



**HAL**  
open science

**Amputation du membre inférieur et capacités aérobies :  
comparaison des effets d'un programme de  
réentraînement à l'effort sur ergocycle à bras et d'un  
réentraînement à l'effort combiné sur ergocycle à bras et  
ergocycle à jambe**

Marig Joubaud

► **To cite this version:**

Marig Joubaud. Amputation du membre inférieur et capacités aérobies : comparaison des effets d'un programme de réentraînement à l'effort sur ergocycle à bras et d'un réentraînement à l'effort combiné sur ergocycle à bras et ergocycle à jambe. Sciences du Vivant [q-bio]. 2019. dumas-02283193

**HAL Id: dumas-02283193**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-02283193>**

Submitted on 10 Sep 2019

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

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



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0  
International License



Université de Rennes II  
UFR STAPS

Master 2 APA-S Parcours APPCM  
Approche Pluridisciplinaire des Pathologies Chroniques et Motrices  
Année Universitaire 2018/2019

**AMPUTATION DU MEMBRE INFERIEUR ET CAPACITES AEROBIES :**

***Comparaison des effets d'un programme de réentraînement à l'effort sur ergocycle à bras et d'un réentraînement à l'effort combiné sur ergocycle à bras et ergocycle à jambe***

Mémoire présenté par : Marig JOUBAUD

Tuteur Professionnel : Paul RAYNAUD – Enseignant APA

Tutrice Universitaire : Anne-Helene OLIVIER – Enseignante Chercheuse



---

## *Remerciements*

---

Je tiens à remercier le cadre de santé Gaël Million, ainsi que le directeur du CSSR Mr Didier Kerangouarec et le porteur du projet de la structure, Mr Etienne Latrassé, pour avoir accepté que je réalise mon stage de fin d'étude au sein du CSSR.

Je souhaite également remercier les enseignants APA, Raul Raynaud et Alexandre Jounot qui m'ont intégrée dans leur équipe, m'ont conseillée et aidée tout au long de ces 3 mois.

J'aimerais aussi remercier l'ensemble de l'équipe des kinésithérapeutes avec qui nous travaillons en étroite collaboration, pour leur soutien, leur disponibilité et leur bonne humeur.

J'adresse des remerciements particuliers à G.T et J-P.T., les deux patients qui ont accepté de participer à cette étude et sans qui ce travail n'aurait pas vu le jour.

Merci à l'équipe soignante du CSSR, avec qui j'ai pu entretenir d'agréables relations.

Merci également à Anne-Hélène Olivier, responsable de mémoire, pour la réactivité, le regard critique, les corrections et l'aide apportées.

Merci à ma famille, Valérie, Christophe et Titouan, pour m'avoir accueillie durant 12 semaines merveilleuses. Grace à vous j'ai pu découvrir la beauté de la Calédonie qui ne cessera de m'émerveiller !

A Thomas, Céline et Yuna, pour tous ces bons moments passés à vos côtés.

Et plus particulièrement, je souhaite remercier mes parents Christelle et Stéphane, ainsi que mon petit frère Malo, pour m'avoir permis de faire ce voyage inoubliable, pour votre soutien sans faille et votre confiance.

---

## *Abréviations*

---

AOMI	Artériopathie oblitérante des membres inférieurs
APA	Activité physique adaptée
AVP	Accident de la voie publique
BPCO	Broncho-pneumopathie chronique obstructive
BPM	Battement par minute
CEED	Centre européen d'étude du diabète
Cm	Centimètre
CSSR	Centre de soins de suite et réadaptation
FC	Fréquence cardiaque
HAS	Haute autorité de santé
IMC	Indice de masse corporelle
INSERM	Institut national de la santé et de la recherche médicale
InVS	Institut de veille sanitaire
Kg	Kilogramme
Kg/m <sup>2</sup>	Kilogramme par mètre carré
Min	Minute
O <sub>2</sub>	Oxygène
OMS	Organisation mondiale de la santé
Pmax	Puissance maximale tolérée
REE	Réentraînement à l'effort
RPE	Rating of perceived exertion
RPM	Rotation par minute
TM6	Test de marche de 6 minutes
VO <sup>2</sup> max	Consommation maximale d'oxygène
W	Watt

---

# *Sommaire*

---

<b>INTRODUCTION</b> .....	<b>1</b>
<b>REVUE DE LA LITTÉRATURE</b> .....	<b>3</b>
<b>1. Généralités</b> .....	<b>3</b>
1.1. Définitions .....	3
1.2. Quelques chiffres.....	3
1.3. Causes potentielles .....	4
1.3.1. Causes vasculaires.....	4
1.3.2. Causes traumatiques .....	5
1.4. Facteurs de risque.....	6
1.5. Caractéristiques des amputations .....	7
1.6. Symptomatologie post-amputation .....	9
1.7. Traitement des symptômes.....	10
<b>2. Place de la rééducation chez les sujets amputés</b> .....	<b>11</b>
2.1. Prise en charge prothétique .....	11
2.2. Objectifs de la prise en charge par les Enseignants en APA.....	11
2.3. Modalités de réentraînement à l'effort .....	12
2.3.1. Entraînement fonctionnel .....	13
2.3.1.1. Marche prothétique.....	13
2.3.1.2. Equilibre .....	14
2.3.2. Entraînement en force .....	14
2.3.3. Entraînement en endurance .....	15
2.4. Exemples de REE sur ergocycle et bénéfices associés .....	16
2.4.1. REE sur ergocycle à jambe .....	16
2.4.1.1. Inconvénients.....	17
2.4.2. REE sur ergocycle à bras .....	18
2.4.2.1. Inconvénients.....	18
2.4.3. REE sur ergocycle à bras et ergocycle à jambe .....	18
<b>SYNTHESE ET OBJECTIFS</b> .....	<b>20</b>
<b>METHODOLOGIE</b> .....	<b>22</b>
<b>1. Population</b> .....	<b>22</b>
1.1. Critères d'inclusion .....	23

1.2. Critères de non inclusion.....	23
<b>2. Matériel utilisé.....</b>	<b>23</b>
<b>3. Protocole expérimental.....</b>	<b>24</b>
3.1. Variables étudiées.....	24
3.1.1. Evaluation de Pmax et de FC.....	24
3.1.2. Evaluation de la sensation d'effort.....	25
3.2. Programme de REE.....	26
3.3. Analyse statistique.....	28
<b>RESULTATS.....</b>	<b>29</b>
<b>1. Population.....</b>	<b>29</b>
<b>2. Puissance maximale.....</b>	<b>29</b>
<b>3. Fréquence cardiaque.....</b>	<b>30</b>
3.1. FC de repos.....	30
3.2. FC atteinte à Pmax.....	31
<b>4. Sensation d'effort.....</b>	<b>32</b>
<b>DISCUSSION.....</b>	<b>33</b>
<b>CONCLUSION ET PERSPECTIVES.....</b>	<b>39</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE.....</b>	<b>40</b>
<b>TABLE DE REFERENCE DES TABLEAUX.....</b>	<b>44</b>
<b>TABLE DE REFERENCE DES FIGURES ET GRAPHIQUES.....</b>	<b>44</b>
<b>ANNEXES.....</b>	<b>45</b>

## **INTRODUCTION**

La rééducation du sujet amputé du membre inférieur représente une partie importante de sa prise en charge médicale et paramédicale. L'équipe pluridisciplinaire qui travaille auprès du patient tente de lui prodiguer les meilleurs soins possibles, afin que sa récupération psychique et physique se fasse de manière optimale.

A travers le monde, les causes d'amputations sont nombreuses et variées et selon le niveau de développement du pays, on retrouve des facteurs de risque plus prédictifs que d'autres. Si les causes traumatiques provenant d'accident de la route, d'incident domestique ou de blessure de guerre restent importantes, on observe majoritairement des amputations dues à des pathologies vasculaires (Ahmad et al., 2014). Le diabète et l'artériopathie oblitérante des membres inférieurs (AOMI) sont les sources d'ablation du membre inférieur les plus répandues (Herve, 2012).

En France, les données épidémiologiques concernant la prévalence des amputés sont peu actualisées. En 2007, on dénombrait selon le rapport de la Haute Autorité de Santé (HAS), environ 90 000 individus amputés avec près de 8 300 nouveaux cas par an. Parmi ces personnes, 95% sont amputés d'un membre inférieur et 5% ont subi une ablation d'un membre supérieur (COFEMER, 2006).

L'acte chirurgical visant à retirer un membre est majoritairement une pratique programmée par les médecins, mais elle résulte parfois d'une urgence vitale. Le niveau de coupe est un élément impactant directement le devenir fonctionnel du sujet, puisqu'il influence les possibilités d'appareillage, la rééducation et de ce fait, l'autonomie et la qualité de vie de l'individu (Zingg et al., 2014).

Les amputés ont une condition physique réduite, d'une part car ils ont subi une ablation d'une partie de leur corps et d'autre part, car l'immobilisation due à l'opération et les pathologies associées, induisent une diminution de leurs capacités physiques. Des études telles que celle de Bosser et al. (2008), ont permis de mettre en évidence de nombreux bienfaits liés à la pratique physique chez les amputés. Parmi ces avantages, la littérature scientifique fait principalement référence à la limitation des facteurs de risque cardiovasculaires, à l'augmentation des capacités d'endurance ainsi qu'à l'amélioration de la force musculaire et de la qualité de vie (Chin et al., 2001 ; Askew et al., 2014).



Les auteurs proposent différents types de prise en charge par l'activité physique adaptée (APA), mais il n'existe actuellement aucune recommandation validée sur des programmes de réentraînement à l'effort (REE) pour les populations d'amputés.

Dans cette étude, nous nous intéresserons principalement aux amputations trans-tibiales, toutes causes confondues et nous chercherons à identifier si une prise en charge en APA, basée sur un REE du membre inférieur sain, ainsi que des membres supérieurs, améliore les capacités aérobies du sujet.

Pour ce faire, nous réaliserons premièrement une revue de la littérature définissant l'amputation puis, nous nous focaliserons sur ses origines, facteurs de risque, caractéristiques et les divers symptômes qui en découlent. Ensuite, nous détaillerons les moyens mis en place au cours de la prise en charge rééducative du patient amputé, ainsi que les modalités de réentraînement fréquemment utilisées. Dans une seconde partie, nous présenterons un résumé de la revue de littérature, ainsi que la problématique et les objectifs amenant à notre démarche de recherche. Le troisième point détaillera la méthodologie adoptée en énonçant les tests et le protocole expérimental. Une quatrième partie traitera ensuite les résultats obtenus suite au programme de REE sur ergocycle à bras et à jambe. Pour finir, nous analyserons et discuterons les données recueillies lors de cette étude, dans le but de répondre à la problématique et de valider ou réfuter les hypothèses préalablement établies. Nous pourrions enfin clore ce mémoire par une conclusion de l'ensemble de notre travail, qui mentionnera quelques perspectives relatives aux effets de l'endurance chez les sujets amputés du membre inférieur.

# **REVUE DE LA LITTERATURE**

## **1. Généralités**

### **1.1. Définitions**

L'amputation est un handicap moteur qui entraîne diverses incapacités physiques, limitantes dans les actes de la vie quotidienne ainsi qu'à l'effort. Elle résulte de « l'ablation d'un membre ou d'une partie d'un membre » (Larousse, 2012).

Les causes de cette pratique médicale, que les chirurgiens tentent de limiter au maximum, sont variées. Elles peuvent être d'origines pathologique, traumatique et congénitale. Les maladies associées que nous retrouvons majoritairement sont : l'insuffisance artérielle ou l'AOMI, le diabète, l'infection et la tumeur (Borens et al., 2007). Cependant, le versant pathologique n'est pas l'unique élément déclencheur d'une amputation. En effet, l'incidence d'un traumatisme ou d'une malformation congénitale reste élevée (Zingg et al., 2014).

Les amputations sont généralement programmées et réfléchies mais dans certains cas, elles sont pratiquées en urgence lorsque le pronostic vital du sujet est engagé.

Avant tout acte d'ablation, les médecins s'efforcent de sauver le membre de l'individu en réalisant une revascularisation de celui-ci. Lorsque les chirurgiens ne peuvent revasculariser le membre ou la partie du membre endommagée, cette partie du corps devient alors non fonctionnelle et il est nécessaire de se questionner sur le niveau de l'ablation à réaliser, qui pourra être proximale ou distale.

### **1.2. Quelques chiffres**

En France, il existe peu de données concernant la prévalence du nombre d'amputés. En 2007, on recensait environ 90 000 amputés toutes causes confondues, dont 69% d'hommes pour 31% de femmes, parmi les 62,3 millions de français (HAS, 2007). A travers ces individus, la population se divise entre amputés des membres inférieurs (95%) et amputés des membres supérieurs (5%) (COFEMER, 2006).

Les pratiques chirurgicales relatives aux membres inférieurs représentent environ 7 à 8 000 nouveaux cas par an. Selon un recensement de l'HAS (2007), en 2001, 8 203 cas d'amputation du membre inférieur étaient dénombrés pour 7 825 en 2005.

Malgré un manque d'actualisation statistique, les données recueillies illustrent une diminution du taux d'amputation des membres inférieurs au cours du temps. Cette dernière reste néanmoins très minime au regard du développement, de la précision et du perfectionnement des techniques médicales et thérapeutiques actuelles.

### **1.3. Causes potentielles**

Selon l'âge, les causes de l'amputation évoluent. Les jeunes sujets amputés sont principalement des victimes d'accident de la route (souvent des motards), alors qu'à partir de 60 ans, l'origine vasculaire représente 70% des cas d'ablation des membres inférieurs (Herve, 2012).

#### ***1.3.1. Causes vasculaires***

Comme indiqué précédemment, l'amputation non traumatique peut découler de diverses pathologies. Parmi celles susceptibles d'induire une amputation, les maladies artérielles comme l'hypertension et les coronaropathies sont fortement représentées (Ahmad et al., 2014). Toutefois, la première cause vasculaire reste l'AOMI, suivie de près par le diabète (Oliveira et al., 2013 ; Rouillet et al., 2009 ; Zingg et al., 2014).

Ces atteintes, en impactant la physiologie et le fonctionnement des artères, entraînent des répercussions vasculaires importantes qui aboutissent généralement à des ischémies ou nécroses, nécessitant le retrait d'une partie du membre endommagé. Si les jeunes individus sont moins touchés par les maladies artérielles, passé 85 ans elles sont plus largement répandues (Ahmad et al., 2014). La forte représentation de causes vasculaires chez la population d'amputés est attribuable à diverses causes dont la consommation de tabac peut en faire partie, même si les avis des auteurs divergent à ce sujet. En effet, en altérant la structure et l'action des artères, le tabagisme pourrait aggraver les pathologies vasculaires et accroître la prévalence des amputations (Ahmad et al., 2014 ; Selby et al., 1995).

Dans l'étude de Borens et al. (2007), 87% des amputations dans les pays développés seraient dues au diabète et selon les chiffres du CEED (Centre Européen d'Etude du Diabète), le risque d'être amputé de l'orteil, du pied ou de la jambe est multiplié par 8 comparé à la population générale.

Si la moitié des diabétiques souffrent d'atteintes vasculaires, la prévalence de leur maladie n'est pas directement associable à l'augmentation de l'incidence des amputations (Humphrey et al., 1996).

D'après l'InVS (Institut de Veille Sanitaire), en 2016 près de 3,3 millions de français étaient traités pour un diabète, ce qui fait de cette maladie un problème de santé public bien connu des autorités sanitaires. Grâce aux nombreuses campagnes de prévention et d'information, seulement 5 à 10% des diabétiques nécessiteront une ablation d'une partie du membre inférieur (Centre Européen d'Etude du Diabète). Malgré cette prise de conscience, les études tendent à dire que ces actions ne suffisent pas et que les personnes diabétiques ont un risque 10 à 30 fois supérieur de subir une amputation des membres inférieurs comparé à la population normale (Borens et al., 2007 ; Oliveira et al., 2013 ; OMS, 2016). De plus, parmi ces diabétiques environ 95% présentent une atteinte artérielle qui accentue le risque d'amputation (Fosse et al., 2003).

La revascularisation du membre, au même titre qu'un bon contrôle glycémique, du cholestérol, des triglycérides et des valeurs de pression artérielle normales, diminuent le risque d'amputation (Humphrey et al., 1996 ; Selby et al., 1995).

