



**HAL**  
open science

# Effets de la natation en dos crawlé impliquant un renforcement moteur et une flexibilité du tronc sur la longueur de pas lors de la marche chez des patients atteints de la maladie de Parkinson

Margaux Le Guénic

## ► To cite this version:

Margaux Le Guénic. Effets de la natation en dos crawlé impliquant un renforcement moteur et une flexibilité du tronc sur la longueur de pas lors de la marche chez des patients atteints de la maladie de Parkinson. Sciences du Vivant [q-bio]. 2022. dumas-03714040

**HAL Id: dumas-03714040**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03714040>**

Submitted on 5 Jul 2022

**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



***Effets de la natation en dos crawlé impliquant un renforcement moteur et une flexibilité du tronc sur la longueur de pas lors de la marche chez des patients atteints de la maladie de Parkinson***

*Master 2 APA-S parcours APPCM*

Approche Pluridisciplinaire des Pathologies Chroniques et Motrices

Présenté par : Margaux Le Guénic

Sous la direction de : Thara Santiago, Kinésithérapeute, et Anne-Hélène Olivier, Maître de Conférences

Structure d'accueil : Hôpital Albert-Chenevier, Assistance Publique des Hôpitaux de Paris, Créteil

Année universitaire : 2021 – 2022





## Table des matières

<b>1. Introduction .....</b>	<b>4</b>
<b>2. Revue de littérature et cadre théorique.....</b>	<b>6</b>
<b>2.1. Maladie de Parkinson .....</b>	<b>6</b>
2.1.1. Histoire, définition et évaluation.....	6
2.1.1.1. Une compréhension progressive .....	6
2.1.1.2. Définition.....	7
2.1.1.3. Évaluation.....	8
2.1.2. Épidémiologie et pathophysiologie .....	8
2.1.2.1. Épidémiologie.....	8
2.1.2.2. Pathophysiologie.....	9
2.1.3. Symptomatologie .....	11
2.1.3.1. Symptômes moteurs .....	11
2.1.3.1.1. Symptômes principaux .....	11
2.1.3.1.2. Autres symptômes fréquents .....	12
2.1.3.2. Symptômes non-moteurs .....	14
<b>2.2. Troubles de la marche et modification de la posture .....</b>	<b>15</b>
2.2.1. La bradykinésie comme principale cause des troubles de la marche .....	15
2.2.1.1. L'hypométrie au cœur de la bradykinésie .....	15
2.2.1.2. Pathophysiologie de l'hypométrie .....	16
2.2.1.3. Caractéristiques motrices de l'hypométrie.....	17
2.2.2. Altération de la posture et perte de mobilité du tronc et des bras .....	18
2.2.2.1. Les troubles de la posture dans la maladie de Parkinson.....	18
2.2.2.1.1. La camptocormie .....	20
2.2.2.1.2. L'antecollis .....	21
2.2.2.2. Une flexibilité et un contrôle du tronc et des membres supérieurs altérés .....	22
<b>2.3. Traitements de la maladie de Parkinson.....</b>	<b>23</b>
2.3.1. Les thérapies pharmacologiques.....	23
2.3.2. L'exercice physique comme stratégie rééducative .....	24
2.3.2.1. Les différentes caractéristiques de l'exercice .....	24
2.3.2.2. L'intensité de l'exercice comme point central de la prise en charge .....	26
2.3.3. La balnéothérapie comme nouvelle stratégie rééducative.....	27
2.3.3.1. Les propriétés de l'eau.....	27
2.3.3.2. Les effets de la balnéothérapie sur les symptômes de la maladie de Parkinson .....	28
2.3.3.2.1. Les effets de la balnéothérapie sur l'équilibre, la peur de chuter et la qualité de vie ...	28
2.3.3.2.2. Les effets de la balnéothérapie sur l'apprentissage moteur et l'automatisme.....	29
<b>2.4. Les caractéristiques de la natation en dos crawlé en lien avec la maladie de Parkinson</b>	<b>30</b>
2.4.1. Lien entre le dos crawlé et la mobilité du tronc et des bras .....	30
2.4.1.1. L'action du tronc en dos crawlé .....	30
2.4.1.2. L'action des bras en dos crawlé .....	31
2.4.2. Lien entre le dos crawlé et l'apprentissage moteur .....	32
<b>3. Problématique, hypothèses et objectifs.....</b>	<b>34</b>
<b>4. Méthodologie.....</b>	<b>36</b>
<b>4.1. Population .....</b>	<b>36</b>
4.1.1. Critères d'inclusion .....	36
4.1.2. Critères de non-inclusion.....	36
4.1.3. Critères d'exclusion .....	37
<b>4.2. Protocole expérimental .....</b>	<b>38</b>
4.2.1. Recrutement de la population.....	38
4.2.2. Recueil des données .....	38

4.2.3.	Déroulement du protocole .....	39
4.2.4.	Matériel nécessaire .....	39
<b>4.3.</b>	<b>Évaluation</b> .....	<b>39</b>
4.3.1.	Critère d'évaluation principal .....	39
4.3.2.	Critères d'évaluation secondaires .....	40
<b>4.4.</b>	<b>Intervention</b> .....	<b>42</b>
<b>4.5.</b>	<b>Analyse des données</b> .....	<b>42</b>
<b>5.</b>	<b>Résultats</b> .....	<b>44</b>
<b>5.1.</b>	<b>Population</b> .....	<b>44</b>
5.1.1.	Participation.....	44
5.1.2.	Caractéristiques démographiques.....	45
<b>5.2.</b>	<b>Longueur de pas lors de la marche</b> .....	<b>47</b>
5.2.1.	Vitesse de confort.....	47
5.2.2.	Vitesse rapide .....	48
5.2.3.	Marche à grands pas.....	49
<b>5.3.</b>	<b>Vitesse de marche</b> .....	<b>50</b>
5.3.1.	Vitesse de confort.....	50
5.3.2.	Vitesse rapide .....	51
5.3.3.	Marche à grands pas.....	52
<b>5.4.</b>	<b>Relevé du sol (mobilité fonctionnelle)</b> .....	<b>53</b>
<b>5.5.</b>	<b>Qualité de vie</b> .....	<b>54</b>
<b>6.</b>	<b>Discussion</b> .....	<b>56</b>
<b>7.</b>	<b>Conclusion</b> .....	<b>60</b>
<b>8.</b>	<b>Références bibliographiques</b> .....	<b>61</b>
<b>9.</b>	<b>Table de références des figures</b> .....	<b>72</b>
<b>10.</b>	<b>Table de références de tableaux</b> .....	<b>73</b>
<b>11.</b>	<b>Annexes</b> .....	<b>74</b>
	Annexe 1 : Stades de Hoehn et Yahr .....	74
	Annexe 2 : Parkinson's Disease Questionnaire (PDQ-39).....	75
	Annexe 3 : livret concernant les éducatifs en dos crawlé destiné aux patients des deux groupes .....	79
	Annexe 4 : Feedbacks des patients des deux groupes à la suite de l'intervention .....	99
	.....	99

## 1. Introduction

Représentant la deuxième maladie neurodégénérative la plus fréquente dans le monde (Xu et al., 2019) après l'Alzheimer (Ascherio & Schwarzschild, 2016), la maladie de Parkinson idiopathique est complexe et évolutive et présente un grand nombre de déficiences motrices, cognitives et émotionnelles (Canning et al., 2014). Elle entraîne la destruction des neurones à dopamine de la substance noire du cerveau. Ces derniers sont impliqués dans le contrôle des mouvements, en particulier automatiques (Parkinson, 2002a). Parmi les symptômes de la maladie, les troubles de la marche sont constants dans le cours évolutif de la maladie de Parkinson (Moreau et al., 2010). L'hypométrie, plus que la bradykinésie qui lui est associée, est à l'origine des retentissements fonctionnels les plus importants pour les patients parkinsoniens tels que la réduction de la longueur de pas ou du ballant des bras pendant la marche par exemple (Grabli, 2017a). De même, la maladie de Parkinson s'accompagne également de troubles de la posture et d'une perte de mobilité au niveau du tronc. Le type de déformation le plus fréquent dans cette maladie est la posture voûtée vers l'avant accompagnée d'une flexion de hanches et de genoux avec un arrondissement des épaules (Doherty et al., 2011). De fait, cette incapacité à contrôler le centre de masse pendant l'exécution des activités de la vie quotidienne favorise l'apparition des troubles de la marche et des chutes chez les patients parkinsoniens (van der Burg et al., 2006).

