai malheureusement pas pu quantifier les doses d'adrénaline produites par mes participants mais la comparaison entre l'expérience N°2 et N°4 montre bien que la dose produite n'a pas été la même : les fréquences cardiaques et les pressions artérielles des participants ne varient pas de la même manière.

³⁴ JOURNAL DES FEMMES, SANTE ET MEDECINE : *Adrénaline*,
<https://sante-medecine.journaldesfemmes.fr/>
(consulté le 18.10.19)

³⁵ ADRENALINE15.E-MONSITE : *Adrénaline*,
<http://adrenaline15.e-monsite.com/pages/sa-secretion-1.html>
(consulté le 24.09.19)

Pour les deux autres expériences (N°1 et 3), les graphiques des fréquences cardiaques montrent des similitudes. J'observe des pics lors d'éléments liés à la perte des repères (monter sur quelque chose dont nous n'ignorons ni la hauteur ni l'aspect, se laisser tomber en arrière, mettre le pied à côté d'un tapis, rater un échelon des espaliers, s'encoubler, marcher dans le noir, etc.).

La mesure de l'augmentation de la fréquence cardiaque a globalement bien fonctionné. Cette hausse est présente quelle que soit la dose d'adrénaline sécrétée. Le stress des sujets, qui est une réaction du corps face à la perception, à l'interprétation d'une situation comme étant dangereuse, fait augmenter le rythme cardiaque en produisant également de l'adrénaline. Je n'ai pas pu différencier l'adrénaline provenant du stress des sujets de celle sécrétée par l'activité en elle-même (par exemple, le fait de faire peur aux sujets dans la forêt pour l'expérience N°4). Je peux donc seulement affirmer qu'une sécrétion d'adrénaline a eu lieu mais je ne connais pas avec précision sa cause, et donc la cause de l'augmentation de fréquence cardiaque.

Il y a également la notion d'activité physique qui rentre en compte lors d'une augmentation cardiaque. Effectivement, le fait de monter sur un caisson par exemple n'est pas anodin pour notre cœur.

Je pense donc personnellement que c'est l'ensemble [adrénaline de l'activité + stress + activité physique possible] qui fait augmenter le rythme cardiaque mais des tests plus approfondis sont nécessaires pour l'affirmer avec certitude.

Au contraire, l'augmentation de la pression artérielle a été plus compliquée à démontrer. La pression des sujets varie et ne suit pas la direction supposée, qui devrait être une augmentation si je prends les symptômes attendus lors d'une forte sécrétion d'adrénaline. J'ai observé plusieurs tendances (ex : augmentation diastolique mais baisse systolique, etc.) qui ne sont pas forcément en lien avec une sécrétion d'adrénaline. Effectivement, dans le cas de mes expériences, la pression artérielle est, en grande partie, liée au rythme cardiaque. Il est donc difficile d'affirmer que dans ce cas d'augmentation artérielle, la hausse est due à l'adrénaline. Comme citée précédemment, le stress et l'activité physique sont également des facteurs importants qui font varier le rythme cardiaque et donc, indirectement, la pression artérielle.

Je voulais également, en comparant les sportifs de hauts niveaux et les sportifs amateurs, observer si l'expérience du stress des compétitions et l'entraînement des sportifs de haut niveau était un facteur leur permettant de réagir de manière plus contrôlée, plus calme et plus stable. Il s'est avéré que dans mes expériences, aucune différence n'a été notable.

Une réflexion que je me suis faite et qui s'est révélée exacte dans l'expérience du Sudoku (N°2), est qu'il y a une différence entre un stress physique et un stress mental. Effectivement, quand on exécute un sudoku sous pression, le corps n'est pas mis en danger comme dans l'expérience de la forêt (N°4) par exemple. Il y a là la notion d'activité physique. En effet, si le corps est en action, il est davantage exposé à des dangers.

C'est un autre aspect de l'adrénaline que j'aurais pu approfondir. Notamment chez les pratiquants de jeux vidéo, qui eux ne font pas d'activité physique à proprement parlé mais qui doivent sécréter une dose considérable d'adrénaline.

En me basant sur les interviews effectuées ainsi que dans la lecture de publications, je peux dire que le constat est mitigé. Certains sportifs, en prenant du recul (dû à une blessure, du repos forcé ou un arrêt de compétitions) s'estiment/aient dépendants des sensations ressenties lors de la pratique de leur sport.

Ils ont eu des symptômes de manque, ce qui est une caractéristique d'un sevrage lors d'une dépendance à une substance.