### ***1.3.2. Causes traumatiques***

Les traumatismes représentent un faible taux des amputations et grâce au progrès des alternatives utilisées telles que les pontages, greffes, revascularisations et réimplantations, ce taux continue de décroître. Pour ce qui est des membres inférieurs, les causes traumatiques représentent 7% des cas, contre 92% d'amputations d'origine vasculaire (Zingg et al., 2014). Cependant, les traumatismes sont la cause la plus répandue chez la jeune population d'amputés qui est principalement composée d'hommes. En effet, les polytraumatismes et fractures entraînés par les accidents de la voie publique (AVP), accidents domestiques, accidents du travail ou blessures de guerre (arme à feu, mines...), conduisent fréquemment à l'amputation.

Dans le cas de certaines fractures ouvertes, le choix de l'amputation est préféré à la reconstruction car cette dernière serait trop problématique compte tenu des risques accrus d'infections, des complications chirurgicales, de la durée de l'hospitalisation ainsi que du faible taux de guérison (Zingg et al., 2014). D'autre part, lorsque la revascularisation du membre est rendue impossible à cause de destructions musculaires et vasculo-nerveuses trop conséquentes,

les chirurgiens réalisent également une section complète du membre endommagé (Humphrey et al., 1996 ; Tounkara et al., 2007).

#### **1.4. Facteurs de risque**

Chaque pathologie présente des facteurs de risque qui peuvent être modifiables ou non. Suite à des études réalisées sur des sujets ayant subi une amputation des membres inférieurs, il s'est révélé que l'âge, le sexe ainsi que l'hérédité font partie des facteurs de risque que l'on considère comme non modifiables.

En effet, le risque d'être amputé augmente à partir de 65 ans (Humphrey et al., 1996). Selon l'étude de Ahmad et al. menée en 2014 en Angleterre, la moyenne d'âge des individus amputés du membre inférieur était de 70,6 ans. Par ailleurs, dans celle d'Oliveira et al. (2013), la tranche d'âge la plus représentée variait entre 52 et 67 ans. Le fait d'être un homme majore également le risque d'amputation, puisque la gente masculine représente environ 70% des amputés (68,5% pour l'étude d'Ahmad et al., 2014).

Parmi les facteurs de risque modifiables, nous retrouvons la sédentarité, l'alimentation, l'hygiène de vie, le tabac, mais aussi le diabète, la dyslipidémie, l'hyper-tension artérielle ou encore l'obésité, les maladies coronariennes et cérébrovasculaires (Ahmad et al., 2014).

Comme évoqué précédemment, le tabagisme est un facteur de risque aggravant les pathologies artérielles, mais les auteurs ne s'accordent pas quant à son incidence sur l'amputation. En effet, pour Ahmad et al. (2014), 9% des amputés étaient également fumeurs alors que pour Selby et al. (1995), 33% des amputés fumaient. Les périodes et lieux d'étude, ainsi que de nombreux autres facteurs pourraient expliquer ces différences, mais nous retenons cependant le fait que le tabagisme aggrave les maladies artérielles et cause ainsi d'avantage d'amputation chez les patients. D'autres variables entrent également en jeu comme l'accès au soin, le statut socioéconomique ainsi que le niveau d'éducation (Humphrey et al., 1996). Par leur étude, Ahmad et al. (2014) ont observé que le niveau économique des individus tient un rôle non négligeable sur le taux d'amputation, car lorsque les individus vivent dans des zones défavorisées, l'accès au soin est plus compliqué et moins systématique.

L'amputation n'est pas une opération anodine et les complications restent malheureusement nombreuses. La diminution de l'espérance de vie est donc souvent observée à la suite de cette chirurgie et elle est d'autant plus importante en fonction de l'avancée en âge, du niveau de l'amputation (ablation haute ou basse, conservation ou non de l'articulation) et des capacités d'appareillage prothétique (Herve, 2012).

### **1.5. Caractéristiques des amputations**

Le choix du niveau d'amputation influence directement l'autonomie du patient et préserver l'articulation lors de la coupe joue un rôle majeur sur les possibilités d'appareillage, de rééducation et donc sur le devenir fonctionnel de l'individu (Herve, 2012 ; Zingg et al., 2014).

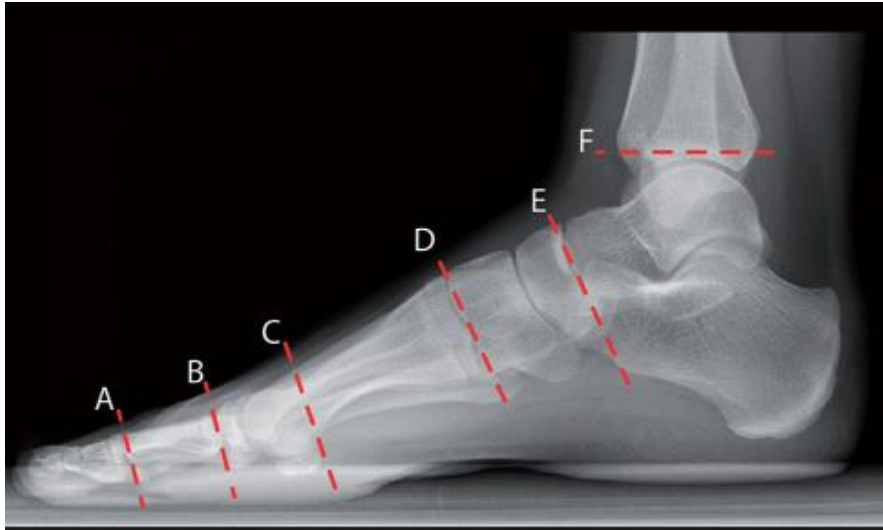
Les amputations peuvent être « hautes » ou « basses », ce qui signifie que la coupe lors de l'opération est proximale ou distale. Il est évident qu'une amputation distale est le choix le plus souhaitable afin d'assurer un meilleur pronostic fonctionnel et de moins lourdes conséquences psychologiques. En revanche, ces opérations engendrent davantage de risque pour le patient en réduisant le potentiel de cicatrisation et en majorant les éventuelles complications, infections et interventions secondaires (Borens et al., 2007 ; Zingg et al., 2014).

Par ailleurs, pour établir le niveau d'amputation les chirurgiens sont dans l'obligation de coupler les besoins biologiques et les capacités rééducatrices du patient (Borens et al., 2007). Après avoir réalisé des examens médicaux, il est nécessaire de prendre en compte les caractéristiques du patient telles que son âge, son état de santé, sa condition physique etc. afin de répondre au mieux à ses besoins et d'envisager les meilleures possibilités de rééducation et réinsertion socio-professionnelle.

Les types d'amputation sont aussi variés que les patients sont différents, aucune amputation n'est identique mais les dénominations sont communes. Au niveau des membres inférieurs, nous retrouvons les amputations d'orteils, trans-métatarsiennes, les amputations du Lisfranc et du Chopart (entre les articulations tarso-métatarsiennes), les amputations Boyd-Pirogoff ou Syme (conservation du talon) (*cf. figure 1*), les amputations tibiales, du genou, fémorales ou encore les désarticulations de hanche (*cf. figure 2*) (Borens et al., 2007).

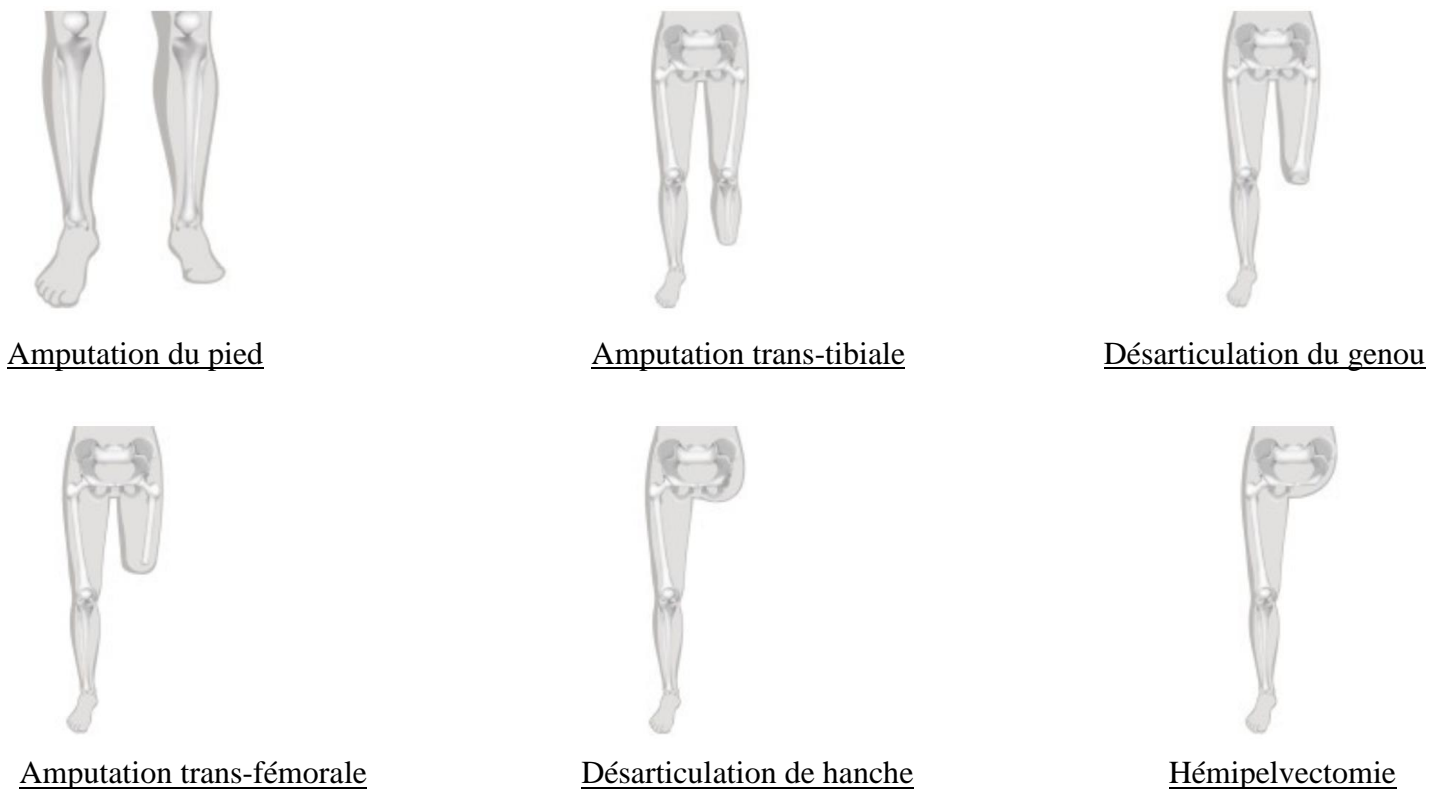
Comme indiqué précédemment, le diabète est l'une des principales origines vasculaires de l'amputation. Cependant, les amputations proximales sont plutôt rares chez cette population

de malade, même si le facteur « âge » tend à augmenter le nombre de patient diabétique subissant une amputation proximale (Fosse et al., 2003).



***Figure 1 : Niveaux d'amputation du pied - extraite de Zingg et al., "Amputations du membre inférieur : indications, bilan et complications", (2014)***

- A. Amputation trans-phalangienne ou désarticulation de phalange*
- B. Amputation d'orteil*
- C. Amputation trans-métatarsienne*
- D. Désarticulation de Lisfranc*
- E. Désarticulation de Chopart*
- F. Désarticulation talo-crurale (amputation de Syme)*



***Figure 2 : Niveaux d'amputation du membre inférieur***

De ces nombreuses caractéristiques d'amputation découlent la création d'une prothèse, adaptée au moignon et au style de vie du patient. Ce travail minutieux et conséquent est effectué par l'orthoprothésiste qui, après avoir étudié les diverses possibilités prothétiques, relevé les mensurations du membre à appareiller, réalise un moulage afin de fabriquer la prothèse du sujet.

La phase de rééducation est initiée dès lors que le patient est apte à pratiquer une activité physique. Elle débute donc sans prothèse et nécessite un encadrement attentif et rigoureux de la part du personnel soignant.

### **1.6. Symptomatologie post-amputation**

La perte d'un membre entraîne de lourdes conséquences tant sur le plan psychologique que physique. Suite à cette opération on observe généralement une diminution de l'estime de soi, des interactions sociales, des perspectives professionnelles ainsi que de l'autonomie, qui se traduisent à terme par des pathologies telles que la dépression et l'anxiété (Singh et al., 2007).



Sur le plan neurologique, les patients éprouvent fréquemment des sensations au niveau de membre amputé qui peuvent se détailler en plusieurs phénomènes. Ces derniers se manifestent sous 3 formes : douleur dans le moignon, sensation de membre fantôme et douleur du membre fantôme (Roullet et al., 2009).

Les douleurs du membre résiduel sont constatées dans 74% des cas immédiatement après l'opération et se dissipent lorsque le moignon est correctement cicatrisé. La sensation du membre fantôme se décrit quant-à-elle par de nombreuses manifestations relatives au membre absent allant des picotements, aux décharges électriques en passant par les sensations de contraction, pression et chaleur. Ce phénomène est évoqué chez la quasi-totalité des sujets amputés (Roullet et al., 2009). En revanche, les douleurs du membre fantôme sont difficilement quantifiables car la limite entre « sensation » et « douleur » fantôme est mince. Dans l'étude de Dijkstra et al. (2002) évaluant la prévalence de douleur du membre fantôme, les auteurs rapportent une variation de 49 à 83% et pour Chan et al. (2007), ce sont près de 90% des amputés qui souffrent de ce phénomène. Les douleurs fantômes correspondent aux sensations de membre fantôme mais elles sont plus intenses et se manifestent par intermittence. Elles peuvent s'atténuer dans les mois qui suivent l'ablation et dans certains cas, disparaître totalement (Curelli et al., 2007).

### **1.7. Traitement des symptômes**

Dans le but de réduire ou atténuer les douleurs associées au moignon, les auteurs préconisent de soigner avant toute chose l'origine de la souffrance. Pour ce faire, des examens médicaux approfondis peuvent être réalisés afin de déceler d'éventuels infections, névromes, éperons osseux ou cicatrice adhérente (Roullet et al., 2009). Lorsque ces causes sont identifiées, il est plus aisé pour le personnel médical d'adapter la prise en charge et contribuer à la diminution des douleurs associées au moignon.

Afin de traiter la douleur fantôme, différentes approches sont utilisées. La médication occupe une place importante dans la quête de soulagement de la douleur et les agents pharmacologiques les plus prometteurs sont les opioïdes. La prise en charge chirurgicale par résection du nerf sciatique vise également à diminuer les douleurs ressenties. De plus, l'atténuation de la douleur du membre fantôme pourrait être attribuable aux bénéfices induits par des séances de stimulation électrique nerveuse transcutanée ciblée sur le moignon, ainsi qu'à la thérapie par le miroir (Baribeau-Dupont et al., 2011 ; Chan et al., 2007).

Par ailleurs, de nouvelles technologies telles que la réalité augmentée, semblent prometteuses dans le traitement des douleurs fantômes. En effet, selon une étude suédoise menée sur 14 patients amputés du membre supérieur, des séances utilisant la réalité virtuelle pour modéliser et mobiliser le membre amputé à l'aide de capteurs, permettrait de diminuer de 47% les douleurs associées au membre fantôme et ainsi réduire la médication (33 à 81%) (Ortiz-Catalan et al., 2016).

## **2. Place de la rééducation chez les sujets amputés**

### **2.1. Prise en charge prothétique**

Après avoir subi une amputation, le devenir fonctionnel du patient dépend de son appareillage (Zingg et al., 2014). Les prothèses diffèrent en fonction du niveau de coupe lors de l'intervention chirurgicale, en tenant compte des critères propres à chaque individu, tel que son âge ou l'utilisation souhaitée (Borens et al., 2007).

De plus, la prothèse définitive ne sera fabriquée que plusieurs mois après l'opération, puisqu'il faut laisser le temps au moignon de cicatriser de manière optimale et à l'œdème de se résorber (Mendoza-Cruz et al., 2014). En attendant, le sujet dispose dans un premier temps d'une prothèse provisoire permettant une reprise précoce de la marche puis, d'une prothèse intermédiaire, une fois le moignon stable, qui lui donne accès aux déplacements afin de mener à terme sa rééducation (Herve, 2012).

L'objectif premier de l'appareillage du membre inférieur est de donner la possibilité de se mouvoir en autonomie, c'est pourquoi les orthoprothésistes adaptent et personnalisent les prothèses selon les caractéristiques de l'amputation et les besoins des patients. Un sujet amputé au niveau de l'avant-pied utilisera une chaussure pour diabétique avec tampon mousse, alors qu'un amputé du Chopart nécessitera une botte en plâtre et un amputé de la cuisse aura besoin d'une prothèse trans-fémorale (Borens et al., 2007). Toutes ces adaptations favorisent la réinsertion sociale et professionnelle du sujet amputé.