Devant la prévalence des troubles de la posture chez les patients atteints de la maladie de Parkinson et face à la fréquence quotidienne des troubles de la marche, le traitement de ces derniers constitue un enjeu de santé publique. Depuis quelques années, de nombreuses études ont démontré les bienfaits de l'exercice physique sur les symptômes moteurs et non-moteurs de la maladie de Parkinson (Feng et al., 2020). Parmi les nombreuses techniques d'interventions physiques testées, le renforcement moteur a réellement été validé comme stratégie rééducative dans la maladie de Parkinson. Toutefois, cette pratique physique se doit d'être intensive afin d'observer des effets fonctionnels moteurs immédiats et à court terme (Gracies, 2010). Aussi, une étude a démontré que les limitations musculaires et d'amplitude contribuent à la réduction de la capacité à se tenir debout, et que la récupération de la mobilité du tronc et du bassin était un outil utile pour prévenir les conséquences handicapantes de la maladie de Parkinson (Viliani et al., 1999). En effet, des programmes d'Qi-Gong, comprenant des exercices de flexibilité et de rotations du tronc se sont montrés encourageants dans la prise en charge des symptômes moteurs de la maladie de Parkinson dans quelques études déjà menées. Enfin, la popularité de l'exercice aquatique ne cesse de croître dans le contexte de la neuro-rééducation en raison de

ses propriétés hydrostatiques et hydrodynamiques (Denning et al., 2012). En effet, la balnéothérapie a des effets significativement plus importants que l'exercice terrestre sur l'équilibre, la peur de chuter et la qualité de vie chez des patients parkinsoniens (Cugusi et al., 2019a).

En ce sens, suite à toutes ces recherches bibliographiques, nous pouvons penser qu'une activité physique adaptée telle que le dos crawlé pourrait améliorer la longueur de pas lors de la marche. En effet, le dos crawlé permet un renforcement moteur du tronc et des membres supérieurs et le milieu aquatique présentant une plus grande résistance au mouvement de par la viscosité de l'eau améliore ce renforcement (Chevutschi et al., 2007). Aussi, le dos crawlé implique une certaine flexibilité au niveau des épaules et une rotation alternée du corps, c'est-à-dire une rotation du thorax par rapport au bassin nécessitant une dissociation des ceintures pelviennes et scapulaires (Artigas et al., 2016). Des mouvements de bras de grandes amplitudes sont également recherchés afin d'observer une nage efficace (Chollet et al., 2008). Toutes ces caractéristiques de la natation en dos crawlé pourraient faire le lien entre la flexibilité du tronc et l'augmentation de la longueur de pas lors de la marche. Or, à l'heure actuelle, aucune étude ne s'est penchée sur le sujet. La question que nous pouvons alors nous poser est la suivante : quels sont les effets d'une activité physique adaptée impliquant un renforcement moteur et une flexibilité du tronc, telle que le dos crawlé, sur la longueur de pas lors de la marche chez des patients parkinsoniens ?

Au sein de ce mémoire de recherche, il s'agira en outre d'explorer les différents aspects liant la maladie de Parkinson, les troubles de la marche et de la posture, les traitements physiques utilisées et le dos crawlé, puis de détailler la méthodologie utilisée pour le protocole en dos crawlé ainsi que l'analyse des résultats obtenus et la discussion de ces derniers. Les objectifs sont donc multiples : évaluer les effets de la natation en dos crawlé impliquant un renforcement moteur et une flexibilité du tronc sur la longueur de pas lors de la marche chez des patients parkinsoniens ; évaluer les effets de ce programme sur la vitesse de marche ou encore la capacité à se relever du sol qui est un indicateur de la mobilité fonctionnelle ; évaluer les effets de ce même programme sur la qualité de vie ; mettre en évidence un lien entre la mobilité du tronc et l'amélioration de la longueur de pas lors de la marche ; améliorer l'autonomie fonctionnelle et entretenir la motricité automatique ; et réduire le risque de chutes liées aux troubles de la marche.

## **2. Revue de littérature et cadre théorique**

### **2.1. Maladie de Parkinson**

#### ***2.1.1. Histoire, définition et évaluation***

##### ***2.1.1.1. Une compréhension progressive***

En 1817, James Parkinson publie sa célèbre monographie « An Essay on the Shaking Palsy » suite à l'observation de six individus, trois cliniquement examinés et trois autres observés dans la rue. Il y décrit une maladie neurologique qu'il surnomme « paralysie agitante », aujourd'hui connue sous le nom de maladie de Parkinson, caractérisée par des tremblements au repos et une incapacité motrice progressive (Samii et al., 2004). Il définit ainsi la paralysie agitante comme étant « un mouvement trémulant involontaire, associé à une diminution de la force musculaire, survenant dans les parties du corps au repos et même soutenues, avec une propension à pencher le tronc vers l'avant et à passer d'un rythme de marche à celui de course, les sens et l'intellect n'étant pas touchés » (Goedert, 2017). À son époque, James Parkinson ne dispose d'aucun document anatomique et pense que la maladie s'explique par une perturbation de l'influx nerveux au niveau des régions prédisposées aux traumatismes telles que la moelle cervicale et le bulbe (Parkinson, 2002a). La monographie de James Parkinson a alors initié la première étape de l'histoire de la maladie, l'étape clinique.

En 1887, Jean-Martin Charcot prit une place importante dans l'histoire en proposant l'éponyme de « maladie de Parkinson », plus approprié que celui de paralysie agitante utilisé jusque-là, et rendait ainsi hommage à James Parkinson. En effet, suite aux tests effectués par dynamomètres et après avoir constaté que la force des patients atteints de la maladie de Parkinson était normale pendant la majeure partie de la durée de la maladie, il était catégorique sur le fait que les patients n'étaient pas particulièrement faibles. C'est en raison de ces observations que Jean-Martin Charcot prit la décision de modifier le nom de la maladie (Goetz, 2011). Il a également grandement contribué à la compréhension de cette maladie complexe et permit la diffusion d'informations concernant la maladie de Parkinson à l'échelle internationale. De plus, Jean-Martin Charcot a séparé la maladie de Parkinson de la sclérose en plaques ainsi que d'autres troubles caractérisés par des tremblements (Goetz, 2011). Charcot et d'autres scientifiques comparent la maladie de Parkinson à une névrose, terme utilisé pour décrire des affections neurologiques sans lésion anatomique identifiable (Goedert, 2017).