Il est difficile de parler d'addiction à l'adrénaline car elle n'est jamais la seule à entrer en compte dans des émotions telle qu'une victoire par exemple (C.-F. interview Kilian Jornet). Les endorphines ou la dopamine sont aussi responsables du bonheur ressenti par un athlète victorieux, ou tout simplement un athlète heureux d'avoir réussi quelque chose. Ce serait une piste intéressante pour une éventuelle suite de travail.

Les sportifs ne s'estimant pas dépendants sont encore en pleine carrière sportive. Est-ce que leurs réponses seraient les mêmes s'ils étaient en fin de carrière? La question reste ouverte. Il faudrait faire davantage de tests, suivis par des spécialistes pour obtenir une réponse.

Ce que je peux affirmer est qu'une dépendance théorique à l'adrénaline est possible (hypothèse N°4). Le remplacement psychologique des priorités vitales est un fait connu. Mais ce concept ne peut pas s'appliquer à l'adrénaline dans ce cas précis d'addiction à un sport. Comme cité précédemment, c'est l'ensemble des sensations qui devient addictif.

Chaque sportif interviewé dit être conscient des risques encourus. Si je me base uniquement sur ces témoignages, je pourrais dire que les accidents sportifs dont nous entendons parler sont arrivés à des personnes amatrices, ne pratiquant pas l'activité professionnellement, qui n'ont pas l'expérience nécessaire pour calculer tous les risques, ou qui n'en sont tout simplement pas conscientes. Un accident est très vite arrivé, une avalanche qui emporte des alpinistes par exemple. Comme le disent les sportifs, tous (ou presque) les risques sont calculés et un éventuel conseil d'un ami, un encouragement ne va pas les distraire et les pousser à prendre des risques car eux seuls sont responsables d'eux-mêmes, ils connaissent les risques et connaissent leur corps.

Pour répondre à ma dernière hypothèse (N°3), l'adrénaline sécrétée par notre corps n'est pas dangereuse. Elle nous pousse à la survie et nous est donc essentielle.

Les risques (par exemple ; s'aventurer sur une piste dangereuse en montagne, expérimenter seul de nouvelles expériences, etc.) que prennent certaines personnes pour ressentir des sensations fortes sont également responsables de nombreuses morts.

Un autre risque mortel est une inattention médicale, une surdose d'adrénaline injectée lors d'un arrêt cardiovasculaire par exemple.

**L'adrénaline n'est pas dangereuse,
seuls les moyens pour la sécréter et ceux pour l'utiliser médicalement le sont.**

8. Remerciements

Je voudrais tout d'abord remercier ma mentor et professeure de biologie, Madame Ilona Loubry, pour sa précieuse aide et son soutien tout au long de ce travail. De mon idée première jusqu'à la réalisation de ce dossier, elle m'a permis de mener à bien ce travail de maturité.

Un grand merci aux sportifs: Géraldine Fasnacht, Christian Fatton, Didier Cuche, Yvain Jeanneret, Nino Schurter, et Kilian Jornet pour avoir su prêter une oreille attentive à mes questions et d'y avoir répondu pleinement.

Je voudrais également remercier les participants à mes expériences qui ont bien voulu s'adonner à des activités de toutes sortes ainsi qu'à ma sœur Carys, et deux de mes amis, Thibaud et Paul, pour l'aide apportée lors de l'exécution de ces expériences.

Merci à Thibaud Geiser, étudiant en médecine, pour ses précieuses informations et sources, ainsi que pour sa relecture de mon travail.

Pour finir, je voudrais remercier mes parents et toutes les personnes qui se sont portées volontaires pour relire ce rapport, afin de vérifier le tout avec minutie.

9. Bibliographie

9.1 Webographie (ordre alphabétique)

ADRENALINE15.E-MONSITE : *Adrénaline*,
<http://adrenaline15.e-monsite.com/pages/sa-secretion-1.html>
(consulté le 08.08.19)

AHA.CH : *Anaphylaxie*,
https://www.aha.ch/centre-allergie-suisse/vivre-avec-des-allergies/infotheque-aha-magazine-livres-tests-apps/test-fr/test-d-anaphylaxie/?oid=1748&lang=fr&qclid=EA1aIQobChMI6rTazP3a5qIVyuWaCh2-pg1HEAAYASAAEgKXd_D_BwE
(consulté le 18.10.19)