### **2.2. Objectifs de la prise en charge par les Enseignants en APA**

La rééducation se fait par une prise en charge pluridisciplinaire qui allie diverses disciplines complémentaires, ayant toutes pour objectif principal de favoriser la récupération et la réadaptation du patient.

L'enseignant en APA et le kinésithérapeute travaillent en étroite collaboration, afin de permettre au sujet amputé d'accélérer son reconditionnement physique. Tout d'abord, il faut lutter contre les méfaits dus à l'immobilisation prolongée. Pour ce faire, il est nécessaire de mobiliser au maximum les articulations afin de maintenir une certaine amplitude de mouvement, tout en renforçant et étirant les muscles du tronc, des membres supérieurs ainsi que du membre inférieur sain. Dès que possible, le sujet est mis en position debout et se familiarise à l'utilisation des béquilles et de la prothèse.

Le REE est également primordial car les atteintes cardiovasculaires sont majeures et risquent d'entraîner des troubles associés. Durant cette étape, le travail aérobic est privilégié, qu'il soit réalisé sur ergocycle avec le membre inférieur controlatéral, sur ergocycle à bras ou lors de la marche prothétique. L'entretien et le développement de l'autonomie du patient amputé passent donc directement par l'amélioration des capacités d'endurance et le renforcement musculaire. Les chercheurs y voient une alternative thérapeutique limitant les facteurs de risques cardiovasculaires et augmentant la force et l'endurance développées par les muscles (Bossier et al., 2008).

De plus, dans le but d'améliorer l'équilibre du sujet, l'enseignant en APA doit, par l'intermédiaire de situations motrices de report de poids, amener l'amputé à utiliser ses appuis, travailler les déséquilibres ainsi que la proprioception.

C'est par ces nombreux biais que l'équipe pluridisciplinaire permettra à l'individu de récupérer une bonne condition physique, une marche fonctionnelle et autonome, ainsi qu'une meilleure qualité de vie. Toutefois, ces professionnels sont également présents pour enseigner au patient les bonnes conduites à tenir, faciliter l'acceptation du handicap et diminuer la douleur qu'il pourrait ressentir (G.E.R.A.R., 2014).

### **2.3. Modalités de réentrainement à l'effort**

Le REE est selon Kemoun (1999), « un ensemble de techniques et stratégies qui permettent à un individu d'améliorer ses performances fonctionnelles ». Initialement utiliser pour améliorer la performance sportive, le REE a depuis cette définition été adapté afin de répondre à des besoins rééducatifs. Cet outil thérapeutique, au même titre que la pratique d'une activité physique, permet de lutter contre la sédentarité, le déconditionnement physique et potentialise les effets de nombreux traitements (Kemoun, 1999).

Chez la population d'amputé du membre inférieur, il apparaît nécessaire d'adopter un mode de vie actif dans le but d'augmenter la dépense énergétique, la masse musculaire, l'endurance cardiorespiratoire et la qualité de vie des sujets (Bossier et al., 2008). Les programmes de rééducation basés sur l'ensemble de l'appareil locomoteur, visent à réentraîner le sujet dans son intégralité et à limiter la progression de la maladie vasculaire (Askew et al., 2014).

### ***2.3.1. Entraînement fonctionnel***

#### ***2.3.1.1. Marche prothétique***

La marche est une composante primordiale chez tout être humain. L'amputé, au même titre que le sujet sain, a besoin de pouvoir se déplacer pour maintenir une certaine autonomie et entretenir des interactions sociales et professionnelles. Néanmoins, l'amputation engendre des modifications du schéma de marche dont une asymétrie entre membre sain et prothétique, nécessitant des adaptations motrices (Grumillier, 2008).

Chez les sujets appareillés, la dépense énergétique liée à la locomotion est fortement augmentée et afin de pallier à cette majoration, des stratégies mécaniques d'économie sont mises en place. Dans cette population, on relève une modification du système musculo-squelettique (Powers et al., 1998) avec une majoration de l'appui unipodal sur le membre sain comparé au membre prothétique (Nolan et al., 2000).

Selon le travail de thèse de Grumillier (2008), l'asymétrie de plusieurs paramètres de marche peut être mesurée et évaluée chez ces patients. Parmi ces indices, nous pouvons retrouver la modification de la durée de double appui et d'appui simple, ainsi que la longueur de pas.

Ces asymétries fonctionnelles, associées à une activité trop importante des extenseurs et fléchisseurs de genou chez l'amputé trans-tibial, sont une cause de l'apparition de contractures et de la hausse de la dépense énergétique lors de la marche. Il semblerait alors intéressant, en fonction du niveau d'amputation, de focaliser le renforcement musculaire sur les abducteurs, fléchisseurs et extenseurs de hanche du membre amputé pour les sujets amputés de la cuisse et sur les fléchisseurs et extenseurs de genou pour les sujets amputés du tibia (Baribeau-Dupont et al., 2011).

### **2.3.1.2. Equilibre**

L'équilibre est une qualité fondamentale, indispensable aux sujets amputés du membre inférieur. Statique ou dynamique, il permet de maintenir la station debout, la position assise et est utilisé lors des déplacements (Inserm, 2015). Cependant, si les amputés unipodaux ont davantage besoin de cette composante, des auteurs font état d'une diminution de leur capacité à maintenir la posture debout comparé à la population saine (Van Velzen et al., 2006). On observe une modification du centre de gravité ainsi qu'une instabilité posturale lors des changements d'appuis, qui se traduisent par un risque accru de chute chez cette population dont le contrôle de l'équilibre reste un problème (Vilton et al., 2000). De plus, une variation est également relevée en fonction de l'âge des sujets mais aussi de l'origine de leur amputation. En effet, les amputés traumatiques obtiennent de meilleurs résultats au test de la station unipodale que les amputés vasculaires (Hermodsson et al., 1994).

Dans la revue systématique de Van Velzen et al. (2006), il est clairement montré que l'équilibre influence la capacité de marche et qu'afin d'améliorer les capacités physiques des amputés, il est nécessaire de s'attacher à développer cette modalité d'entraînement. Néanmoins, les auteurs s'accordent aussi à dire que travailler activement l'équilibre permet d'améliorer cette qualité chez la population d'amputés, sans toutefois que les résultats obtenus post entraînement égalent ceux de la population saine.

### **2.3.2. Entraînement en force**

Les amputés unipodaux ont, proportionnellement aux sujets sains, une plus faible masse musculaire du fait de l'ablation du membre inférieur. Ce taux de masse musculaire est d'autant plus diminué que les sujets sont restés alités suite à l'opération et que leur rééducation ne peut débuter que lorsque le moignon est cicatrisé (diminution de 10 à 15% de la section transversale des muscles du moignon dans les 6 premières semaines post-opératoires) (Fraisie et al., 2008). Cette amyotrophie du membre résiduel observée après l'amputation est hétérogène et varie en fonction du rôle et de l'activité du muscle. Par exemple, chez les amputés trans-tibiaux, l'atrophie touche majoritairement les fibres musculaires du quadriceps, puis celles du moignon ainsi que celles du membre controlatéral (Fraisie et al., 2008). Si l'on étudie ce phénomène de manière plus précise, on remarque que ce sont majoritairement les fibres oxydatives de type I qui sont touchées. Or nous savons qu'en général, un muscle contient environ 50% de fibres de type I et que les muscles posturaux en contiennent même davantage. Ces fibres musculaires

sont connues pour contenir de nombreuses mitochondries et participer activement au transport de l'O<sub>2</sub>, ainsi qu'au maintien des capacités aérobies (Caron et al., 2011).

Selon Hirsch et al. (2006), l'entraînement en renforcement musculaire chez les patients atteints d'AOMI est utile car il confère des avantages sur la composition musculaire, mais il ne remplace pas les bénéfices induits par les programmes de marche. D'autre part, qu'il soit centré sur un groupe musculaire ou non, ce type de REE engendre des adaptations sur la typologie des fibres, ainsi qu'une hypertrophie musculaire, ce qui limite la fonte des muscles et la perte de force (Delefortrie et al., 2016 ; Nolan et al., 2012). Le gain de force globale est en effet nécessaire et indispensable afin de compenser le membre amputé lors des transferts et du béquillage (Guilbaud, 2017). De plus, il a été constaté que le renforcement musculaire entraîne une diminution de la consommation d'oxygène (VO<sub>2</sub>) à l'effort, ce qui traduit à terme une meilleure tolérance à l'exercice et donc, une augmentation de la condition physique et de la qualité de vie des sujets (Delefortrie et al., 2016).

Au regard de ces études, nous pouvons supposer que les bénéfices observés chez la population d'artéritiques sont applicables aux patients amputés d'origine vasculaire. D'autre part, ce type de réentraînement doit être couplé à un travail en endurance pour optimiser les bienfaits sur les plans cardiovasculaire, respiratoire et musculaire.

### ***2.3.3. Entraînement en endurance***

Suite à l'immobilisation post-opératoire ainsi qu'au temps d'adaptation à l'utilisation de leur prothèse, les amputés ont une condition physique diminuée (Bossier et al., 2008). L'endurance cardiorespiratoire chute après ce type de chirurgie qui impose un alitement dans un premier temps. Or, nous savons que cette qualité physique améliore les capacités aérobies et les capacités fonctionnelles telles que la verticalisation, les transferts, la marche etc., qui sont des activités indispensables à notre population d'étude (Inserm, 2015). Il est donc important que ces patients pratiquent une activité physique adaptée de manière régulière et encadrée, afin de récupérer au mieux leurs capacités physiques et fonctionnelles.

Pour les sujets atteints de pathologies telles que le diabète ou l'AOMI, les études ont prouvé l'intérêt d'un programme d'entraînement en endurance afin de diminuer les facteurs de risque et comorbidités de cette population. En effet, ces patients sont souvent déconditionnés physiquement, en surpoids ou encore sédentaires et la prise en charge par l'APA entraîne une

baisse de la glycémie, une amélioration du profil lipidique, une perte de poids et une amélioration de la composition corporelle (Perez-Martin, 2001).

De plus, des auteurs ont constaté une amélioration des fonctions cardiovasculaires passant par une meilleure vasodilatation, une angiogenèse musculaire et une augmentation de la tolérance à l'effort grâce aux bénéfices induits sur la  $VO_2$  (Askew et al., 2014).

De manière générale, les chercheurs ont mis en évidence l'utilité de travailler l'endurance cardiorespiratoire des patients amputés dans le but d'améliorer leur condition physique (Chin et al., 2001).

En vue d'une augmentation des capacités aérobies des personnes appareillées, l'utilisation du cycloergomètre avec le membre inférieur sain a aussi été testée et ce, sur des durées relatives à 6 semaines. Les résultats obtenus ont montré une amélioration de la  $VO_2$  max des participants (Chin et al., 2001).

La littérature a également soulevé la question de l'obtention de bénéfices comparables, grâce à un programme d'APA sur ergocycle, ciblé sur le travail des membres supérieurs. Cependant, selon les chercheurs s'étant intéressés à cette hypothèse, les résultats semblent indiquer que les deux types de REE induisent des bénéfices similaires ; soit une augmentation de la force, de la  $VO_2$  max et de la pression artérielle systolique d'exercice (Demets et al., 2014). Si l'entraînement aérobic utilisant le membre inférieur sain et celui utilisant les membres supérieurs engendrent des bienfaits semblables, il semblerait intéressant de coupler ces deux types de prise en charge afin de potentialiser l'amélioration de la fonction cardiorespiratoire des sujets.

## **2.4. Exemples de REE sur ergocycle et bénéfices associés**

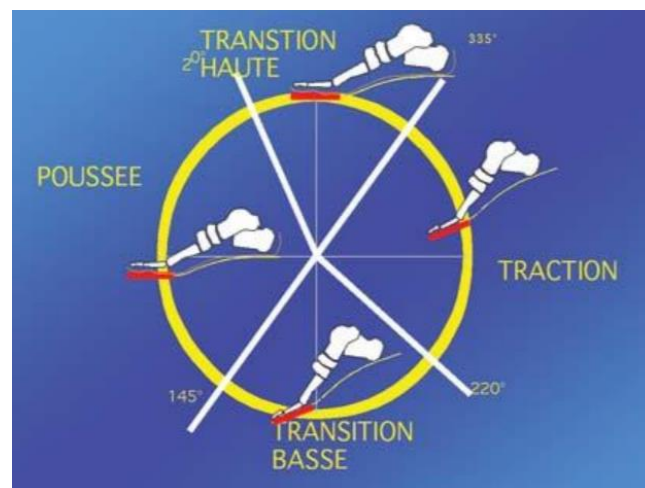
### ***2.4.1. REE sur ergocycle à jambe***

Chin et al. (2001) ont mené leur étude sur 24 amputés du membre inférieur de cause traumatique uniquement, effectuant un REE en endurance de 6 semaines sur ergocycle à jambe. Le programme était constitué de 3 à 5 entraînements par semaine de 30 min à intensité continue. Cette puissance de travail était basée sur des valeurs de fréquence cardiaque (FC), mesurées lors d'une épreuve d'effort maximale sur ergocycle à jambe et obtenue lorsque les sujets atteignaient les seuils anaérobies.

En réponse à leur programme de REE, ils constatent une amélioration significative de  $VO_2$  max (36,5%) et des seuils anaérobies (26%). Au regard de leur étude, ils concluent dans un premier temps que le pédalage unilatéral est une forme d'entraînement aérobie efficace pour cette population. Et dans un deuxième temps, ils confirment que le travail en endurance aux seuils anaérobies est utile pour améliorer la condition physique des amputés du membre inférieur. De plus, la comparaison avec leur groupe contrôle qui réalisait un REE par la marche prothétique, a permis de montrer qu'il était difficile d'améliorer la capacité physique des sujets par la seule pratique de la marche.

#### **2.4.1.1. Inconvénients**

Pour ce qui est de la mise en place en pratique, il faut savoir que le pédalage unipodal n'est pas un mouvement physiologique. Le pédalage, qu'il soit unipodal ou bipodal, s'articule en 4 phases (*cf. figure 3*). Afin de produire un rendement rentable, les phases associent un travail actif des deux jambes. Lorsqu'un individu pédale, le quadriceps fournit un travail de poussée sur la pédale pendant que les ischios-jambiers du membre controlatéral réalisent un travail de traction afin de remonter la pédale (Griffié et al., 1956). Or, lors du pédalage unipodal, le travail de poussée et de traction n'est réalisé que par un membre ce qui entraîne un coût énergétique bien supérieur ainsi qu'une fatigue précoce (Abbiss et al., 2011).



**Figure 3** : Cycles de pédalage - extraite de R. Leca "Biomécanique - Le pédalage", (2018)



#### **2.4.2. REE sur ergocycle à bras**

Davidoff et al. (1992) ont quant à eux proposé une étude sur 25 amputés du membre inférieur de cause vasculaire uniquement, réalisant un REE en endurance sur une durée qui n'est pas précisée. Leur programme était composé d'une séance quotidienne de REE intermittent de 20 min. L'intensité de travail était définie en fonction de la FC pic mesurée lors de l'épreuve d'effort. Ils calculaient ensuite la FC cible à l'aide d'une formule prenant en compte la FC de repos et la FC max, auxquelles ils associaient une puissance en watts. Ainsi, leur séance débutait par un échauffement de 5min sans charge, suivit de 2 phases de 5 min à 50% de la puissance associé à FC cible, entrecoupées d'1 phase de 5 min à 100% de la puissance associée à FC cible. Enfin, leur séance se terminait par 5 min de retour au calme dégressif.

Les résultats obtenus suite à leur programme de REE ne sont pas significatifs. Ils remarquent néanmoins une légère diminution de FC pic, ainsi que de l'indice de Borg reflétant la sensation d'effort.

##### **2.4.2.1. Inconvénients**

Si ce matériel semble totalement adapté à la population d'amputés du membre inférieur, certains axes révèlent toutefois quelques défauts. Outre le fait de réaliser une séance de pédalage à bras tout en étant confortablement assis, des problèmes techniques peuvent survenir. Selon les modèles d'ergocycle à bras, le siège n'est pas très bien adapté ou mériterait d'être plus solidement fixé à l'ergocycle. Lorsque les sujets réalisent le mouvement de rotation des membres supérieurs, ils ont tendance à mettre en action leur tronc qui, si l'assise n'est pas correctement ajustée, déplace l'ergocycle. De plus, maintenir la position assise de manière prolongée est délétère pour l'organisme et le manque de mobilisation de la jambe saine risque d'entraîner des engourdissements ou des douleurs dans le membre inférieur (Deitrick et al., 1948).