La compréhension de la maladie a ensuite principalement été une affaire française. Suite à des constatations observées sur les patients, Édouard Brissaud, successeur de Charcot à l'hôpital de la Salpêtrière, propose en 1894 qu'une lésion de la substance noire du cerveau est le substrat anatomique de la maladie de Parkinson et que cette structure est impliquée dans la régulation du tonus musculaire (Goedert, 2017). Quelques années plus tard, en 1919, Constantin Trétiakoff signale la présence d'inclusions pathologiques intraneuronales et extracellulaires dans la substance noire du cerveau des personnes atteintes de la maladie de Parkinson (Lees et al., 2008). Il nomme ces inclusions « corps de Lewy » car des corps similaires avaient déjà été décrits dans d'autres régions du cerveau de la maladie de Parkinson par Friedrich Heinrich Lewy. Il a également démontré une perte de cellules nerveuses dans la substance noire sur tous les patients observés lors d'une étude et en a conclu que les troubles liés à la maladie de Parkinson étaient causés par la dégénérescence de la substance noire (Goedert, 2017).

#### *2.1.1.2. Définition*

La maladie de Parkinson est une maladie neurodégénérative irréversible, caractérisée pathologiquement par la déplétion progressive de neurones dopaminergiques dans la substance noire du cerveau, aussi appelée Locus Niger, et la formation de corps sphériques protéïques anormaux appelés corps de Lewy (Xu et al., 2019). Ces corps de Lewy sont des lésions résultantes d'une agrégation des protéïnes alpha-synucléïnes entre elles. En effet, l'alpha-synucléïne est une protéïne principalement exprimée dans le tissu nerveux et a la particularité de s'assembler avec ses paires (Sargent & Baron, 2016).

La maladie de Parkinson est généralement caractérisée comme un trouble du mouvement car les patients souffrent de nombreux troubles moteurs tels que la bradykinésie, qui correspond à une lenteur et à une réduction de l'amplitude du mouvement, la rigidité, les tremblements de repos, ou encore les troubles de la marche et une instabilité posturale. Cependant, les cliniciens accordent de plus en plus d'importance aux symptômes non-moteurs (dysfonctionnements cognitifs, troubles du sommeil, anxiété, dépression, fatigue, ...) car ils ont été démontrés comme nuisant gravement à la qualité de vie des patients atteints de la maladie de Parkinson (Asakawa et al., 2016). La cause de ces symptômes est énigmatique chez la plupart des individus. La maladie de Parkinson est habituellement asymétrique et réagit au traitement dopaminergique sous réserve d'une certaine durée (Xu et al., 2019).

### *2.1.1.3.Évaluation*

Le diagnostic définitif de la maladie de Parkinson la déclarant comme forme idiopathique ne peut être réalisé que par autopsie (Calne et al., 1992). Cependant, étant une maladie évolutive, diverses évaluations subjectives sont utilisées afin d'effectuer un suivi de la maladie et d'évaluer la gravité de la maladie à différents stades de son évolution. Nous allons simplement détailler l'échelle classique la plus utilisée pour évaluer la déficience motrice car le tout serait trop conséquent. Cette échelle permet une meilleure compréhension des symptômes, des signes cliniques, des caractéristiques et de la gravité de la maladie de Parkinson (Asakawa et al., 2016). Cette échelle est l'échelle de Hoehn et Yahr (H&Y) (annexe 1). Elle est une des plus couramment utilisées pour l'évaluation globale de la maladie (Hoehn & Yahr, 1998). Elle compte 5 stades, allant du stade le plus léger au stade le plus sévère (Zhao et al., 2010). Une version modifiée ultérieure a ajouté les stade 1.5 et 2.5 afin de décrire avec précisions les stades intermédiaires de la maladie (Jankovic et al., 1990). L'importance de cette échelle en raison de sa simplicité a été insistée par Goetz. En effet, il affirme qu'il est facile pour les cliniciens « d'évaluer ce que l'on voit » (Goetz et al., 2004).

## *2.1.2. Épidémiologie et pathophysiologie*

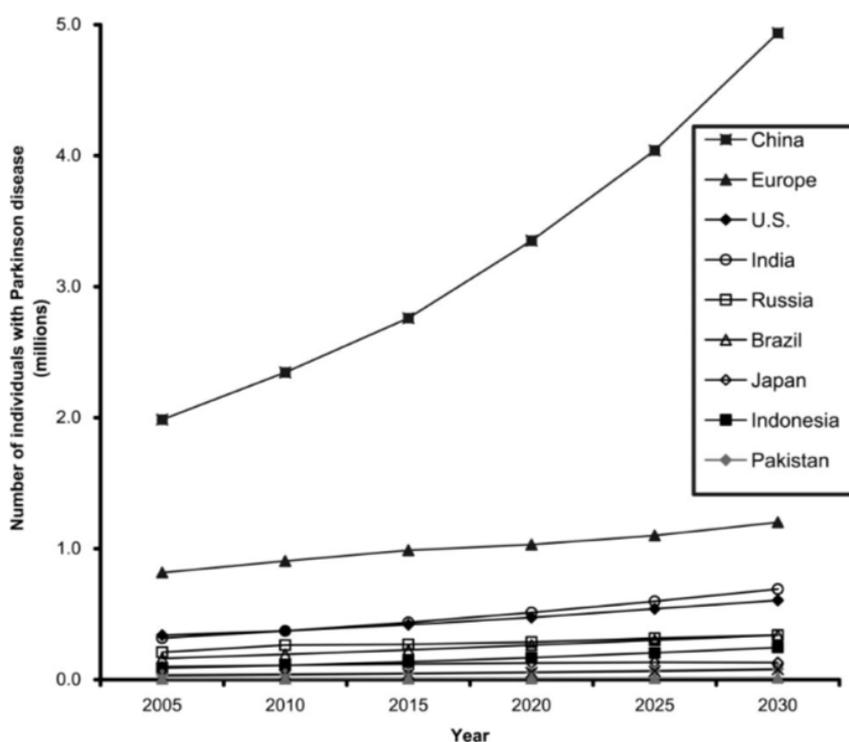
### *2.1.2.1.Épidémiologie*

La maladie de Parkinson est la deuxième maladie neurodégénérative la plus fréquente après la maladie d'Alzheimer et affecte les populations du monde entier (Antony et al., 2013). La maladie de Parkinson survient principalement chez les adultes âgés de 60 ans ou plus, et sa fréquence est plus élevée chez les hommes que chez les femmes (Annesi, 2019). Aussi, chez les personnes atteintes de la maladie de Parkinson à début précoce, le premier symptôme peut survenir entre 21 et 40 ans, alors que le premier symptôme de la maladie de Parkinson à début juvénile survient avant l'âge de 20 ans (Muthane et al., 1994).

Ces dernières années, la maladie de Parkinson a connu la croissance la plus rapide de la prévalence et de l'invalidité parmi les troubles neurologiques, et elle est devenue l'une des principales causes d'handicap dans le monde. Il y avait 6,1 millions de patients parkinsoniens signalés en 2016 dans le monde, et le taux de prévalence normalisé selon l'âge a augmenté de 21,7% entre 1990 et 2016 (Ou et al., 2021). De plus, des études ont prédit que le fardeau de la maladie de Parkinson augmenterait considérablement au cours des prochaines décennies (Xu et al., 2019). Par exemple, une étude a estimé qu'il y aurait 4,94 millions de patients atteints de

la maladie de Parkinson en Chine d'ici 2030, ce qui représenterait plus de la moitié du nombre total de patients atteints de cette maladie dans le monde (Dorsey et al., 2007). Le développement rapide de la maladie a imposé un important fardeau à la société, aux individus et au système de santé. En particulier, l'invalidité causée par la maladie de Parkinson a considérablement réduit la qualité de vie à la santé individuelle et a entraîné des dépenses substantielles pour le système de santé, y compris les médicaments, la réadaptation et les soins (Dowding et al., 2006). Cependant, les systèmes de protection sociale et de santé de nombreux pays n'étaient pas préparés aux problèmes posés par le vieillissement de la population (Ou et al., 2021).