ALLODOCTEURS.FR : *Adrénaline*,
https://www.allodocteurs.fr/maladies/maladies-hormonales/adrenaline-l-hormone-du-stress_287.html
(consulté le 13.11.19)

DOCTISSIMO.FR : *Vasoconstriction artérielle*,
<https://www.doctissimo.fr/sante/dictionnaire-medical/vasoconstriction-arterielle>
(consulté le 18.10.19)

FATTON Christian : *Site internet de Christian Fatton*,
<http://www.christianfatton.ch/index.php>
(consulté le 08.07.19)

FUTURA SANTE : *Muscles lisses*,
<https://www.futura-sciences.com/sante/definitions/biologie-muscle-lisse-6675/>
(consulté le 24.09.19)

FUTURASCIENCES.COM : *Pression diastolique*,
<https://www.futura-sciences.com/sante/definitions/medecine-pression-systolique-7333/>
(consulté le 23.12.19)

FUTURASCIENCES.COM : *Pression systolique*,
<https://www.futura-sciences.com/sante/definitions/medecine-pression-systolique-7333/>
(consulté le 23.12.19)

FUTURASCIENCES.COM : *Vasodilatation*,
<https://www.futura-sciences.com/sante/definitions/medecine-vasodilatation-4677/>
(consulté le 18.10.19)

JOURNAL DES FEMMES, SANTE ET MEDECINE : *Adrénaline*,
<https://sante-medecine.journaldesfemmes.fr/>
(consulté le 18.10.19)

YOUTUBE : SJ Info (chaîne), *Créer un Sommaire ou une Table des matières sous Word*
<https://www.youtube.com/watch?v=Rqyj868QEjE>
(consulté le 08.07.19)

LE CERVEAU A TOUS LES NIVEAUX : *Stress*,
<https://lecerveau.mcgill.ca/>
(consulté le 08.07.19)

MENNEN : *Records sportifs les plus fous*,
https://www.mennenfrance.fr/article/sports-extremes-les-records-les-plus-fous-part-i_a582/1
(consulté le 30.07.19)

MORMEDE : *Axe corticotrope*,
<https://www.mormede.com/page-d-accueil-homepage/robustesse/l-axe-corticotrope/>
(consulté le 25.10.19)

OFFICE QUEBECOIS DE LA LANGUE FRANCAISE : *Métabolites inactifs*,
http://gdt.oqjf.gouv.qc.ca/ficheOqjf.aspx?Id_Fiche=8372645
(consulté le 18.11.19)

ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTE : *Hypertension artérielle*,
<https://www.who.int/features/qa/82/fr/>
(consulté le 18.12.19)

REVUE MEDICALE SUISSE : *Adrénaline-addiction*,
<https://www.revmed.ch/RMS/2007/RMS-115/32174>
(consulté le 25.10.19)

SOCIETE CHIMIQUE DE FRANCE : *Adrénaline*,
<http://www.societechimiquedefrance.fr/Adrenaline.html>
(consulté le 25.10.19)

WIKIPEDIA : *Adrénaline*,
<https://fr.wikipedia.org/wiki/Adr%C3%A9naline>
(consulté le 08.07.19)

WIKIPEDIA ; *Classification internationale des maladies*,
https://fr.wikipedia.org/wiki/Classification_internationale_des_maladies#CIM-10
(consulté le 25.10.19)

WIKIPEDIA : *Génome*,
<https://fr.wikipedia.org/wiki/G%C3%A9nome>
(consulté le 29.09.19)

WIKIPEDIA : *Lipolyse*,
<https://fr.wikipedia.org/wiki/Lipolyse>
(consulté le 18.10.19)

WIKIPEDIA : *Matière plastique*,
https://fr.wikipedia.org/wiki/Mati%C3%A8re_plastique#Chimie_et_composition_g%C3%A9n%C3%A9rale
(consulté le 29.09.19)

WIKIPEDIA : *Pharmacodépendance*,
<https://fr.wikipedia.org/wiki/Pharmacod%C3%A9pendance>
(consulté le 25.10.19)

9.2. Bibliographie (ordre alphabétique)

FATTON Christian : *Courir à perdre la raison*, Jacques Flament Editions, Brest 2018

JORNET Kilian : *Courir ou mourir*, Arthaud poche, Paris 2015

LE PETIT LAROUSSE ILLUSTRÉ, Larousse Editions, Paris 2002

PINEAU J.C. : *Bulletins et Mémoires de la Société d'anthropologie de Paris*, vol. 1 ; « Interprétation des performances sportives : extension à des aspects de l'évolution animale et humaine », Par