#### **2.4.3. REE sur ergocycle à bras et ergocycle à jambe**

Demets et al. (2014) ont réalisé une étude comparative sur les bénéfices induits par un REE en endurance sur ergocycle à bras et un REE sur ergocycle à jambe. Pour ce faire, ils ont utilisé 14 patients amputés du membre inférieur d'origine vasculaire, répartis en deux groupes. Leur programme de prise en charge s'est déroulé sur une période de 4 semaines. Les participants bénéficiaient de 5 séances de REE en intermittent par semaine, d'une durée de 20 à 30 min.

Après un échauffement de 4 min à 30% puis 50% de la puissance cible calculée lors d'un test d'effort maximal, ils effectuaient des séquences de 2 min de pédalage à intensité élevée suivies d'1 min de pédalage à intensité faible à modérée.

En réponse à ces exercices, les auteurs ont constaté une amélioration significative de  $VO_2$  max et de la puissance maximale, ainsi qu'une diminution de la FC et ce, auprès des deux groupes. En effet, ils mesurent une amélioration de 21,1% pour la  $VO_2$  max des sujets réalisant le pédalage à bras, contre une amélioration de 17,5% pour le pédalage à jambe. De plus, ils remarquent une augmentation de 25,4% de la puissance maximale pour le groupe de pédalage à bras, contre 34,4% suite au pédalage à jambe. Enfin, la diminution de la FC observée est de 0,95% pour le pédalage à bras et de 7,2% pour le pédalage à jambe. Cette étude met donc en évidence que le REE sur le membre inférieur du sujet amputé d'origine vasculaire est à privilégier afin de développer la puissance maximale et réduire la FC. En revanche, c'est le REE sur les membres supérieurs qui améliore le plus la consommation d'oxygène chez cette population.

## **SYNTHESE ET OBJECTIFS**

Au regard de la revue de littérature précédemment présentée, l'amputation nous apparaît comme un handicap moteur qui touche de nombreuses personnes. En effet, on dénombre plus de 90 000 français amputés, avec une majorité d'ablation des membres inférieurs (95%) et les causes les plus répandues sont liées aux pathologies vasculaires (Ahmad et al., 2014 ; COFEMER, 2006). Si aujourd'hui les hommes sont davantage impactés par rapport aux femmes et que le vieillissement est un facteur de risque non négligeable, des moyens sont toutefois mis en place dans le but d'améliorer la qualité de vie, la condition physique et l'autonomie de ces personnes (Oliveira et al., 2013). Des traitements médicamenteux et psychologiques tentent de diminuer les douleurs du membre fantôme et la rééducation fonctionnelle tient une place majeure dans la récupération physique du patient. Avec ou sans appareillage, les amputés disposent d'une prise en charge complète et adaptée qui leur permet de maintenir une condition physique en adéquation avec les objectifs d'amélioration de la qualité de vie.

Lors des prises en charge en réadaptation, le personnel soignant met au point des programmes rééducatifs qui regroupent plusieurs modalités d'entraînement. La marche prothétique, le travail de l'équilibre, le renforcement musculaire ainsi que l'endurance sont les paramètres indispensables qui en font partie. Améliorer la condition physique et la qualité de vie des sujets amputés, par ces protocoles de REE, leur permet d'être plus autonomes et de diminuer les risques cardiovasculaires associés à leur pathologie (Askew et al., 2014).

Par ailleurs, peu de chercheurs s'accordent sur la planification d'un programme de réentraînement de référence pour cette population de personnes amputées des membres inférieurs. Si certains auteurs ont permis, grâce à leurs études, d'identifier des bénéfices quant au REE sur cycloergomètre avec le membre inférieur controlatéral, d'autres évoquent des bienfaits similaires suite à un réentraînement sur ergocycle à bras (Demets et al., 2014). Puisque l'entraînement en endurance du membre inférieur sain et celui ciblant les membres supérieurs sont indépendamment bénéfiques pour les capacités aérobies du patient, nous avons pu en dégager une problématique qui guidera notre présente étude.

Aussi, l'objectif général de ce mémoire sera d'évaluer l'impact d'un programme de REE, associant un travail aérobie des membres supérieurs ainsi que du membre inférieur sain, sur les capacités d'endurance du sujet amputé.

Pour ce faire, nous commencerons en évaluant l'endurance des patients amputés par le biais de test d'effort. Dans un second temps, nous établirons un programme de REE sur cycloergomètre pour le membre inférieur mais aussi pour les membres supérieurs. Et enfin, nous comparerons les résultats pré prise en charge avec ceux obtenus à la fin de l'étude, ainsi que les effets mesurés entre les deux types de REE (combiné bras/jambe et bras uniquement).

## **METHODOLOGIE**

### **1. Population**

L'étude a été menée auprès de 2 sujets masculins, ayant subi une amputation trans-tibiale.

Le premier participant est un homme âgé de 39 ans, son poids est de 66,6 kg, il mesure 170 cm et son IMC est de 23 kg/m<sup>2</sup>. Son amputation est la conséquence d'un AVP à haute cinétique (origine traumatique) et il ne présente aucune pathologie associée. Avant l'opération, il était plutôt actif physiquement et pratiquait en loisir le squash et le tennis à raison de 3 fois par semaine.

Le second participant est également un homme, âgé de 63 ans, il pèse 91,2 kg pour une taille de 185 cm et son IMC est donc de 16,6 kg/m<sup>2</sup>. Son amputation est survenue suite à des conséquences diabétiques (origine vasculaire) et il est traité par insulinothérapie. C'est un ancien sportif qui pratiquait notamment le judo, le parachutisme et la plongée (activité associée à sa profession de journaliste). De plus, nous estimons après l'entretien individuel, que son niveau d'activité physique était élevé avant l'amputation.

Les caractéristiques anthropométriques des patients de l'étude sont présentées dans le tableau 1, sous forme de moyenne  $\pm$  écart-type.

L'ancienneté de l'opération est également à prendre en compte puisqu'elle varie fortement entre les deux sujets (variation de plusieurs mois). Notons également que les patients ont tous deux bénéficié d'une prise en charge rééducative au sein du CSSR avant de participer au projet d'étude.

***Tableau 1 : Données anthropométriques***

<b>Sexe</b>	♂
<b>Age (années)</b>	51 $\pm$ 17
<b>Poids (kg)</b>	78,9 $\pm$ 17,4
<b>Taille (cm)</b>	177,5 $\pm$ 10,6
<b>IMC (kg/m<sup>2</sup>)</b>	24,8 $\pm$ 2,5

### **1.1. Critères d'inclusion**

Afin d'intégrer la présente étude, les sujets devaient être présents durant la totalité de l'expérimentation, être âgés de 18 à 70 ans et avoir subi une amputation trans-tibiale d'origine traumatique ou vasculaire. Aucune limitation de poids, de taille ou de genre n'était indiquée. Ils ne devaient présenter aucune contre-indication à la pratique d'activité physique et avoir obtenu l'accord du médecin. Les sujets devaient être aptes à comprendre les objectifs de l'étude et ses contraintes, donner leur consentement libre, éclairé, écrit et signé. Il était également nécessaire qu'ils ne participent pas à une autre étude.

### **1.2. Critères de non inclusion**

Nous avons décidé de ne pas inclure à notre étude les patients ayant une amputation des membres supérieurs, une amputation des deux membres inférieurs, des contre-indications à la pratique physique, des pathologies cardiovasculaires sévères ; et une absence de consentement écrit.

## **2. Matériel utilisé**

Tout au long de l'étude, nous avons utilisé le même ergocycle à jambe (*cf. figure 4*) ainsi que le même ergocycle à bras (*cf. figure 5*). Les épreuves d'effort tout comme les séances de REE ont été réalisées sur ce matériel et afin de mesurer la fréquence cardiaque des participants, des bandes thoraciques et des capteurs de fréquence cardiaque ont été fournis.



***Figure 4 : Ergocycle à jambe***



***Figure 5 : Ergocycle à bras***

### 3. Protocole expérimental

Durant les semaines précédant le lancement de l'étude, nous avons dans un premier temps observé les patients évoluer pendant leurs séances de réadaptation, dans le but d'estimer leur niveau de forme physique et leur capacité à utiliser les deux types de cycloergomètres présentés ci-dessus.

Dans un second temps, nous avons présenté aux patients présélectionnés le but de notre projet ainsi que son déroulement. Puis, nous leur avons remis un formulaire de non opposition à la participation (*cf. annexe 1*) ainsi qu'une notice d'information (*cf. annexe 2*), détaillant les objectifs, le protocole et les bénéfices attendus. Après avoir recueilli leur consentement écrit, nous avons pu débiter notre programme de prise en charge expérimentale.

#### 3.1. Variables étudiées

Au cours des tests, les paramètres que nous avons choisi de mesurer sont les suivants :

- La puissance maximale tolérée (en Watt)
- La fréquence cardiaque (en battements/min : bpm) mesurée à l'aide d'une bande thoracique et d'un capteur
- Le niveau d'effort perçu à l'aide de l'échelle de Borg

Nous aurions également souhaité étudier les échanges gazeux, dans le but d'évaluer l'impact de notre programme de REE sur la consommation maximale d'oxygène, mais nous n'avions pas accès au matériel nécessaire. Nous ne pouvions pas non plus mesurer le périmètre ni la vitesse de marche, puisque les participants ne bénéficiaient pas tous d'une prothèse.

##### 3.1.1. *Evaluation de Pmax et de FC*

Nous avons choisi de réaliser un test d'effort sous-maximal puisque nous ne sommes pas habilités, en l'absence de cardiologue, à faire pratiquer une épreuve d'effort maximale. Cette épreuve a pour but d'obtenir à la fois la puissance maximale (Pmax) tolérée par le patient et la fréquence cardiaque associée. Les sujets étant limités par leur handicap, ils ne pourront atteindre la Pmax qu'ils auraient développée s'ils n'avaient pas été amputés. Nous employons donc le terme de « puissance maximale tolérée » pour nommer la puissance maximale atteinte lors du test.

Sur le modèle des épreuves d'effort réalisées dans les études de Chin et al., (1997 et 2001) et Vestering et al., (2005), nous utilisons un protocole incrémenté. Les participants sont équipés d'un cardiofréquencemètre (ceinture thoracique + capteur) mesurant leur FC tout au long du test.

L'épreuve d'effort se déroule de la manière suivante : après un échauffement de 3 min de pédalage sans charge, nous réglons la charge de départ à 1 W/kg et son incrémentation varie de 5 à 30 W/min en fonction des capacités du patient évaluées en amont lors d'une séance de mise en situation. Le patient doit maintenir une vitesse de pédalage supérieure à 50 rotations par minute (RPM) et l'épreuve doit durer entre 8 et 20 min pour être valide, fiable et reproductible. Pour des raisons de sécurité, le test prend fin si le patient atteint 90% de sa FC max théorique ou s'il n'arrive plus à maintenir une vitesse de pédalage suffisante 3 fois de suite.

Les deux sujets de l'étude ont effectué le même test d'effort sur ergocycle à bras, avec une incrémentation de 5W/min. Nous avons ainsi mesuré leur Pmax et FC associée pour l'épreuve d'effort mobilisant les bras. Afin d'obtenir la Pmax au niveau du membre inférieur du patient réalisant le programme de REE combinant les séances sur ergocycle à bras et ergocycle à jambe, ce dernier a effectué une seconde épreuve d'effort, identique à celle présentée ci-dessus, cette fois-ci sur le cycloergomètre à jambe. Nous avons donc pu mesurer sa Pmax et FC associée lors de l'épreuve d'effort mobilisant la jambe saine.

### ***3.1.2. Evaluation de la sensation d'effort***

L'échelle RPE (Rating of Perceived Exertion) de Borg permet de quantifier l'effort perçu par le sujet au cours d'un exercice physique. Elle se présente sous la forme d'une échelle graduée de 6 à 20, 6 correspondant à « aucune sensation d'effort » et 20 désignant un « effort maximal » (*cf. annexe 3*). De plus, elle est conçue pour évoluer avec l'intensité réelle de l'effort, ainsi que la FC du sujet. Grâce à cet outil de mesure, nous pouvons évaluer de manière subjective la perception d'effort, le stress physique et la fatigue ressentie (Borg, 1970).

Le fait d'utiliser cette échelle nous semble pertinent dans le but de faire un lien entre capacités aérobies et sensation d'effort.



### 3.2. Programme de REE

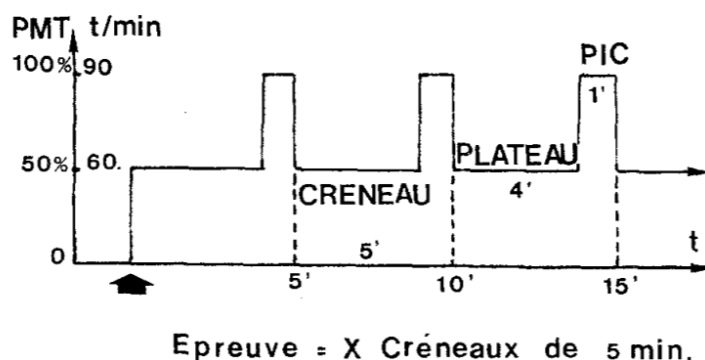
Chacun des deux sujets ayant réalisé les tests d'entrée, nous avons pu débuter notre programme de prise en charge dès la séance suivante.

L'étude s'est donc déroulée sur une période de 6 semaines, incluant les bilans d'entrée et de sortie. Durant cette phase d'expérimentation, les sujets bénéficiaient de 4 séances de REE par semaine, en plus de leurs séances quotidiennes de kinésithérapie ciblant des domaines de travail particuliers et spécifiques aux besoins du patient (renforcement musculaire, proprioception, marche prothétique, etc.).

Afin de réaliser notre protocole nous nous sommes basés sur le programme de réentraînement en intermittent mené dans l'étude de Losdorfer et al. (1989) (*cf. figure 6*) qui durait 6 semaines à raison de 3 séances par semaine. Pour une question de fidélité, nous avons décidé de leur dispenser 4 séances de REE à la semaine.

Le patient numéro 1 exécutait 2 séances sur ergocycle à bras ainsi que 2 séances sur ergocycle à jambe et le patient numéro 2 s'entraînait uniquement sur ergocycle à bras.

Les épreuves d'effort que nous avons préalablement menées nous ont permis d'obtenir la Pmax tolérée de nos deux participants. A partir de cette valeur, nous avons établi des puissances de travail exprimées en % de Pmax. L'intensité de travail a été individualisée en fonction des résultats aux tests d'effort.



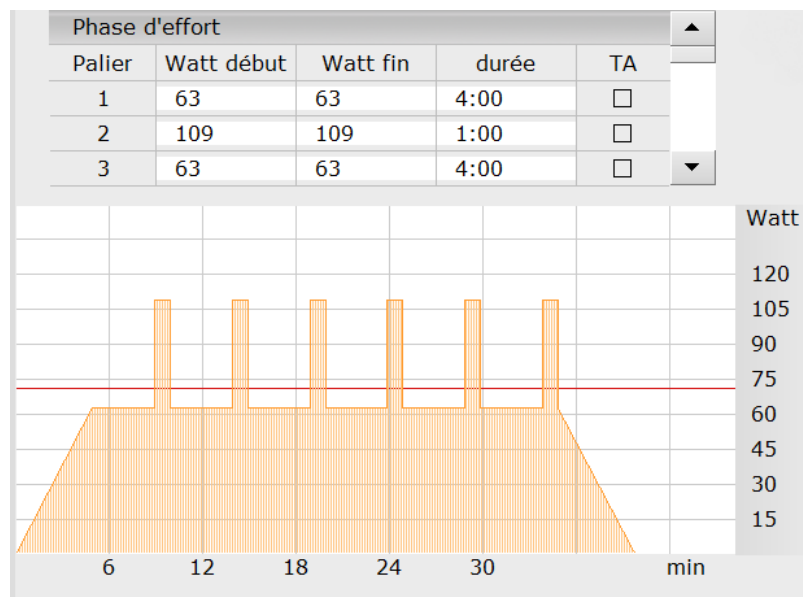
**Figure 6 : Programme de REE en créneaux – extraite de Losdorfer et al., « Améliorations cardio-respiratoires et métaboliques après un entraînement par exercices en créneaux », (1989)**

La prise en charge se déroule de la manière suivante :

- **Semaine n°1 : 30 min**
  - 5 min d'échauffement progressif de 0 watt à 40% de Pmax
  - **20 min avec 4 créneaux** de 4 min à **40%** de Pmax et 1 min à **80%** de Pmax
  - 5 min de récupération dégressive de 80% de Pmax à 0 watt
- **Semaine n°2 : 35 min** aux mêmes intensités
  - 5 min d'échauffement progressif de 0 watt à 40% de Pmax
  - **25 min avec 5 créneaux** de 4 min à **40%** de Pmax et 1 min à **80%** de Pmax
  - 5 min de récupération dégressive de 80% de Pmax à 0 watt
- **Semaine n°3 : 40 min** aux mêmes intensités
  - 5 min d'échauffement progressif de 0 watt à 40% de Pmax
  - **30 min avec 6 créneaux** de 4 min à **40%** de Pmax et 1 min à **80%** de Pmax
  - 5 min de récupération dégressive de 80% de Pmax à 0 watt
- **Semaine n°4 : 40 min** (*cf. figure 7*)
  - 5 min d'échauffement progressif
  - **30 min avec 6 créneaux** de 4 min à **45%** de Pmax et 1 min à **85%** de Pmax
  - 5 min de récupération dégressive
- **Semaine n°5 : 40 min**
  - 5 min d'échauffement progressif
  - **30 min avec 6 créneaux** de 4 min à **50%** de Pmax et 1 min à **90%** de Pmax
  - 5 min de récupération dégressive
- **Semaine n°6 : 40 min**
  - 5 min d'échauffement progressif
  - **30 min avec 6 créneaux** de 4 min à **55%** de Pmax et 1 min à **95%** de Pmax
  - 5 min de récupération dégressive

Le choix des valeurs d'intensité de travail s'est fait dans le respect des programmes de REE déjà proposés au sein de la structure. Puisque les médecins du CSSR préconisent de travailler autour de 90% de Pmax, nous avons repris les puissances utilisées dans l'étude de Losdorfer et al. (1989) et les avons adaptées à notre population pathologique. Comme nous souhaitons atteindre les 95% de Pmax en fin de prise en charge et maintenir une différence de

40% entre les pics d'intensité et les périodes de récupération active, nous avons débuté le programme de REE à respectivement 40 et 80% de Pmax.