*Figure 1 : Nombre prévu de personnes de plus de 50 ans atteintes de la maladie de Parkinson par pays, de 2005 à 2030. L'Europe comprend les 5 pays les plus peuplés (Allemagne, France, Royaume-Uni, Italie, Espagne) (Dorsey et al., 2007).*



### 2.1.2.2. Pathophysiologie

Malgré les longues recherches, les causes de la maladie de Parkinson et de la perte de neurones dopaminergiques dans la substance noire du cerveau sont encore loin d'être

clairement comprises (Ascherio & Schwarzschild, 2016). Selon plusieurs études, cette maladie est probablement le résultat de multiples facteurs agissant simultanément tels que le vieillissement, la susceptibilité génétique et les expositions environnementales (Steece-Collier et al., 2002). Xu et coll. soulignent également que la combinaison de différents facteurs étiologiques peut entraîner un dysfonctionnement cérébral et la mort des neurones dopaminergiques (Xu et al., 2019). De nombreuses études sur la prévalence et l'incidence de la maladie montrent une forte corrélation de la maladie de Parkinson avec l'âge. La revue de Antony et coll. en 2013 révèle même que le vieillissement constitue le facteur de risque le plus important dans le développement de la maladie de Parkinson (Antony et al., 2013). Cependant, il est généralement énoncé que cette maladie n'est pas simplement une accélération du vieillissement (Samii et al., 2004). Aussi, la susceptibilité génétique a été étudiée à partir du début des années 1990 et 18 gènes mutants, comme l'alpha-synucléine, PARK2, LRRK2 et bien d'autres, ont été déclarés comme étroitement liés à la maladie de Parkinson (Dickson et al., 2009). Concernant les expositions environnementales, plusieurs études ont montré que l'exposition aux toxines environnementales est associée à un risque accru de développer la maladie de Parkinson. En effet, ces toxines provoquent un dysfonctionnement mitochondrial jouant un rôle clé dans la pathogénèse de la maladie. La vie en milieu rural, le jardinage, l'agriculture et l'exposition professionnelle aux produits chimiques ont également été corrélés à la maladie de Parkinson (Antony et al., 2013). La réduction de l'activité physique peut également être considérée comme des facteurs de risque de la maladie (Xu et al., 2019). De plus, divers mécanismes cellulaires et moléculaires tels que le dysfonctionnement mitochondrial cité ci-dessus, l'agrégation de protéines, le stress du réticulum endoplasmique, le stress oxydatif, ou encore un dysfonctionnement de l'homéostasie calcique interviennent dans le processus pathologique de la maladie de Parkinson (Xu et al., 2019). Auparavant, il était même prouvé que les agents antipsychotiques, autrement appelés neuroleptiques, conduisaient à des améliorations spectaculaires des comportements schizophréniques et autres comportements psychotiques, mais également au développement de la maladie de Parkinson. En effet, ces médicaments bloquaient les récepteurs à dopamine dans le striatum. Les antipsychotiques avec une faible propension à bloquer les récepteurs striataux se sont donc développés par la suite afin d'éviter l'apparition de la maladie (Goetz, 2011).

### *2.1.3. Symptomatologie*

Les signes cliniques de la maladie de Parkinson sont significativement observables une fois qu'environ 50% des neurones de la substance noire sont atteints (Fearnley & Lees, 1991). En ce sens, Xu et coll. soulignent que la caractéristique principale de la maladie de Parkinson est le trouble moteur et que le premier symptôme moteur ne se produira que si la perte en dopamine est d'au moins 60% (Xu et al., 2019).

#### *2.1.3.1. Symptômes moteurs*

Les principaux signes cliniques de la maladie de Parkinson sont les symptômes moteurs. Ils commencent habituellement d'un côté du corps et touchent ensuite le côté opposé en quelques années (Xu et al., 2019).

##### *2.1.3.1.1. Symptômes principaux*

Les trois symptômes principaux de la maladie de Parkinson sont la bradykinésie, la rigidité et les tremblements de repos. Le syndrome parkinsonien comprend ces trois caractéristiques élémentaires, c'est pour cela que l'on parle également de triade parkinsonienne (Grabli, 2017b).

La bradykinésie, aussi appelée akinésie, est la caractéristique clinique la plus caractéristique de la maladie de Parkinson. Elle représente le symptôme le plus invalidant de la maladie de Parkinson précoce. La bradykinésie regroupe l'akinésie, qui se définit comme étant une lenteur dans l'initiation des mouvements volontaires, et l'hypométrie aussi appelée hypokinésie, caractérisée par une réduction de la vitesse et de l'amplitude des actions répétitives. Toutes ces altérations augmentent le risque de chute chez les patients atteints de la maladie de Parkinson (Xu et al., 2019). Elle est également très handicapante au début de la maladie dans les tâches de motricité fine et les mouvements de la vie quotidienne tels que l'écriture, le boutonnage et l'oscillation des bras pendant la marche (Samii et al., 2004). La bradykinésie des membres peut être évaluée en tapotant les doigts ou les pieds, en fermant et en ouvrant le poing, ou encore en alternant la pronation et la supination de l'avant-bras (Martinez-Martin et al., 1994).

La deuxième caractéristique clé de la triade est la rigidité, aussi appelée hypertonie. Elle se définit comme une augmentation du niveau de contraction basal, autrement dit du tonus, en

l'absence de toute contraction volontaire laissant apparaître une sensation de raideur. Elle est prédominante dans les muscles fléchisseurs et s'accompagne d'une modification de la posture (Grabli, 2017c). L'activité motrice controlatérale et la performance mentale ont montré une accentuation de cette rigidité (Samii et al., 2004). L'examen clinique de cette dernière consiste à tester successivement les membres supérieurs (coude et poignets), les membres inférieurs (chevilles et genoux) et le cou en s'assurant que le patient soit complètement relâché (Grabli, 2017c).

Enfin, le tremblement est le dernier signe de cette triade et reste le plus connu de la maladie de Parkinson. Cependant, le tremblement de repos n'est pas systématique. Grabli affirme qu'il est présent chez 30 à 40% des patients atteints de la maladie de Parkinson (Grabli, 2017c). Habituellement asymétrique au début de la maladie, ce dernier s'aggrave avec l'anxiété, l'activité motrice controlatérale et l'ambulation. Le tremblement au repos de la main est beaucoup plus fréquent que le tremblement au repos du pied (Samii et al., 2004). Sa fréquence est lente, environ 4 à 7 Hz, mais l'appréciation clinique de cette dernière est complexe (Grabli, 2017c). L'examen du tremblement est réalisé sur un patient assis avec les bras posés sur un accoudoir afin d'éviter les contractions volontaires. L'examineur évalue alors l'amplitude du tremblement et sa durée sur l'ensemble de la période d'évaluation (Samii et al., 2004).