**Figure 7 :** Exemple d'une séance type effectuée par le sujet n°2 lors de la 6ème semaine de prise en charge

### 3.3. Analyse statistique

Les données traitées dans la partie Résultats n'ont pas fait l'objet d'analyse statistique. Compte tenu du faible échantillon de patients participant à l'étude, il n'était pas pertinent d'effectuer des statistiques pour les résultats obtenus. Les résultats seront présentés à l'aide de médianes.

Toutefois, si nous avions bénéficié d'un nombre suffisant de sujets, nous aurions exprimé l'ensemble des valeurs en moyenne  $\pm$  écart-type. Le seuil de significativité statistique serait établi à  $p < 0,05$ . Afin de comparer les effets des différents types de REE sur nos échantillons de population, nous aurions tout d'abord évalué la normalité de distribution grâce au test Shapiro Wilk et testé l'homogénéité des variances à l'aide du test de Levene. En fonction des résultats de ces deux tests, nous aurions ensuite pu réaliser un test paramétrique : test de Student ou non paramétrique : Mann Whitney. D'autre part, pour comparer les effets des deux modalités de REE sur les variables évaluées, nous aurions utilisé soit un test paramétrique : test de Student apparié ou non paramétrique : test de Wilcoxon apparié.

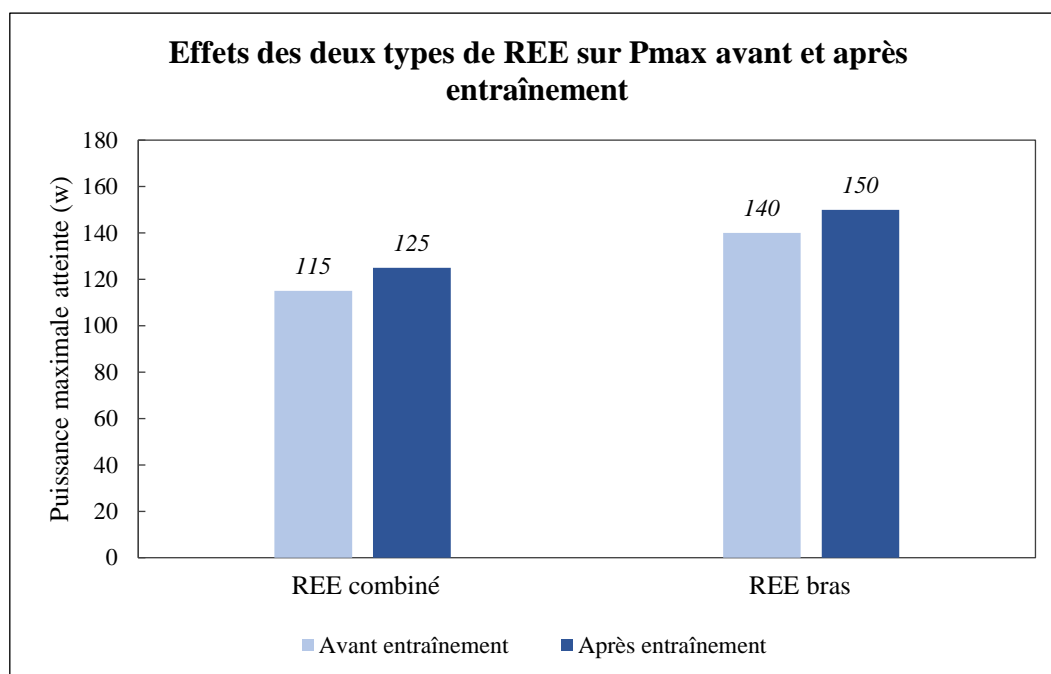
## **RESULTATS**

### **1. Population**

Durant la période de notre étude, 5 patients amputés étaient pris en charge au CSSR. Suite à l'appréciation des critères d'inclusion et de non inclusion, seulement 3 sujets ont été retenus et parmi eux, un participant a quitté le protocole au bout de 4 semaines. C'est donc auprès de 2 sujets que cette recherche est menée.

### **2. Puissance maximale**

Les effets des programmes de REE sur Pmax sont représentés sur le graphique 1 ci-dessous :



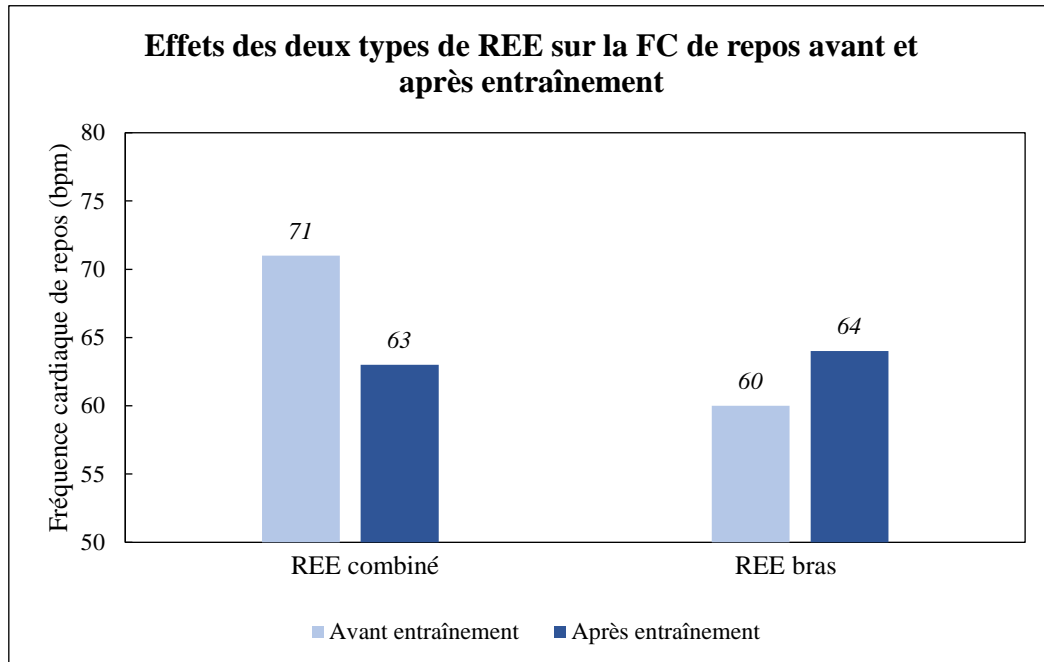
***Graphique 1 : Effets des deux types de REE sur Pmax avant et après entraînement***

En réponse aux 6 semaines de réentraînement à l'effort, les résultats montrent que les deux patients ont atteint une Pmax supérieure à celle évaluée avant la prise en charge. Cependant, aucune différence importante n'est observée entre les deux types de REE. En effet, que le travail aérobie ait été effectué sur ergocycle à bras seul ou sur ergocycle à bras et à jambe, les sujets ont respectivement amélioré leur épreuve d'effort de 8,6% pour le REE combiné et de 7,1% pour le REE à bras, soit 10W.

### 3. Fréquence cardiaque

#### 3.1. FC de repos

Les résultats relatifs à l'évolution de la FC de repos en réponse au REE sont illustrés sur le graphique 2 ci-dessous :

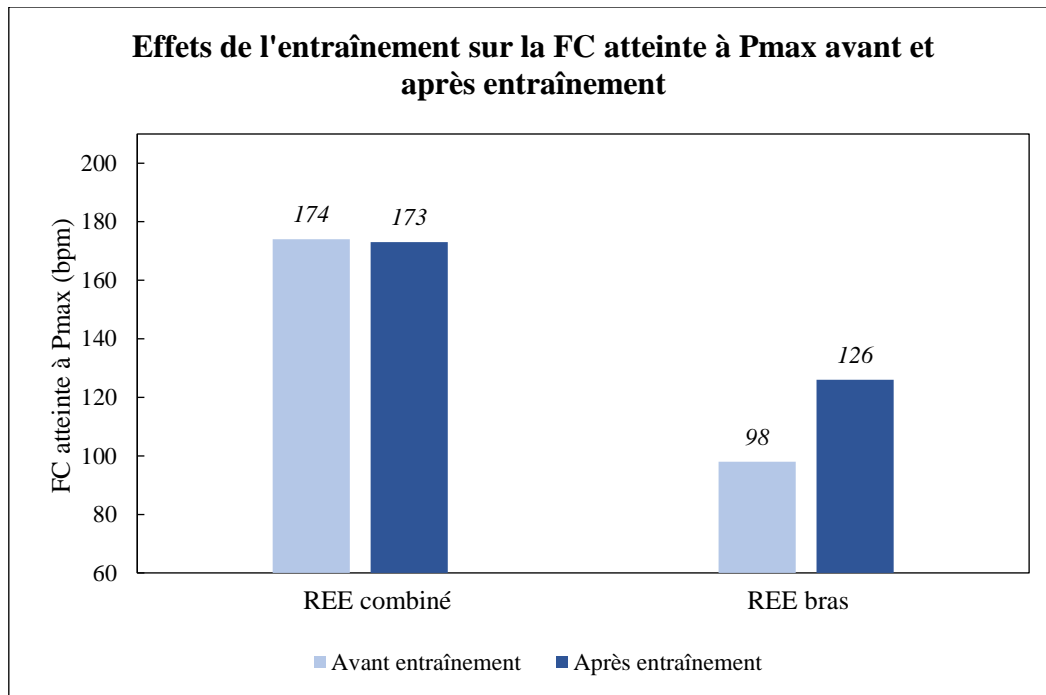


***Graphique 2 : Effets des deux types de REE sur la FC de repos avant et après entraînement***

Comme indiqué dans le graphique, l'effet du REE sur la FC de repos varie d'un sujet à l'autre. Le patient ayant réalisé le programme de REE sur ergocycle à bras et à jambe présente une diminution de la FC de repos de 11,3% avec une valeur médiane de 67 bpm, alors que le patient ayant réalisé le REE sur ergocycle à bras a majoré sa FC de repos de 6,6% avec une valeur médiane de 62 bpm.

### 3.2. FC atteinte à Pmax

Les effets des programmes de REE sur la FC atteinte lorsque les sujets parviennent à leur Pmax sont présentés sur le graphique 3 ci-dessous :

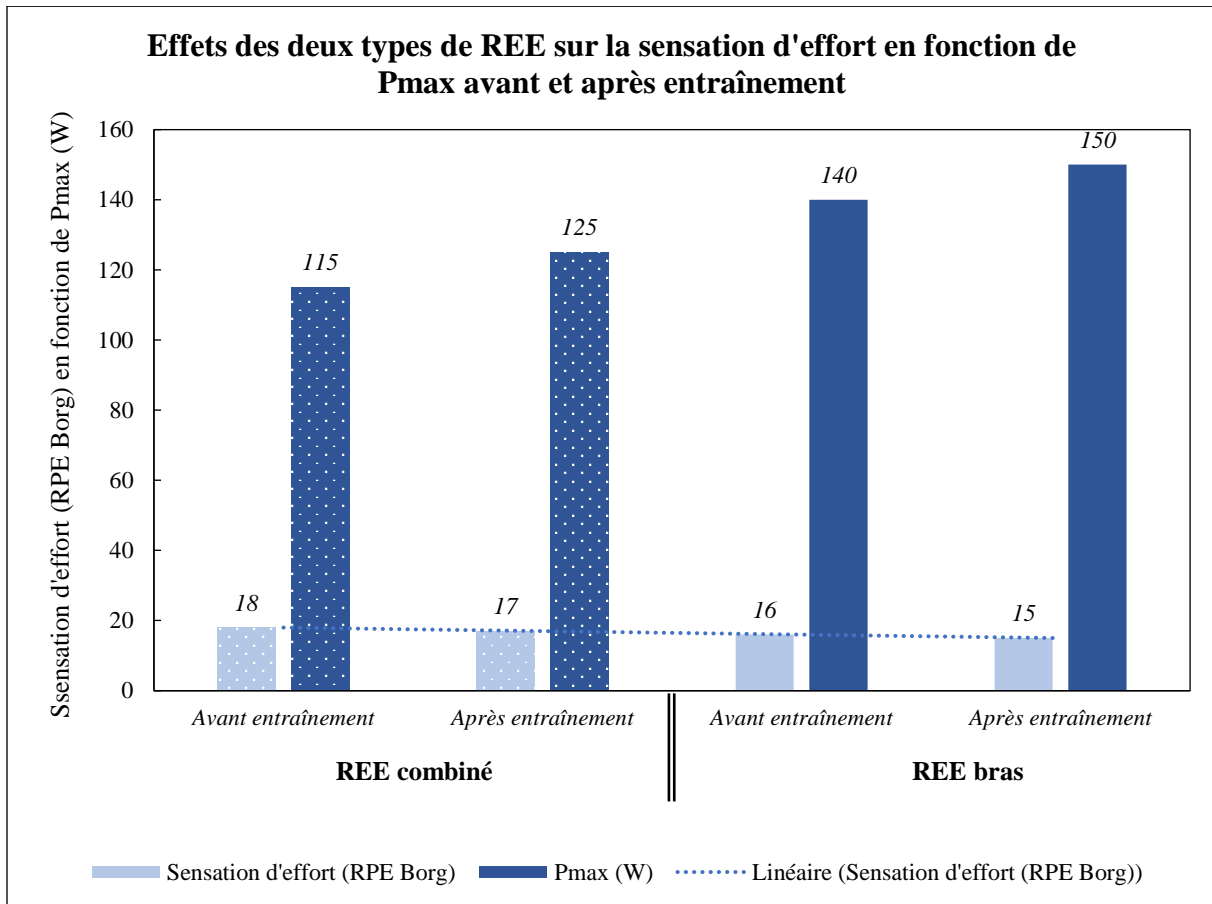


***Graphique 3 : Effets de l'entraînement sur la FC associée à Pmax avant et après entraînement***

En réponse à l'entraînement réalisé durant les 6 semaines d'étude, les résultats montrent que suite au REE associant le travail du membre inférieur sain et des membres supérieurs, la FC associée à la Pmax (majorée de 10W après la prise en charge) a diminué d'1 bpm, soit 0,6%. En revanche, concernant le REE ciblant le travail en endurance des membres supérieurs uniquement, on observe une FC de fin d'effort de 28,5% supérieure à celle mesurée pré prise en charge, avec une valeur médiane de 112 bpm. A noter que cette FC est également associée à une Pmax majorée de 10W.

#### 4. Sensation d'effort

Les résultats concernant la sensation d'effort évaluée lors de l'épreuve d'effort, grâce à l'échelle RPE de Borg sont illustrés sur le graphique 4 ci-dessous :



***Graphique 4 : Effets des deux types de REE sur la sensation d'effort avant et après entraînement***

D'après les valeurs obtenues suite à la prise en charge en endurance, les sujets présentent respectivement une diminution de la sensation d'effort pour un effort supérieur. En effet, les deux sujets (REE combiné en motif à pois et REE bras en remplissage uni) indiquent une sensation d'effort inférieur d'1 point sur l'échelle RPE de Borg, à l'issue de leur épreuve d'effort, alors qu'ils ont tous deux atteint une Pmax supérieure de 10W. On observe donc une diminution de l'effort perçu associé à une puissance maximale supérieure.

## **DISCUSSION**

La présente étude avait pour objectif principal d'évaluer les effets d'un programme de REE, associant un travail aérobic des membres supérieurs ainsi que du membre inférieur sain, supervisé sur 6 semaines, sur les capacités aérobies de la population d'amputé du membre inférieur. Pour des raisons d'éthique, les données présentées n'ont pu faire l'objet d'une comparaison avec un groupe témoin, puisqu'aux vues des bienfaits induits par le travail d'endurance chez cette population, il n'était pas envisageable de les priver d'une rééducation complète (Chin et al., 2001). L'analyse et la comparaison des résultats se sont donc faites entre les données pré et post prise en charge, mais aussi entre le REE sur membres supérieurs et le REE couplant l'entraînement sur membres supérieurs et membre inférieur sain.

Tout d'abord, il convient de préciser que le faible échantillon de population étudié durant cette recherche ne permet pas d'obtenir des résultats significatifs ou des tendances, ni d'établir des affirmations probantes quant aux bénéfices observés. Malgré ce manque d'effectif, les participants représentent bien la population d'amputés du membre inférieur, puisque leur amputation découle des deux origines les plus fréquentes à savoir : l'amputation vasculaire et l'amputation traumatique (Ahmad et al., 2014). Les deux sujets possèdent des caractéristiques physiques variées. Ils se distinguent par de nombreux critères qui constituent des biais dans l'interprétation des résultats. Parmi ces différences notables, nous relevons l'origine de l'amputation, l'âge, leur condition physique et niveau d'activité physique avant l'opération.

Par ailleurs, concernant la modalité d'évaluation des variables étudiées, le test d'effort sous-maximal incrémenté, comparable à ceux utilisés par Chin et al., (1997 et 2001) et Vestering et al., (2005), nous semble être approprié pour la population d'étude. Lorsque ce test est réalisé sur ergocycle à bras, il est reproductible et adapté au handicap moteur des participants.

D'autre part, pour des raisons de faisabilité, nous n'avons pas pu mesurer toutes les variables envisagées dans la méthodologie. Outre les paramètres étudiés, nous aurions également souhaité évaluer les échanges gazeux durant l'épreuve d'effort sous-maximale incrémentée, ce qui aurait été intéressant pour analyser les variations de  $VO_2$  max, mais aussi de fréquence et débit respiratoires en réponse aux programmes de REE effectués. En effet, lors d'études antérieures, des améliorations significatives de  $VO_2$  max ont été mesurées en réponse à un REE sur ergocycle à jambe (Chin et al., 2001 ; Demets et al., 2014). Par ailleurs, il n'a pas



non plus été possible d'évaluer le périmètre de marche et la vitesse de marche au cours d'un test de marche de 6 minutes (TM6). Ces éléments auraient été de bons indicateurs supplémentaires afin de quantifier l'efficacité du programme de REE combiné, car ils varient en fonction de l'amélioration des capacités aérobies des sujets (Casillas et al., 1983). Cependant, les participants ne disposant pas tous de prothèse, ces paramètres n'ont pas pu être mesurés.

Les résultats obtenus à l'issue des tests de fin de prise en charge, nous ont permis de mesurer une légère amélioration de la puissance maximale tolérée par nos participants. Il semble tout à fait cohérent d'observer une amélioration de Pmax suite à un REE, puisque ce dernier développe la force musculaire (Demets et al., 2014) et améliore la condition physique dans son ensemble (Askew et al., 2014). En effet, les deux participants ont augmenté de 8,6% et 7,1% leur Pmax. Toutefois cette observation ne nous permet pas de différencier les bienfaits induits entre les deux types de REE, ni de prétendre que le fait de solliciter le membre inférieur sain au même titre que les membres supérieurs lors des séances de REE est plus avantageux en termes de bénéfices induits sur la puissance maximale développée. Dans l'étude de Davidoff et al. (1992), les auteurs remarquent une augmentation de la Pmax en réponse à un REE par pédalage à bras, qu'ils évaluent cependant comme non significative ( $P_{max}=17,1W \pm 8,5$  pré prise en charge et  $P_{max}=23,5W \pm 9,3$  post prise en charge). D'autre part, Demets et al. (2014) observent quant à eux une amélioration de 34,4% pour la Pmax développée suite au REE sur ergocycle à jambe et de 21,1% suite au REE sur ergocycle à bras. Lorsque nous interrogeons les sujets à la fin du test sur les raisons qui les ont contraints à arrêter l'épreuve, ils s'accordent tous deux sur une cause : l'incapacité musculaire à poursuivre l'exercice. De plus, comme décrit dans la revue de littérature, le pédalage unilatéral du membre inférieur n'est pas un mouvement physiologique. Il a donc nécessité au participant une phase d'adaptation au matériel, qui constitue un biais méthodologique et pourrait être un frein à l'obtention de meilleures valeurs de Pmax.

Concernant la FC de repos, le sujet ayant réalisé le REE combinant un travail aérobic du haut et bas du corps, présente une diminution de 11,3% de sa FC de repos. Cette diminution de FC de repos atteste d'une amélioration de l'aptitude aérobic (Tailliar et al., 2006). La littérature scientifique actuelle ne fournit pas de valeurs significatives, quant à une baisse de la

FC de repos suite à un REE par pédalage à bras ou à jambe auprès de la population d'étude. En effet, les auteurs ont également noté une diminution de la FC de repos suite à leur programme de pédalage, cependant, aucune de leurs études n'apportent un seuil de significativité suffisant pour être utilisé (Chin et al., 2001 ; Davidoff et al. 1992).

Le REE sur bras n'a pas produit le même effet, puisqu'on observe une augmentation de 6,6% de la FC de repos. Il est surprenant qu'un programme de REE ait induit de tels résultats. Ils peuvent éventuellement s'expliquer par un état de stress physique ou psychologique ressenti par le patient. D'autres variables entrent en jeu comme la qualité du sommeil, la fatigue et la motivation qui influencent aussi la forme physique. Nous aurions pu prendre en compte ces paramètres en les mesurant à l'aide de l'indice de Hooper (Hooper et al., 1995) (*cf. annexe 4*) et du questionnaire relatif à la motivation de pratiquer des activités physiques dans une perspective de santé (*cf. annexe 5*).

La FC atteinte à Pmax à l'issue des programmes de REE a également diminué chez le patient réalisant le REE associant le travail aérobic des bras et de la jambe, pour une Pmax atteinte supérieure de 8,6%. La FC associée aux 125W atteints est inférieure d'1 bpm (173 bpm) comparée à celle mesurée lors de la première épreuve d'effort terminée à 115W (174 bpm). Ce phénomène peut s'expliquer par l'adaptation du système cardiovasculaire à l'entraînement (Askew et al., 2014 ; Chin et al., 2001). Dans l'étude de Demets et al. (2014), une diminution de FC max de 7,2% a été observée en réponse à un programme de REE sur ergocycle à jambe. Cet écart entre ces deux baisses de FC max peut s'expliquer par l'absence de prise en charge post-opératoire des sujets de leur étude. De plus, l'amélioration des capacités cardiaques est proportionnellement corrélée à une meilleure tolérance à l'effort et une amélioration des capacités respiratoires (Davidoff et al., 1992 ; Demets et al., 2014). Notons également qu'il existe une relation linéaire entre intensité d'effort et FC et que ce rapport a été évalué comme « puissant » pour les exercices réalisés sur ergocycle (Delignières, 1993).

L'augmentation de la FC de fin de test du patient ayant réalisé le REE sur bras pourrait se justifier par des causes similaires à celles présentées ci-avant. Lors du test de fin de prise en charge, ce patient présente une FC de repos plus haute (+6,6%) ainsi qu'une FC de fin d'épreuve également supérieure (+26,5%). Il a cependant atteint une Pmax majorée de 7,1% par rapport au bilan initial, ce qui indique toutefois une amélioration de la puissance développée (Demets et al., 2014). Néanmoins, nous n'observons pas d'évolution au niveau cardiaque, ce qui ne permet pas de dire que le programme de REE sur bras induit une adaptation favorable à l'amélioration de l'endurance cardiaque. Toutefois d'autres auteurs comme Demets et al.

(2014) ont constaté une évolution de FC max après entraînement sur ergocycle à bras, même si cette dernière n'a diminué que de 0,95%.

Pour finir, les résultats obtenus pour l'évaluation de la sensation d'effort, mesurée par l'échelle RPE de Borg (1970), montre que les deux participants perçoivent de manière moins intense l'effort physique en réponse aux 6 semaines de prise en charge. Cette donnée confirme les adaptations cardiorespiratoires avec le REE ainsi que l'amélioration de la condition physique. Lorsque l'on met en relation le score évalué sur l'échelle de Borg et la Pmax atteinte lors du test, on remarque qu'il y a une diminution de la sensation d'effort pour une Pmax supérieure. Ces résultats sont en adéquation avec ceux relevés par Davidoff et al. (1992) qui mesurent une réduction significative de 13,3% du score RPE de Borg. Cette étude est la seule que nous ayons, prenant en compte la sensation d'effort lors de l'évaluation des bénéfices d'un programme de REE sur pédalage chez les amputés. Nous pouvons également mettre en relation la diminution de l'effort perçu avec la baisse de la FC atteinte à Pmax. En effet, il semble logique d'associer ces diminutions puisqu'il existe une corrélation linéaire entre FC et sensation d'effort (Delignières, 1993). D'autre part, il aurait pu être intéressant de mesurer la sensation d'effort des sujets à chaque séance, dans le but d'obtenir une courbe représentative de l'effort perçu et ainsi analyser l'évolution de ce ressenti en fonction de l'intensité réelle de travail.

Si l'ensemble de nos résultats n'atteste pas d'une évolution importante entre les valeurs de pré et post prise en charge, divers biais méthodologiques peuvent être mis en cause. En raison du faible échantillon de population, les différences de caractéristiques physiques entre les deux participants, telles que l'âge et la condition physique, influencent fortement les résultats des tests. De plus, lorsque les sujets ont intégré l'étude, ils avaient déjà effectué des séances de REE, nous n'avons ainsi pas pu évaluer objectivement leur aptitude aérobie initiale. Nous supposons que si notre prise en charge avait débuté dès leur arrivée au CSSR, nous aurions observé une variation de plus grande amplitude entre les données recueillies en début et fin d'étude. Par ailleurs, il faut également prendre en compte le fait que lorsque l'on réalise une étude au sein d'une structure de réadaptation, les patients bénéficient d'une programmation pluridisciplinaire. Toutes les démarches encadrées par l'équipe soignante (composée entre-autres de kinésithérapeutes, ergothérapeutes, diététiciennes, neuropsychologues etc.) impactent

sur l'état de santé physique et mentale des patients. Nous ne pouvons donc pas affirmer que les séances d'APA sont les seules actrices de l'amélioration des variables mesurées.

Dans une future étude sur ce sujet, il serait intéressant d'évaluer l'impact du REE sur les membres supérieurs et le membre inférieur sain comparé au REE sur les membres supérieurs, en fonction de l'origine de l'amputation. En effet, les pathologies associées à l'amputation, qu'elles soient secondaires à l'opération ou qu'elles en aient été la cause, sont susceptibles de perturber les résultats des tests, car dans la majorité des cas, les amputés vasculaires ont une condition physique inférieure à celle des amputés traumatiques (Hermodsson et al., 1994). Ce phénomène s'explique par la présence de pathologies vasculaires qui diminuent les capacités aérobies, mais également de l'âge puisque nous avons vu que les amputés vasculaires sont généralement âgés (Oliveira et al., 2013) alors que les amputés traumatiques sont souvent jeunes (Herve, 2012).

Nous avons émis l'hypothèse que réentraîner à l'effort un amputé du membre inférieur en pratiquant des séances composées de travail intermittent, ciblant le pédalage à bras et le pédalage avec la jambe saine, améliorerait davantage l'endurance que de travailler uniquement les bras. En effet, l'intermittent permet d'obtenir de meilleurs résultats que le travail continu sur les capacités aérobies (Inserm, 2015). De plus, il nous semblait pertinent de faire travailler le membre inférieur controlatéral, en sollicitant le quadriceps qui est un muscle consommant beaucoup d'O<sub>2</sub> et qui est généralement atrophié suite à l'amputation (Fraisie et al., 2008). Lorsque ce muscle est entraîné chez la population saine, sa capillarisation (essentielle dans le transport de l'O<sub>2</sub>) augmente au même titre que sa vascularisation et sa densité mitochondriale (Caron et al., 2011). Ces auteurs ont également démontré que si l'on accroît la vascularisation et le taux de mitochondrie au sein du muscle, on accentue alors le transport de l'O<sub>2</sub> et on développe ainsi de meilleures capacités aérobies. Chez la population souffrant de bronchopneumopathie chronique obstructive (BPCO), ce phénomène d'amyotrophie du quadriceps est également observé. Il se caractérise principalement par une diminution de la taille et du nombre de fibre de type I (oxydatives) qui, comparativement aux autres fibres musculaires, sont plus vascularisées, ont un contenu supérieur en mitochondries et sont plus résistantes à la fatigue musculaire. Cette amyotrophie du membre inférieur implique donc un transport de l'O<sub>2</sub> moins efficace à travers l'organisme, ainsi qu'une moins bonne tolérance à

l'effort (Caron et al., 2011). Le parallèle entre atrophie musculaire du quadriceps chez les BPCO et les amputés du membre inférieur pourrait justifier la diminution des capacités d'endurance de notre population d'étude et il serait intéressant d'explorer l'impact du REE en pédalage unilatéral sur la concentration du quadriceps en fibre de type I.

## **CONCLUSION ET PERSPECTIVES**

Le REE associant un travail de pédalage sur ergocycle à bras et sur ergocycle à jambe induit des bénéfices sur les capacités aérobies des sujets amputés du membre inférieur. Qu'ils soient amputés suite à un traumatisme ou à l'aggravation d'une pathologie vasculaire, ces individus ont besoin d'améliorer leur condition physique pour préserver leur autonomie.

Aux vues de notre recherche, les résultats obtenus sont encourageants et nécessitent d'être approfondis. Le manque de significativité des données recueillies nous pousse à inciter à la réalisation de nouvelles études à plus grande échelle sur cette problématique, dont les résultats pourraient contribuer à améliorer les axes de prise en charge rééducative des amputés du membre inférieur.

La pratique du pédalage unilatéral, qui améliore l'endurance et augmente la force musculaire en mobilisant la jambe saine, pourrait participer à la reprise précoce de la marche. De plus, les séances de pédalage à bras et à jambe pourraient être effectuées sur du matériel d'extérieur (vélo couché et vélo à bras), permettant aux patients de sortir du cadre hospitalier durant les séances d'APA et majorer les bienfaits psychologiques associés à la pratique physique. Par ailleurs, si travailler séparément l'endurance des membres supérieurs et du membre inférieur au sein de la même prise en charge est bénéfique pour augmenter l'aptitude aérobie, un REE plus complet pourrait induire davantage de bénéfices. En effet, travailler l'ensemble du corps à travers des séances d'ergocycle combiné (bras et jambe simultanés) ou de rameur pourrait être plus efficace. Nous pourrions également envisager de transposer ce protocole sur d'autre niveau d'amputation.

Connaître ses capacités physiques et sa tolérance à l'effort permettra au sujet amputé d'appréhender avec plus de confiance la vie avec handicap. Le sensibiliser sur les méfaits de la sédentarité et lui transmettre le goût de l'activité physique favoriseront le maintien des bénéfices acquis durant la prise en charge.