#### *2.1.3.1.2. Autres symptômes fréquents*

D'autres troubles sont aperçus dans la MP mais ils sont le plus souvent les conséquences d'une ou plusieurs caractéristiques de la triade principale. Toutefois, il est nécessaire de préciser que la plupart des troubles cités ci-dessous sont aussi sous-tendus par des mécanismes non dopaminergiques. Il faut donc y penser lors de l'évaluation des patients sur la recherche de signes cliniques (Grabli, 2017b).

Les troubles de la marche sont constants dans le cours évolutif de la maladie de Parkinson. Ils représentent une manifestation clinique importante et sont l'un des symptômes les plus invalidants de la maladie. Les troubles de la marche se caractérisent essentiellement par une bradykinésie composée d'une akinésie, c'est-à-dire une lenteur des mouvements, et d'une hypométrie caractérisée par une diminution de l'amplitude des mouvements tels que le ballant des bras pendant la marche ou encore la longueur des pas. L'apparition de phénomènes paroxystiques rythmiques tels que le freezing ou la festination peut ensuite être remarquée

pendant la marche ainsi qu'une possible instabilité posturale en lien avec tous ces troubles (Moreau et al., 2010). Dans cette partie, nous n'allons aborder que les phénomènes paroxystiques rythmiques car les concepts de bradykinésie, akinésie et hypométrie seront détaillés dans la sous-partie « 2.2.1. La bradykinésie comme principale cause des troubles de la marche ».

La festination se définit comme étant une brusque augmentation de la fréquence du pas avec une réduction de l'amplitude. Le patients atteint de ce trouble court alors après son centre de gravité et ne peut s'arrêter que s'il rencontre un obstacle ou se laisse tomber (Grabli, 2017c). Le phénomène d'enrayage cinétique, aussi appelé phénomène de freezing ou gel de la marche, est également considéré comme un symptôme de la MP et trouble de la marche (Samii et al., 2004). Ce phénomène se caractérise comme une brève absence épisodique ou une importante diminution de la progression des pieds vers l'avant, qui se produit couramment dans les stades plus avancés de la maladie de Parkinson. Les patients qui présentent un phénomène d'enrayage cinétique ont souvent l'impression que leurs pieds sont collés au sol malgré l'intention de marcher (Cosentino et al., 2020). Il existe deux types d'enrayage cinétique : le traînage et le tremblement sur place. Les déclencheurs possibles de ces enrayages sont une démarche anormale et l'arythmie cardiaque. Les enrayages cinétiques n'affectent pas seulement la marche, mais provoquent également des troubles non-moteurs tels que l'isolement social, l'anxiété et la dépression qui influencent significativement la qualité de vie des patients atteints de ce phénomène (Feng et al., 2020).

Ces troubles de la marche peuvent être la cause d'une instabilité posturale dans la maladie de Parkinson. L'instabilité posturale, parfois considérée comme une caractéristique essentielle, n'est pas spécifique et est habituellement absente au début de la maladie, surtout chez les jeunes patients. (Samii et al., 2004). Elle correspond au développement progressif d'un mauvais équilibre entraînant un risque accru de chutes. Les principales raisons de l'instabilité posturale chez les patients atteints de la maladie de Parkinson sont une diminution de la force musculaire au niveau des hanches, de la colonne vertébrale et des chevilles, ainsi qu'une proprioception endommagée et un dysfonctionnement visuel (Feng et al., 2020). D'autres études établissent qu'un déficit de mobilité fonctionnelle et qu'une altération de l'équilibre chez le patient atteint de la MP sont les conséquences d'une faiblesse motrice aux membre inférieurs. Cette faiblesse est telle qu'elle peut rendre trop lents ou insuffisants les ajustements posturaux nécessaires en cas de déséquilibre (Schilling et al., 2009). Une altération est aussi présente au niveau du système vestibulaire en lien avec la stabilité posturale. Dans des circonstances

normales, le système vestibulaire est nécessaire pour se préparer à un changement de direction et aide au contrôle des mouvements axiaux lorsque la tête et le tronc tournent simultanément. Cependant, les patients atteints de la MP ont un système vestibulaire défaillant ce qui entraîne une perte d'équilibre (Xu et al., 2019). Elle peut être évaluée grâce à des tests de rétroimpulsion permettant d'observer la récupération de l'équilibre après un déséquilibre.

Enfin, la chute peut être la conséquence des troubles de la marche et de l'instabilité posturale. Les chutes sont très fréquentes chez les patients atteints de la maladie de Parkinson. Les études estiment que 18 à 65% des patients parkinsoniens tombent fréquemment, souvent suite à des dysfonctionnements lors de la marche et à des problèmes de contrôle postural. Suite aux chutes fréquentes, les patients ont tendance à restreindre les activités de leur vie quotidienne et ont une peur importante de chuter (Feng et al., 2020). De nombreuses études ont également démontré que les troubles de la marche sont une cause majeure de chutes et de blessures contribuant à une immobilité, une perte d'indépendance et une réduction de la qualité de vie des patients atteints de la maladie de Parkinson (Cosentino et al., 2020).

#### *2.1.3.2. Symptômes non-moteurs*

Malgré l'importance des symptômes moteurs dans la maladie de Parkinson, les symptômes non-moteurs ont également été considérés comme faisant partie intégrante de la maladie (Xu et al., 2019). Certaines grandes études démontrent que les symptômes non-moteurs peuvent survenir précocement chez les personnes atteintes de la maladie de Parkinson, bien avant la première apparition des symptômes moteurs (Schrag et al., 2015).

Environ 25% des patients atteints de la maladie de Parkinson sans démence et nouvellement diagnostiqués démontrent plusieurs déficiences cognitives dont la mémoire, l'attention, des dysfonctionnements exécutifs et visuospatiaux. Le dysfonctionnement de la double tâche est principalement un trouble cognitif basé sur l'attention et constitue un trouble cognitif majeur qui affecte directement la fonction motrice et en particulier la fonction de la marche. En outre, l'altération de la double tâche a un impact considérable sur les activités de la vie quotidienne et est liée à un risque accru de chutes. Il est bien connu que les dysfonctionnements cognitifs observés dans la maladie de Parkinson sont étroitement liés aux troubles moteurs et aux difficultés d'apprentissage moteur (Feng et al., 2020). Aussi, diverses autres caractéristiques non-motrices telles qu'un dysfonctionnement autonome, des déficiences

cognitives et psychiatriques, des symptômes sensoriels ou encore des troubles du sommeil, sont généralement observées (Samii et al., 2004). Le dysfonctionnement autonome se manifeste fréquemment par constipation, urines fréquentes et urgentes, et hypotension orthostatique (Jost, 2003). Il a été démontré que la démence se développe chez 40% des individus atteints de la maladie de Parkinson (Emre, 2003). Une étude a même montré qu'elle était présente chez 80% des sujets observés en phase terminale (Samii et al., 2004). Associée à des médicaments pour traiter la maladie de Parkinson, la démence peut entraîner des hallucinations et des changements de comportement chez certaines personnes. De plus, la dépression est fréquente, touchant près de la moitié des patients (McDonald et al., 2003). Quant à eux, les troubles du sommeil sont réguliers et apparaissent suite à différentes causes telles que la raideur nocturne, la nycturie, la dépression, le syndrome des jambes sans repos et le trouble du comportement du sommeil paradoxal (Stacy, 2002).

La partie suivante ciblera les troubles qui nous intéressent dans ce mémoire de recherche à savoir les troubles de la marche et les troubles de la posture. Tous deux sont très handicapants dans la vie quotidienne des patients parkinsoniens et nécessitent un intérêt particulier.

## **2.2.Troubles de la marche et modification de la posture**

### ***2.2.1. La bradykinésie comme principale cause des troubles de la marche***

Comme énoncé précédemment dans la partie « 2.1.3.1.2. Autres symptômes fréquents », les troubles de la marche sont constants et divers dans la maladie de Parkinson. Dans cette partie, nous allons principalement nous intéresser au phénomène d'hypométrie qui s'inscrit dans le principe de bradykinésie car il représente la variable principale de ce mémoire de recherche.

#### ***2.2.1.1.L'hypométrie au cœur de la bradykinésie***

Bien qu'initialement non mentionnée par James Parkinson, la bradykinésie est aujourd'hui considérée comme un symptôme clinique majeur des syndromes parkinsoniens et de la maladie de Parkinson (Grabli, 2017b). Elle est la principale caractéristique contribuant aux difficultés motrices dans la maladie de Parkinson (Wu et al., 2015). En effet, les

mouvements volontaires y sont réalisés de façon lente par rapport à la norme, et ce particulièrement quand une grande amplitude est nécessaire. Ce terme de bradykinésie peut donc être utilisé en englobant les termes d'«hypométrie» qui se définit comme étant une petitesse du mouvement, et d'«akinésie» qui désigne une absence de mouvement comme pendant le gel de la marche par exemple (Wu et al., 2015). En réalité, la seule lenteur à la réalisation de mouvements volontaires (bradykinésie) n'est pas un symptôme spécifique des syndromes parkinsoniens, puisqu'elle est observée dans tous les autres syndromes neurologiques moteurs (parésie, syndrome cérébelleux, choréiques, apraxies, ataxies...), ainsi que lors d'affections rhumato-orthopédiques, ou psychiatriques (Hallett, 2011). Cliniquement, c'est cette hypométrie, plus que la bradykinésie qui lui est associée, qui va être à l'origine des retentissements fonctionnels les plus importants pour les patients comme la diminution de la longueur des pas résultants en une diminution de la vitesse de marche et une augmentation du risque de chute, ou encore comme la difficulté à la toilette ou à l'habillage par exemple (Grabli, 2017b). L'hypométrie, en s'inscrivant dans la bradykinésie, est alors un symptôme significatif de la maladie de Parkinson idiopathique, c'est pourquoi nous nous intéresserons davantage à cette spécificité plutôt qu'au concept global de bradykinésie.

### *2.2.1.2. Pathophysiologie de l'hypométrie*

Malgré que la pathophysiologie sous-jacente à la bradykinésie, et donc de l'hypométrie, ne soit pas réellement bien comprise, de nombreuses études mettent en lien des difficultés à exécuter automatiquement les habiletés motrices apprises avec le phénomène d'hypométrie.

L'automatisme est la capacité d'effectuer des mouvements sans que l'attention soit dirigée vers les détails de ceux-ci, en particulier pour les mouvements qui exigent de faible niveau de précision ou qui sont communément effectués. La plupart de nos comportements quotidiens sont effectués de manière automatique, qu'il s'agisse de se lever le matin, de se brosser les dents, de manger avec une fourchette ou une baguette, ou encore de marcher ou de conduire pour aller au travail. Aussi, la plupart des personnes peuvent parler au téléphone en marchant tout en étant bien concentré sur la discussion. En général, toutes ces actions nous demandent peu d'attention (Wu et al., 2015). L'automatisme motrice est généralement évaluée grâce à un test de double tâche qui demande d'effectuer une tâche secondaire en même temps qu'une première tâche motrice. La tâche secondaire est généralement une tâche cognitive telle une tâche de comptage par exemple. Si les deux tâches sont exécutées correctement sans interférence évidente, la première tâche motrice peut être considérée comme automatique. Or,

si les performances de l'une ou des deux tâches se détériorent dans des conditions de double tâche, alors la tâche motrice n'est pas automatique. Après une période d'entraînement, et en passant par plusieurs phases distinctes, mêmes certaines habiletés motrices complexes peuvent être bien établies et atteignent la phase automatique (Wu et al., 2004).

L'altération de l'automatisme motrice est une caractéristique générale des patients atteints de la maladie de Parkinson (Wu et al., 2015). En effet, la réduction de la dopamine entraîne une diminution du contrôle automatique et un contrôle cognitif accru des mouvements. Par conséquent, les patients atteints de la maladie de Parkinson doivent gérer et maintenir une plus grande charge cognitive pour accomplir des tâches motrices normalement automatiques (Feng et al., 2020). Ils perdent les compétences automatiques acquises antérieurement en raison de leur striatum sensorimoteur déficient, et ont des difficultés à acquérir de nouvelles compétences automatiques ou à restaurer les compétences motrices perdues (Wu et al., 2014). Les symptômes d'akinésie et d'hypométrie, caractérisés par une lenteur des mouvements et une réduction de l'amplitude de ces derniers, peuvent être associés à cette altération de l'automatisme car les patients atteints de la maladie de Parkinson ont tendance à effectuer presque tous leurs comportements quotidiens plus lentement ou avec une amplitude réduite. Même dans les premiers stades de la maladie, la capacité d'exécution des comportements automatiques comme le balancement des bras pendant la marche, la marche, le clignement des yeux, les expressions faciales, la modulation de la parole et la déglutition, est déjà altérée (Wu et al., 2015). L'orientation de l'attention sur ces comportements est toujours bénéfique. Le contrôle attentionnel est flexible mais lent du fait de l'habileté motrice non automatisée, par opposition au mode automatique qui est rapide mais inflexible (Schneider & Chein, 2003).

### *2.2.1.3. Caractéristiques motrices de l'hypométrie*

Ainsi, l'hypométrie rencontrée dans la maladie de Parkinson s'accompagne de différentes conséquences motrices. Les altérations cinématiques typiques sont une réduction de la longueur de la foulée avec une asymétrie entre les foulées, une augmentation de la cadence, de la phase d'appui et de la phase de double appui, qui compense la réduction de la longueur de la foulée (Nieuwboer, Willy De Weerd, René Do, 2001). La diminution de la longueur de la foulée pendant la marche s'aggrave progressivement à mesure que la maladie progresse. En outre, les patients atteints de la maladie de Parkinson présentent une plus grande variabilité de la durée de la foulée d'un pas à l'autre et une plus grande variabilité de l'activation des muscles des jambes pendant la marche (Miller et al., 1996) (Baltadjieva et al., 2006). Le ballant des bras

et la longueur de pas diminuent lors de la marche. Schématiquement, une des altérations observées est la réduction progressive de l'amplitude du mouvement au fur et à mesure de la séquence. Ce décrétement traduit l'hypométrie (Grabli, 2017b). Ces patients ont des difficultés particulières avec la régulation interne de la longueur de la foulée, même si la cadence (pas par minute) reste intacte. Cette cadence peut même augmenter car les personnes atteintes de la MP veulent compenser la taille du pas réduite Il y a alors un défaut d'exécution ou une inhibition des programmes moteurs automatiques (Moreau et al., 2010)(M. E. Morris et al., 1996). Les indices visuels ou verbaux peuvent améliorer de manière significative la longueur de la foulée (M. E. Morris et al., 1996)(Lewis, 2000). Les stratégies attentionnelles telles que la répétition mentale de la séquence de mouvements à venir ou la concentration sur le mouvement pendant l'exécution améliorent également le modèle de marche (Lewis, 2000)(M. E. Morris et al., 1996). Néanmoins, l'entraînement avec des repères visuels et des stratégies attentionnelles n'a qu'un effet à court terme sur la marche (M. E. Morris et al., 1996). En revanche, la double tâche diminue la vitesse de marche et augmente la variabilité d'une foulée à l'autre (M. E. Morris et al., 1996)(Lewis, 2000). Ces résultats confirment que la capacité à générer une longueur de foulée normale n'est pas perdue dans la maladie de Parkinson. En effet, la capacité à générer automatiquement une longueur de foulée normale est défectueuse. Les indices externes et les stratégies attentionnelles utilisent le contrôle attentionnel pour contourner les mécanismes de contrôle automatique et aider les patients à améliorer la longueur de leur foulée. Cependant, comme le contrôle attentionnel a du mal à être durable, la longueur de leurs foulées diminue à nouveau en peu de temps (Wu et al., 2014).