## **BIBLIOGRAPHIE**

- Abbiss CR, Karagounis LG, Laursen PB, Peiffer JJ, Martin DT, Hawley JA, Fatchee NN, Martin JC. Single-leg cycle training is superior to double-leg cycling in improving the oxidative potential and metabolic profile of trained skeletal muscle. *J Appl Physiol* (1985). 2011 May;110(5):1248-55.
- Ahmad N, Thomas GN, Gill P, Chan C, Torella F. Lower limb amputation in England: prevalence, regional variation and relationship with revascularisation, deprivation and risk factors. A retrospective review of hospital data. *J R Soc Med.* déc 2014;107(12):483-9.
- André JM, Paysant J, Martinet N. Les amputés en chiffres : épidémiologie. Collège français des enseignants universitaires de médecine physique et réadaptation (COFEMER). 2006.
- Askew CD, Parmenter B, Leicht AS, Walker PJ, Golledge J. Exercise & Sports Science Australia (ESSA) position statement on exercise prescription for patients with peripheral arterial disease and intermittent claudication. *Journal of Science and Medicine in Sport.* 1 nov 2014;17(6):623-9.
- Baribeau-Dupont C, Gagnon M, Rodier I, Trahan M-C. Pas à pas : La réadaptation des amputés du membre inférieur. 2011;72-75.
- Borens O, Saucy F, Mouhsine E, Wettstein M, Blanc C-H. Amputations du membre inférieur. *Revue médicale suisse.* 2007;3:32765.
- Borg G. Perceived exertion as an indicator of somatic stress. *Scand J Rehabil Med.* 1970;2(2):92-8.
- Bosser G, Martinet N, Rumilly E, Paysant J, André J-M. Le réentraînement à l'effort chez l'amputé de membre inférieur. 11 janv 2008.
- Casillas J-M, Roux J. Propositions pour un programme de rééducation de l'amputé artéritique. *Annales de Kinésithérapie.* 1983;10(6):209-13.
- Caron M-A, Debigaré R, Dekhuijzen PNR, Maltais F. L'atteinte du diaphragme et du quadriceps dans la BPCO : une manifestation systémique de cette maladie ? *Revue des Maladies Respiratoires.* 1 déc 2011;28(10):1250-64.
- Centre Européen d'Etude du Diabète (CEED). 2018.
- Chan BL, Witt R, Charrow AP, Magee A, Howard R, Pasquina PF, et al. Mirror therapy for phantom limb pain. *N Engl J Med.* 22 nov 2007;357(21):2206-7.
- Chin T, Sawamura S, Fujita H, Nakajima S, Ojima I, Oyabu H, et al., Effect of endurance training program based on anaerobic threshold (AT) for lower limb amputees. *J Rehabil Res Dev.* févr 2001;38(1):7-11.
- Chin T, Sawamura S, Fujita H, Nakajima S, Ojima I, Oyabu H, et al., The efficacy of the one-leg cycling test for determining the anaerobic threshold (AT) of lower limb amputees. *Prosthet Orthot Int.* août 1997;21(2):141-6.

- Curelli A, Brouard M, Antoine P. Rôle des facteurs psychologiques dans les sensations et douleurs fantômes après amputation. *Douleurs : Evaluation - Diagnostic - Traitement*. 1 avr 2007;8(2):65-72.
- Davidoff GN, Lampman RM, Westbury L, Deron J, Finestone HM, Islam S. Exercise testing and training of persons with dysvascular amputation: Safety and efficacy of arm ergometry. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. avr 1992;73(4):334-8.
- Deitrick JE, Whedon GD, Shorr E. Effects of immobilization upon various metabolic and physiologic functions of normal men. *The American Journal of Medicine*. 1 janv 1948;4(1):3-36.
- Delefortrie D, Ponsot L. Endurance ou force dans le reentrainement a l'effort chez des patients atteints d'arteriopathie oblitérante des membres inférieurs. *Travail de bachelor*. 2016.
- Delignières, D. (1993). La perception de l'effort et de la difficulté. In J.P. Famose (Ed.), *Cognition et performance*. 1993 ;183-218. Paris: INSEP.
- Demets J, Weissland T, Metron D. Étude de faisabilité du pédalage unilatéral en réentraînement à l'effort chez le patient amputé de membre inférieur d'origine vasculaire : résultats préliminaires. *Movement & Sport Sciences*. 20 août 2014 ;n° 84(2):35-42.
- Dijkstra PU, Geertzen JHB, Stewart R, van der Schans CP. Phantom pain and risk factors: a multivariate analysis. *J Pain Symptom Manage*. déc 2002 ;24(6):578-85.
- Fosse S, Jacqueminet SA, Duplan H, Hartemann-Heurtier A, Grimaldi A, Ha Van G. Incidence et caractéristiques des amputations de membres inférieurs chez les personnes diabétiques en France métropolitaine. *Bulletin Épidémiologique Hebdomadaire*. 2003 ;(10):71-73.
- Fraisse N, Martinet N, Kpadonou T-J, Paysant J, Blum A, André J-M. Les muscles de l'amputé tibial. *Annales de readaptation et de médecine physique*. 2008 ;51(3):218-227.
- Griffié RA, Monod H. Etude électromyographique du pédalage sur bicyclette ergométrique. *Le Travail Humain*. 1956;19(3/4):287-95.
- Groupe d'Etudes et de Recherches Appliquées à la Rééducation (G.E.R.A.R). Complémentarité professionnelle Activité Physique Adaptée et Masso-kinésithérapie. 2014. [Internet]. Le blog du GERAR. 2014. Disponible sur: <http://le-gerar.blogspot.com/2014/10/complementarite-professionnelle.html>
- Grumillier C. Implication du membre inférieur sain dans les mécanismes d'adaptation de l'amputé trans-tibial à sa prothèse au cours de la marche. *Travail de thèse*. 2008;14-50.
- Guilbaud C. Intérêt de l'amélioration de la force musculaire et de l'endurance en phase pré-prothétique chez un patient artériel amputé tibial en vue d'optimiser sa reprise d'autonomie avec prothèse. 2017;52.
- Haute Autorité de Santé (HAS). Commission d'évaluation des produits et prestations-1049. 2007.



- Haute Autorité de Santé (HAS). Référentiel concernant l'évaluation du risque de chutes chez le sujet âgé autonome et sa prévention. 2012:8-23.
- Hermodsson Y, Ekdahl C, Persson BM, Roxendal G. Standing balance in trans-tibial amputees following vascular disease or trauma: a comparative study with healthy subjects. *Prosthet Orthot Int.* déc 1994;18(3):150-8.
- Herve A-L. Les possibilités de prise en charge pluriprofessionnelle du patient amputé trans-fémoral: une ligne de suivi optimale et deux cas cliniques. Nantes. 2012.
- Hirsch AT, Haskal ZJ, Hertzner NR, Bakal CW, Creager MA, Halperin JL, et al., ACC/AHA 2005 Guidelines for the Management of Patients With Peripheral Arterial Disease (Lower Extremity, Renal, Mesenteric, and Abdominal Aortic). *Journal of the American College of Cardiology.* 21 mars 2006;47(6):1239-312.
- Hooper SL, Mackinnon LT. Monitoring Overtraining in Athletes: Recommendations. *Sports Medicine.* nov 1995;20(5):321-7.
- Humphrey AR, Dowse GK, Thoma K, Zimmet PZ. Diabetes and nontraumatic lower extremity amputations. Incidence, risk factors, and prevention--a 12-year follow-up study in Nauru. *Diabetes Care.* juill 1996;19(7):710-4.
- Institut national de la santé et de la recherche médicale (Inserm). Activité physique et prévention des chutes chez les personnes âgées. Synthèse et recommandations. 2015;292-8.
- Institut de Veille Sanitaire (InVS). 2016.
- Kemoun G. Réentraînement à l'effort. Frison Roche (Editions). 1999.
- Larousse. Définitions : amputation [Internet]. 2012. Disponible sur: <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/amputation/3121>
- Leca R. Biomécanique - Le pédalage. 2018.
- Lonsdorfer J, Bogui P, Dah C, Pigearias B, Lonsdorfer A, Sofo I, et al. Améliorations cardio-respiratoires et métaboliques après un entraînement par exercices en créneaux. *Science & Sports.* 1 juin 1989;4(2):161-4.
- Mendoza-Cruz F, Rodríguez-Reyes G, Galván Duque-Gastélum C, Alvarez-Camacho M. [Comparative study of the volume difference vs. healthy limb, morphological and population description in transfemoral amputees]. *Rev Invest Clin.* juill 2014;66 Suppl 1:S85-93.
- Nolan L, Lees A. The functional demands on the intact limb during walking for active trans-femoral and trans-tibial amputees. *Prosthet Orthot Int.* août 2000;24(2):117-25.
- Oliveira Y-S, Ba JI, Nsame D, Angoue J-MM, Lebane A, Saberi KM, et al., Les causes d'amputations des membres inférieurs en rééducation : impact de l'insuffisance artérielle et du diabète. 5 déc 2013.
- Organisation Mondiale de la Santé (OMS). 2016.

- Ortiz-Catalan M, Guðmundsdóttir RA, Kristoffersen MB, Zepeda-Echavarria A, Caine-Winterberger K, Kulbacka-Ortiz K, et al. Phantom motor execution facilitated by machine learning and augmented reality as treatment for phantom limb pain: a single group, clinical trial in patients with chronic intractable phantom limb pain. *The Lancet*. déc 2016;388(10062):2885-94.
- Perez-Martin A. Réentraînement à l'effort des patients diabétiques de type 2 : aspects pratiques. 16 avr 2008.
- Powers CM, Rao S, Perry J. Knee kinetics in trans-tibial amputee gait. *Gait & Posture*. 1 août 1998;8(1):1-7.
- Rouillet S, Nouette-Gaulain K, Brochet B, Sztark F. Douleur du membre fantôme : de la physiopathologie à la prévention. *Annales Françaises d'Anesthésie et de Réanimation*. 1 mai 2009;28(5):460-72.
- Selby JV, Zhang D. Risk factors for lower extremity amputation in persons with diabetes. *Diabetes Care*. avr 1995;18(4):509-16.
- Singh R, Hunter J, Philip A. The rapid resolution of depression and anxiety symptoms after lower limb amputation. *Clin Rehabil*. 1 août 2007;21(8):754-9.
- Tailliar JJ, Letombe A, Voisin P, Olivier N. Reentrainement a l'effort sur cyclo-ergometre a jambes : individualisation, programmation, evaluation. *Kinesitherapie Scientifique*. juillet 2006;468:13-8.
- Tounkara A, Diallo D, Sidibe S. Etude des complications de l'amputation des membres inférieurs dans le service de Chirurgie Orthopédique et traumatologique du CHU Gabriel Touré. 2007;91.
- Van Velzen JM, van Bennekom CA, Polonski W, Sloopman JR, van der Woude LH, Houdijk H. Physical capacity and walking ability after lower limb amputation: a systematic review. *Clinical Rehabilitation*. nov 2006;20(11):999-1016.
- Vestering M, Schoppen T, Dekker R, Wempe J, Geertzen J. Development of an exercise testing protocol for patients with a lower limb amputation: Results of a pilot study. *International journal of rehabilitation research Internationale Zeitschrift für Rehabilitationsforschung Revue internationale de recherches de réadaptation*. 1 oct 2005;28:237-44.
- Viton J, Mouchnino L, Mille ML, Cincera M, Delarque A, Pedotti A, et al. Equilibrium and movement control strategies in trans-tibial amputees. *Prosthetics and Orthotics International*. août 2000;24(2):108-16.
- Zingg M, Nicodeme J-D, Uckay I, Ray A, Suva D. Amputations du membre inférieur : indications, bilan et complications. *Revue médicale suisse*. 2014;10(455):2409-13.

## **TABLE DE REFERENCE DES TABLEAUX**

Tableau 1 : Données anthropométriques .....	22
---	----

## **TABLE DE REFERENCE DES FIGURES ET GRAPHIQUES**

Figure 1 : Niveaux d'amputation du pied - extraite de Zingg et al., "Amputations du membre inférieur : indications, bilan et complications", (2014) .....	8
Figure 2 : Niveaux d'amputation du membre inférieur.....	9
Figure 3 : Cycles de pédalage - extraite de R. Leca "Biomécanique - Le pédalage", (2018) ..	17
Figure 4 : Ergocycle à jambe.....	23
Figure 5 : Ergocycle à bras.....	23
Figure 6 : Programme de REE en créneaux – extraite de Losdorfer et al., « Améliorations cardio-respiratoires et métaboliques après un entraînement par exercices en créneaux », (1989).....	26
Figure 7 : Exemple d'une séance type effectuée par le sujet n°2 lors de la 6ème semaine de prise en charge.....	28
Graphique 1 : Effets des deux types de REE sur Pmax avant et après entraînement.....	29
Graphique 2 : Effets des deux types de REE sur la FC de repos avant et après entraînement.	30
Graphique 3 : Effets de l'entraînement sur la FC associée à Pmax avant et après entraînement .....	31
Graphique 4 : Effets des deux types de REE sur la sensation d'effort avant et après entraînement .....	32

## ANNEXES

### **Annexe 1 : Formulaire de non opposition à la participation**

Projet de recherche intitulé : « Amputation du membres inférieur et capacités aérobies : comparaison d'un programme de réentraînement à l'effort sur ergocycle à bras et d'un réentraînement à l'effort combiné sur ergocycle à bras et ergocycle à jambe »

<b>RECUEIL DE NON OPPOSITION DE PARTICIPATION</b>
---

Je soussigné(e) ....., reconnais avoir lu et compris le présent formulaire d'informations concernant le projet « **Amputation du membres inférieur et capacités aérobies : comparaison d'un programme de réentraînement à l'effort sur ergocycle à bras et d'un réentraînement à l'effort combiné sur ergocycle à bras et ergocycle à jambe** » et fais part de ma non opposition à participer à ce projet de recherche.

Je reconnais avoir été informé(e) que je pouvais mettre fin à ma participation au projet à tout moment sans aucun motif à donner, en contactant simplement les personnes contacts.

Je reconnais également que le responsable du projet m'a expliqué le but et les modalités du projet, ainsi que les avantages, risques et inconvénients du projet.

Je reconnais que le responsable du projet a répondu à mes questions de manière claire et précise.

Je reconnais enfin avoir la possibilité de poser des questions additionnelles sur le projet ou sur mes droits, à tout moment pendant le projet, en communiquant avec les personnes contacts.

#### **Enregistrement vidéo et /ou prise de photographies**

Il est possible que certains essais soient filmés et que des photographies soient prises. Nous aimerions pouvoir utiliser ces dernières, avec votre permission, à des fins de formation, de vulgarisation de notre recherche et/ou de présentations scientifiques. Il n'est cependant pas nécessaire de consentir à ce volet pour participer au présent projet. Si vous refusez, les enregistrements et les photographies vous concernant seront détruits à la fin du projet dans le respect de la confidentialité.

Nous autorisez-vous à utiliser vos photographies ou enregistrements à des fins de formations, de vulgarisation de notre recherche ou de présentations scientifiques et à les conserver avec vos données de recherche ?

Oui

Non

Fait en deux exemplaires dont un sera remis au participant et un sera conservé par le responsable du projet.

**Pour le participant :**  
**Date et signature**

**Pour le responsable du projet :**  
**Date et signature :**

## Annexe 2 : Notice d'information

### NOTE D'INFORMATION

**« Amputation du membres inférieur et capacités aérobies : comparaison d'un programme de réentraînement à l'effort sur ergocycle à bras et d'un réentraînement à l'effort combiné sur ergocycle à bras et ergocycle à jambe »**

Madame, Monsieur,

Etudiante en Master 2 Activité Physique Adaptée et Santé (APA-S), je mène actuellement une recherche impliquant la personne humaine, coordonnée par le cadre de santé Gaël Millon, praticien hospitalier dans le service d'hospitalisation de jour et du plateau technique, au CSSR de Koutio.

Nous vous présentons ici les informations nécessaires pour comprendre l'intérêt et le déroulement de l'étude, les bénéfices attendus, les contraintes et les risques prévisibles.

**Lisez attentivement cette notice.**

**Posez toutes les questions qui vous sembleront utiles.**

**Après avoir obtenu les réponses satisfaisantes à vos questions et disposé d'un délai de réflexion adapté, vous pourrez alors décider si vous voulez participer à cette étude ou non.**

Pour toute demande d'informations vous pouvez me contacter par email à [marig.joubaud@univ-rennes2.fr](mailto:marig.joubaud@univ-rennes2.fr) ou par téléphone au 94 09 66.

Initiales :

1/5

## **Contexte et objectifs de l'étude :**

L'amputation peut être définie comme le handicap moteur résultant de l'ablation d'un membre ou d'une partie d'un membre. Ce type de traumatisme présente diverses causes qui peuvent être d'origines pathologique, traumatique et congénitale. La réadaptation des patients débute majoritairement lorsque le moignon est cicatrisé ou en phase de cicatrisation. Réalisée de manière précoce et bien menée, elle induira une meilleure récupération physique des sujets. L'alitement imposé par la chirurgie entraîne un déconditionnement physique avec une fonte musculaire, ainsi qu'une diminution des capacités cardiorespiratoires. Si l'endurance des patients se voit fortement amoindrie des suites de cette opération, le réentraînement à l'effort tel que le pédalage sur ergocycle à jambe, ergocycle à bras et le renforcement musculaire sont de bons moyens de palier à ces baisses.

Cependant, les travaux réalisés sur ce sujet n'indiquent pas quel type de réentraînement à l'effort est le plus bénéfique afin d'améliorer au mieux l'endurance.