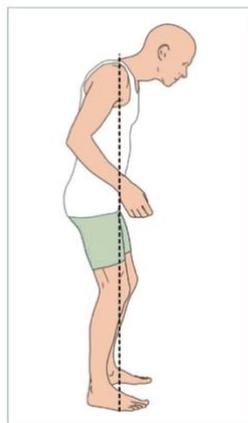
### ***2.2.2. Altération de la posture et perte de mobilité du tronc et des bras***

#### *2.2.2.1. Les troubles de la posture dans la maladie de Parkinson*

Les déformations posturales sont des complications fréquentes et invalidantes de la maladie de Parkinson. Une étude a montré qu'un tiers des patients parkinsoniens présentaient une déformation des membres, du cou ou du tronc. Le type de déformation le plus fréquent dans cette maladie est la posture voûtée vers l'avant accompagnée d'une flexion de hanches et de genoux avec un arrondissement des épaules (figure 2). Puis, des anomalies plus graves de la posture ou de l'alignement de la colonne vertébrale peuvent apparaître, entraînant un handicap important (Doherty et al., 2011). Ces troubles de la posture peuvent éventuellement être associés à un effondrement latéral du rachis que l'on nomme le syndrome de la tour de Pise (Grabli, 2017b).

Les données à ce jour suggèrent que les déformations posturales ont une physiopathologie multifactorielle. Les facteurs y contribuant comprennent la rigidité musculaire, la dystonie axiale, la faiblesse causée par une myopathie, les défauts du schéma corporel dus à une proprioception altérée au niveau central et les modifications structurelles de la colonne vertébrale. La contribution de ces différents facteurs dans l'apparition des déformations posturales varie selon les patients et les syndromes spécifiques. En effet, l'hypertonie parkinsonienne prédomine sur les muscles fléchisseurs et s'accompagne d'une modification de la posture se traduisant par une flexion exagérée du cou (antecollis), du tronc (camptocormie), et des membres supérieurs ou inférieurs lors de la marche. De même, le professeur Gracies souligne que la voussure progressive de la posture rachidienne typique de la maladie de Parkinson, qui peut amener vers une camptocormie dans les stades avancés, peut être attribuée à un phénomène d'hypoactivité relative croissante des extenseurs paravertébraux (Gracies, 2010). Cette posture voûtée serait donc la conséquence d'une hypertonie des muscles fléchisseurs et d'une hypoactivité des muscles extenseurs paravertébraux. Néanmoins, une meilleure compréhension de la physiopathologie pourrait, à terme, nous conduire à des stratégies de gestion plus efficaces pour ces complications invalidantes et réfractaires aux médicaments (Doherty et al., 2011). Dans le cadre de ce mémoire, nous ne nous intéresserons qu'aux déformations survenant dans le plan sagittal, c'est-à-dire la camptocormie et l'antecollis, car la natation en dos crawlé que nous avons effectué dans le protocole implique un redressement du tronc et des mouvements de grandes amplitudes dans le plan sagittal. C'est donc principalement dans le plan sagittal que nous souhaitons observer des résultats.

*Figure 2 : posture anormalement fléchie avec une flexion de la hanche, des genoux, de la tête et du cou, et un arrondissement des épaules (Doherty et al., 2011)*



Initialement, il s'agit de phénomènes dynamiques liés à une altération des mécanismes de régulation de la posture qui sont donc corrigés en décubitus. Secondairement, ces phénomènes entraînent des remaniements ostéoarticulaires et musculaires de l'axe et ont tendance à se fixer. L'apparition de troubles de la statique dans le cours évolutif d'un syndrome parkinsonien doit systématiquement faire rechercher une épine irritative rachidienne qui peut jouer un rôle de trigger (notamment via la douleur) (Grabli, 2017b).

#### *2.2.2.1.1. La camptocormie*

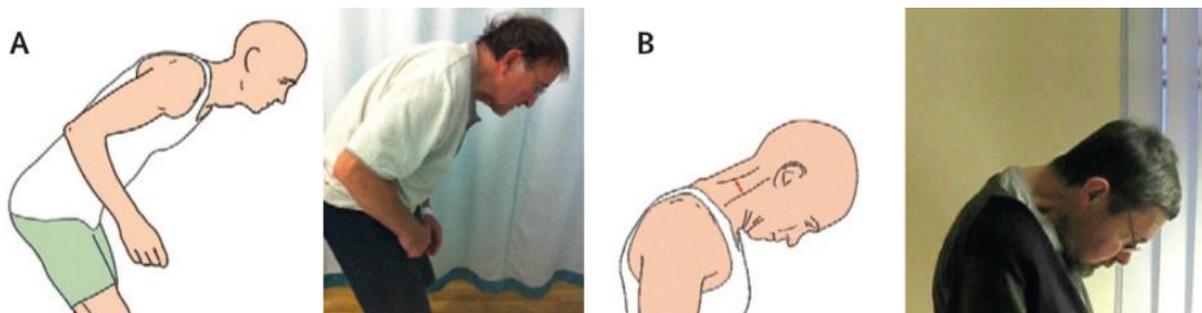
Le premier homme à décrire la posture voûtée ou courbée des patients atteints de la maladie de Parkinson a été James Parkinson (Parkinson, 2002b). Le terme de camptocormie (figure 3) est utilisé pour décrire une manifestation distincte et beaucoup plus prononcée de cette posture voûtée, avec une flexion provenant de la colonne thoracique ou lombaire. Certains patients signalent qu'ils ont l'impression d'être tirés vers l'avant, ou qu'ils ont une sensation de resserrement de l'abdomen. Les patients camptocormiques peuvent également se plaindre d'essoufflement en raison d'une capacité pulmonaire restreinte (Azher & Jankovic, 2005). Plusieurs éléments de preuves scientifiques soutiennent l'hypothèse que la camptocormie associée à la maladie de Parkinson apparaît généralement à mesure que celle-ci progresse (Srivanitchapoom & Hallett, 2015). En moyenne, la camptocormie se manifeste 7 à 8 ans après le début de la maladie (Margraf et al., 2010). Elle se manifeste généralement en position debout ou à la marche et entraîne de nombreuses conséquences négatives telles que l'embarras de soi ou l'instabilité posturale. Les manœuvres de soulagement utilisées sont donc la position assise, la position couchée, la position debout contre un mur ou l'utilisation d'un support de marche. Cependant, il n'existe pas vraiment de critères pour diagnostiquer ce symptôme. De ce fait, la plupart des auteurs ont utilisé un chiffre arbitraire d'au moins 45° de flexion thoracolombaire apparente en position debout ou en marchant, mais qui disparaît lorsque le patient est allongé sur le dos. En général, le diagnostic est établi par une évaluation subjective de la posture du patient (Doherty et al., 2011). Concernant le traitement de la camptocormie, il est généralement admis que cette dernière n'est pas sensible à la lévodopa. Il semble même que certains atteints de la maladie de Parkinson et présentant une camptocormie répondent parfois moins bien à la lévodopa que ceux qui ne présentent pas cette déformation. Cela pourrait s'expliquer par le fait que la camptocormie est associée à une maladie de Parkinson de longue date pour laquelle le traitement médicamenteux entraîne un état « ON » moins efficace (Bloch et al., 2006). Les traitements de la camptocormie ayant montré quelques résultats positifs dans certaines études sont la physiothérapie manipulative ciblée, l'hydrothérapie, et l'utilisation de contentions