L'objectif du présent projet est ainsi de comparer la prise en charge d'un programme de réentraînement à l'effort sur ergocycle, basé sur un travail des membres supérieurs, à un programme qui ciblerait le travail du membre inférieur sain et des membres supérieurs (ergocycle à jambe + ergocycle à bras). Ce projet vise à aller plus loin dans l'analyse de l'endurance ainsi que la maximisation des bénéfices apportés par la prise en charge en endurance et ainsi contribuer à la mise en place de recommandation en termes de travail aérobie.

## **Le déroulement de l'étude :**

### **A. Déroulement de votre participation à cette étude :**

- Chaque sujet participant à l'étude devra réaliser des tests d'entrée et de sortie d'étude (identiques)
  
- Le protocole des tests vous sera exposé avant signature d'un formulaire de non opposition de participation. Si vous le désirez, vous pourrez poser toutes questions complémentaires que vous souhaitez à l'expérimentateur, avant d'entrer dans l'étude, ou à tout moment de celle-ci
  
- Le protocole expérimental sera alors le suivant :
  - Chaque participant réalise le programme de réentraînement à l'effort qui lui est indiqué en début de séance sur ergocycle à jambe ou à bras

Initiales :

2/5



Figure 1 : Ergocycle à jambe



Ergocycle à bras

- Ce programme comporte un échauffement de 5 minutes, un corps de séance de 20 à 30 minutes, ainsi qu'un retour au calme de 5 minutes.
- Les résultats obtenus aux tests d'entrée nous permettront d'adapter l'intensité d'exercice selon les sujets
- Les intensités d'effort pourront être modulées en fonction des améliorations physiques des sujets
- Associé aux séances de réentraînement à l'effort, du renforcement musculaire et du stretching sont également dispensés afin de couvrir au mieux vos besoins durant cette prise en charge

### **B. Bénéfices :**

Les bénéfices vous concernant ne seront pas significatifs dans un premier temps, mais nous souhaitons observer à l'issue de cette étude une amélioration de la condition physique, des capacités cardiovasculaires, respiratoires, ainsi que de la force et de la puissance maximales.

Dans un second temps, nous pourrions également constater une amélioration de l'équilibre, de la composition corporelle et de la souplesse liée au renforcement musculaire et au stretching.

### **C. Les sources d'inconfort et risques prévisibles :**

#### Sources d'inconfort :

- La potentielle fatigue liée à l'expérimentation. La durée des sessions sera limitée à 1h. Au cours de chaque session, vous aurez à réaliser un programme de réentraînement à l'effort sur ergocycle à jambe et/ou à bras ainsi que des séances de renforcement musculaire et de stretching

Initiales :

3/5

#### Risques prévisibles :

- Principalement celui d'une chute, mais ne sera pas supérieur à celui habituellement encouru lors des séances d'APA ou de kiné :
  - Vous utiliserez les moyens de déambulation (chaussures) que vous avez l'habitude de porter
  - Les éventuels transferts seront sécurisés
  - Vous aurez pour consigne de stopper immédiatement le test si vous vous sentez mal ou dans une situation trop inconfortable
- Les risques de gêne ou de blessure dus au protocole de mesure seront minimes

#### **D. Indemnisation – prise en charge des frais liés à l'étude :**

Vous ne percevrez aucune contrepartie financière pour votre participation à l'étude.

#### **E. Aspects réglementaires et administratifs :**

- Pour participer à l'étude proposée, vous devez être affilié(e) à un régime de sécurité sociale

##### 1. Traitement informatique des données personnelles :

Un traitement informatisé de vos données personnelles va être mis en œuvre durant cette étude. Il a pour seule finalité la réalisation de cette recherche et se limite aux données strictement nécessaires et pertinentes au regard de son(s) objectif(s). Vous disposez d'un droit d'accès et de rectification des données. Vous disposez également d'un droit d'opposition à la transmission de vos données personnelles utilisées dans le cadre de cette étude. Ces droits s'exercent auprès des investigateurs qui vous suivent dans le cadre de l'étude et qui peuvent connaître votre identité.

##### 2. Droit à l'image

Dans le cadre de cette étude, et pendant votre évaluation, des enregistrements vidéo et photo pourront être effectués. Vous disposez d'un droit d'opposition à ce que ces vidéos et photos soient réalisées et/ou utilisées dans le cadre de l'étude et en dehors de l'étude (enseignement ou communication scientifique).

##### 3. Informations sur l'étude

- Tout au long de votre participation, vous serez informé(e) de la survenue de toute nouvelle donnée sur le déroulement de l'étude ou sa mise en œuvre susceptible de modifier votre décision quant à votre participation à l'étude.
- Vous avez la possibilité à tout moment de l'étude de contacter Marig JOUBAUD ([marig.joubaud@univ-rennes2.fr](mailto:marig.joubaud@univ-rennes2.fr) ; tel: 94 09 66) pour toute demande d'information supplémentaire sur l'étude, sur votre participation ou sur vos données personnelles.

Initiales :



- Vous pourrez être informé(e), si vous le souhaitez, des résultats globaux de la recherche à la fin de l'étude (Art L.1122-1 Code de la Santé Publique) en contactant Marig JOUBAUD ([marig.joubaud@univ-rennes2.fr](mailto:marig.joubaud@univ-rennes2.fr) ; tel : 94 09 66).

#### 4. Participation volontaire du participant

Votre participation à cette étude est entièrement volontaire et libre.

Votre éventuel refus de participer n'aura aucune conséquence.

Si vous acceptez de participer, vous pourrez à tout moment quitter cette étude sans justification.

Par ailleurs, vous pourrez éventuellement être sorti(e) de l'étude par l'investigateur principal s'il l'estime nécessaire.

---

**Cette note d'information vous appartient et vous pouvez la communiquer à vos proches pour avis.**

Nous vous remercions de votre coopération.

Si vous êtes d'accord pour participer à cette étude, nous vous demanderons de bien vouloir remplir et signer le formulaire de non opposition ci-joint.

Initiales :

### Annexe 3 : Echelle RPE (Rating of Perceived Exertion) de Borg

<b>Echelle de Borg</b>	
6	aucune sensation d'effort
7	
8	extrêmement léger
9	très léger
10	
11	léger
12	
13	un peu dur
14	
15	dur
16	
17	très dur
18	
19	extrêmement dur
20	effort maximal

© Gunnar Borg 1985

## Annexe 4 : Indice de Hooper

### **SENSATIONS : QUALITE DE SOMMEIL, DE DOULEURS MUSCULAIRES, DE STRESS, DE FATIGUE GENERALE :**

---

#### **SOMMEIL**

- 1 EXCELLENT
- 2 TRES BON
- 3 BON
- 4 MOYEN
- 5 MAUVAIS
- 6 TRES MAUVAIS SANS INSOMMIE
- 7 TRES MAUVAIS AVEC INSOMMIE

#### **DOULEURS MUSCULAIRES**

- 1 AUCUNE DOULEUR
- 2 TRES LEGERE LASSITUDE MUSCULAIRE
- 3 LEGERE LASSITUDE MUSCULAIRE
- 4 LASSITUDE MUSCULAIRE
- 5 LEGERES DOULEURS MUSCULAIRES
- 6 DOULEURS MUSCULAIRES MOYENNES
- 7 IMPORTANTES DOULEURS MUSCULAIRES

#### **STRESS**

- 1 AUCUN STRESS
- 2 TRES LEGER STRESS
- 3 LEGER STRESS
- 4 STRESS MOYEN
- 5 STRESS IMPORTANT
- 6 STRESS TRES IMPORTANT
- 7 EXTREMEMENT STRESSE

#### **FATIGUE GENERALE**

- 1 AUCUNE FATIGUE
  - 2 TRES LEGERE FATIGUE
  - 3 LEGERE FATIGUE
  - 4 FATIGUE MOYENNE
  - 5 FATIGUE IMPORTANTE
  - 6 FATIGUE TRES IMPORTANTE
  - 7 EXTREMEMENT FATIGUE
-

**Annexe 5 : Questionnaire de motivation à la pratique d'activités physiques dans une perspective de santé (Société Française des Professionnels en Activité Physique Adaptée – SFPAPA)**

**Partie 2 : comment percevez-vous votre contexte de pratique ?**

Lisez attentivement chacun des énoncés suivants. Ensuite en utilisant l'échelle ci-dessous, indiquez dans quelle mesure ces énoncés sont exacts pour vous, en encerclant un chiffre entre 1 et 7 :

1	2	3	4	5	6	7
Pas vrai du tout			Moyennement vrai			Complètement vrai

**Comment percevez-vous votre contexte de pratique ?**

1) ... je me sens libre de mes choix.	1	2	3	4	5	6	7
2) ... j'ai beaucoup de sympathie pour les personnes avec lesquelles j'interagis.	1	2	3	4	5	6	7
3) ... souvent, je ne me sens pas très compétent.	1	2	3	4	5	6	7
4) ... je me sens généralement libre d'exprimer mes idées et mes opinions.	1	2	3	4	5	6	7
5) ... je m'entends bien avec les personnes avec lesquelles je rentre en contact.	1	2	3	4	5	6	7
6) ... j'ai le sentiment de bien réussir.	1	2	3	4	5	6	7
7) ... j'ai la possibilité de prendre des décisions à propos de mon programme d'activité physique.	1	2	3	4	5	6	7
8) ... les personnes que je côtoie m'estiment et m'apprécient.	1	2	3	4	5	6	7
9) ... j'estime être en mesure de répondre aux exigences de mon programme d'activité physique.	1	2	3	4	5	6	7
10) ... je participe à l'élaboration de mon programme d'activité physique.	1	2	3	4	5	6	7
11) ... je considère les personnes avec lesquelles j'interagis régulièrement comme mes amis.	1	2	3	4	5	6	7
12) ... je n'ai pas beaucoup de possibilités de montrer ce dont je suis capable.	1	2	3	4	5	6	7
13) ... je peux donner mon avis concernant l'élaboration de mon programme d'activité physique.	1	2	3	4	5	6	7
14) ... je me sens à l'aise avec les autres.	1	2	3	4	5	6	7
15) ... souvent, je ne me sens pas très performant.	1	2	3	4	5	6	7

**Partie 3 : comment vivez-vous votre pratique ?**

Indiquez dans quelle mesure chacun des énoncés suivants correspond actuellement à l'une des raisons pour lesquelles vous pratiquez des activités physiques d'après l'échelle ci-dessous, en encerclant un chiffre entre 1 et 7 :

1	2	3	4	5	6	7
Ne correspond pas du tout			Correspond moyennement			Correspond tout à fait

**DE FAÇON GÉNÉRALE, POURQUOI FAITES-VOUS DE L'ACTIVITÉ PHYSIQUE (AP)?**

1. Pour le plaisir que je ressens lorsque je pratique des AP.	1	2	3	4	5	6	7
2. Je n'en ai aucune idée, je crois que ça ne me sert à rien.	1	2	3	4	5	6	7
3. Parce que l'AP correspond à plein d'autres aspects de ma vie.	1	2	3	4	5	6	7
4. Parce que je me sentirais mal si je ne faisais pas cet effort.	1	2	3	4	5	6	7
5. Parce que je pense que l'AP est une bonne chose pour mon développement personnel.	1	2	3	4	5	6	7
6. Parce que je n'ai pas trop le choix, on me dit que je dois en faire.	1	2	3	4	5	6	7
7. Je ne sais pas vraiment; j'ai l'impression de perdre mon temps lorsque je fais de l'AP.	1	2	3	4	5	6	7
8. Pour la satisfaction que je ressens à progresser dans ce genre d'activités.	1	2	3	4	5	6	7
9. Parce que je me sentirais coupable si je ne prenais pas le temps de le faire.	1	2	3	4	5	6	7
10. Parce que l'AP fait partie intégrante du style de vie que j'ai choisi.	1	2	3	4	5	6	7
11. Franchement je fais de l'AP mais je ne vois pas l'intérêt.	1	2	3	4	5	6	7
12. Parce que je crois que l'AP contribue à préserver ma santé.	1	2	3	4	5	6	7
13. Pour ne pas avoir à entendre les reproches de certaines personnes.	1	2	3	4	5	6	7
14. Parce que je considère que faire de l'AP est une partie de mon identité.	1	2	3	4	5	6	7

15. Parce que je dois suivre les recommandations de mon médecin.	1	2	3	4	5	6	7
16. Pour les sensations agréables que me procure l'AP.	1	2	3	4	5	6	7
17. Parce que personnellement je considère que c'est un facteur de bien-être.	1	2	3	4	5	6	7
18. Je le fais mais je me demande ce que ça m'apporte.	1	2	3	4	5	6	7
19. Parce que faire de l'AP est cohérent avec mes valeurs.	1	2	3	4	5	6	7
20. Parce que je me sentirais nerveux-se si je n'en faisais pas.	1	2	3	4	5	6	7
21. Parce que je pense que l'AP me permettra de me sentir mieux.	1	2	3	4	5	6	7
22. Parce que j'aurais honte de ne pas chercher à évoluer.	1	2	3	4	5	6	7
23. Parce que certaines personnes me mettent la pression pour que je le fasse.	1	2	3	4	5	6	7
24. Pour la satisfaction que j'éprouve à atteindre mes objectifs dans l'activité.	1	2	3	4	5	6	7
25. Parce que l'AP est un élément important de la façon dont je me vois.	1	2	3	4	5	6	7
26. Parce que j'y suis obligé(e) par mon entourage.	1	2	3	4	5	6	7
27. Parce que je trouve ce genre d'activités amusantes.	1	2	3	4	5	6	7
28. Parce que je dois le faire pour me sentir bien avec moi-même.	1	2	3	4	5	6	7
29. Parce que c'est un moyen d'assurer ma santé sur le long terme.	1	2	3	4	5	6	7
30. Je ne vois vraiment pas pourquoi je prends la peine de le faire.	1	2	3	4	5	6	7

---



**Résumé :** Cette étude, évaluant l'endurance cardiorespiratoire des sujets amputés du membre inférieur, compare l'impact d'un programme de réentraînement à l'effort associant un pédalage sur ergocycle à jambes et ergocycle à bras, à un programme de pédalage ne sollicitant que les membres supérieurs. 2 hommes, amputés trans-tibiaux d'origine traumatique et vasculaire ont participé à cette recherche. Une épreuve d'effort sous-maximale de pédalage avec les membres supérieurs est réalisée afin de mesurer la puissance maximale atteinte, la fréquence cardiaque associée à cette intensité de travail, et afin de quantifier la sensation d'effort (RPE de Borg). Durant 6 semaines, les 2 sujets réalisent un travail aérobic en intermittent à raison de 4 séances par semaine de 35 à 40min. Le protocole implique qu'un participant ne sollicite que les membres supérieurs et le second alterne le travail des membres supérieurs et du membre inférieur controlatéral. Une augmentation progressive de la durée des séances est menée durant les 3 premières semaines de l'étude, suivi d'une majoration de l'intensité de travail au cours des 3 dernières semaines. Nous observons une augmentation de Pmax chez les 2 sujets, ainsi qu'une diminution de la perception d'effort. Une baisse de la FC de repos et de la FC atteinte à Pmax est mesurée uniquement chez le sujet réalisant le REE combiné. Toutefois, les résultats ne sont pas significatifs aux vues du faible échantillon de population. Nous en concluons qu'entraîner le membre inférieur sain en plus des bras est tout aussi utile voire plus efficace qu'un réentraînement des bras seuls, afin d'améliorer les capacités aérobies des amputés.

**Mots-clés :** amputés du membre inférieur – pédalage unilatéral – ergocycle – capacités aérobies

**Abstract :** This study assessing the cardiorespiratory endurance of lower limb amputees, compares the impact of a workout program involving pedaling on leg ergocycle and arm ergocycle to a pedaling program that only solicited upper limbs. 2 men, trans-tibial amputees of traumatic and vascular origin participated at this research. A submaximal effort test of pedaling with the upper limbs is realized to measure the maximum power reached (Pmax), the heart rate associated with this work intensity, and the sensation of effort (Borg RPE). During 6 weeks, the 2 subjects perform an aerobic interval training at the rate of 4 sessions per week from 35 to 40 min. The protocol implies that one participant solicits only the upper limbs and the second alternates the work of the upper limbs and the contralateral lower limb. A gradual increase in session duration is conducted during the 3 first weeks of the study, followed by an increase in work intensity over the last 3 weeks. We observe an increase in Pmax in both subjects, as well as a decrease in the perception of effort. A decrease in resting heart rate and heart rate at Pmax is measured only in the subject performing the combined training. However, the results are not significant in view of the small population sample. We conclude that training the lower limb in addition to the arms is just as useful or even more effective than re-training the arms alone, to improve the aerobic abilities of the amputees.

**Keywords :** lower limb amputees – unilateral pedaling – ergocycle – aerobic capabilities