abdominales, de corsets ou d'orthèses vertébrales (Doherty et al., 2011). Aussi, il existe un essai sur un patient dont la camptocormie a été complètement soulagée par le port d'un sac à dos à bretelles basses (Gerton et al., 2010). Cela pourrait être plus attrayant et moins contraignant pour des patients qui ne voudraient pas porter une orthèse vertébrale.

#### 2.2.2.1.2. L'antecollis

D'autre part, le symptôme de l'antecollis (figure 3) fait référence à une flexion vers l'avant de la tête et du cou. Lorsqu'il est léger, ce phénomène peut être considéré comme faisant partie de la posture voûtée des patients atteints de la maladie de Parkinson. Cependant, certains patients présentent un antecollis disproportionné qui correspond à une chute du cou plus prononcée que prévue par rapport à la posture fléchie du tronc et des membres (van de Warrenburg et al., 2007). L'antecollis dans la maladie de Parkinson est souvent associé à un tonus axial considérablement accru, bien que les patients puissent encore être capables d'une extension passive jusqu'à la position normale (Doherty et al., 2011). Plusieurs études ont démontré que ce trouble s'agirait principalement d'une caractéristique relativement courante de l'atrophie multisystémique (AMS). En effet, l'étude rétrospective d'Ashour et Jankovic cite une prévalence élevée de 42 à 1% pour cette déformation chez les patients atteints d'AMS, alors que le chiffre moyen est beaucoup plus faible, soit 5 à 8% dans la maladie de Parkinson idiopathique (Ashour & Jankovic, 2006). Or, cette étude est consacrée à la maladie de Parkinson idiopathique, c'est pourquoi nous avons moins détaillé ce trouble par rapport à la camptocormie qui est un symptôme caractéristique de la maladie de Parkinson idiopathique.

*Figure 3 : déformations dans le plan sagittal (A : camptocormie ; B : antecollis) (Doherty et al., 2011)*



#### *2.2.2.2. Une flexibilité et un contrôle du tronc et des membres supérieurs altérés*

Certains auteurs pensent que le contrôle correct du mouvement du tronc est très important pour la stabilité posturale car la partie supérieure du corps est responsable des deux tiers du poids du corps et de son centre de gravité (van der Burg et al., 2006) (Nikfekar et al., 2002). Des études récentes ont confirmé la contribution importante de la partie proximale du tronc. En effet, la musculature du tronc joue un rôle important dans l'équilibre postural et dans la survenue des chutes. Des études ont démontré un lien entre la maladie de Parkinson et la perte de contrôle du tronc notamment pendant la marche, le transfert de posture et la position assise (Carpenter, 2004). Aussi, une flexibilité limitée du tronc en raison de la rigidité axiale chez les patients atteints de la maladie de Parkinson a également été prouvée dans plusieurs études. Cette flexibilité limitée du tronc se traduit par la cocontraction des muscles de la hanche et du tronc, entraînant une altération de la sélectivité et de la coordination des mouvements qui affecte l'équilibre (Carpenter, 2004)(Van Emmerik et al., 1999)(Horak et al., 2005). En effet, les patients atteints de la maladie de Parkinson ont de grandes difficultés à maintenir leur équilibre et tombent fréquemment. Cette difficulté est le résultat de la combinaison de plusieurs déficiences, dont la perte des réflexes et des ajustements posturaux, la rigidité du tronc et des extrémités, et l'akinésie (Grimbergen et al., 2013). Burg et coll. ont constaté un taux de chute de 75% causé par l'incapacité des patients atteints de la maladie de Parkinson à contrôler leur centre de masse pendant l'exécution des activités de la vie quotidienne, comme se tourner, se lever et se pencher en avant. Ils affirment également que le manque de coordination des mouvements du tronc peut augmenter le risque de déséquilibre et de chute (van der Burg et al., 2006). Aussi, Artigas et coll. ont démontré que les patients qui arrivaient à se retourner facilement dans le lit avaient une faible sensibilité aux chutes. La mobilité au lit implique une rotation du thorax par rapport au bassin et, de ce fait, une dissociation des deux ceintures qui composent notre corps : la ceinture pelvienne et la ceinture scapulaire (Artigas et al., 2016). Cela signifie donc que des patients ayant une bonne flexibilité du tronc et sachant dissocier leurs deux ceintures, ces dernières permettant de réaliser des rotations du tronc, sont moins sujets aux déséquilibres et aux chutes généralement associées.

Le contrôle des mouvements du bras est également affecté par la maladie de Parkinson, comme en témoignent la réduction du balancement des bras lors de la marche (Van Emmerik et al., 1999)(Nieuwboer et al., 1998) et la diminution des réponses du bras protecteur aux tractions inattendues de l'épaule (M. E. Morris, 2000). Une absence similaire de mouvements

protecteurs du bras pendant les chutes pourrait expliquer l'incidence apparemment faible des fractures du poignet dans la maladie de Parkinson (Carpenter, 2004).

La maladie de Parkinson idiopathique présente donc un grand nombre de symptômes moteurs et non-moteurs. Il est alors primordial d'être à jour sur toutes les méthodes de traitement possibles afin de limiter la progression de la maladie. La partie suivante effectuera alors l'état de l'art de ces différentes méthodes.

### **2.3.Traitements de la maladie de Parkinson**

James Parkinson a consacré un chapitre de sa monographie aux moyens de guérison de la maladie de Parkinson. Il espérait l'identification d'un traitement par lequel la progression de la maladie pouvait être arrêtée (Goetz, 2011).

#### ***2.3.1. Les thérapies pharmacologiques***

Bien que de nombreux traitements aient été utilisés cliniquement afin de limiter la maladie de Parkinson, le traitement par lévodopa (L-dopa) demeure l'agent thérapeutique de première intention le plus efficace contre les symptômes moteurs de la maladie (Xu et al., 2019). La L-dopa est un précurseur de la dopamine qui peut facilement passer la barrière hémato-encéphalique isolant le système nerveux central de la circulation sanguine (Feng et al., 2020). Des études ont montré qu'environ 80% des patients atteints de la maladie de Parkinson obtiennent une amélioration significative des symptômes après un traitement par lévodopa (Yahr et al., 1969). Toutefois, en dépit de ses effets thérapeutiques encourageants, le traitement à long terme présente de graves limitations telles que l'induction de dyskinésies, qui sont des mouvements involontaires et anormaux, ainsi qu'un phénomène d'usure. Un traitement combiné est alors nécessaire afin de prévenir ou atténuer les effets indésirables de la lévodopa (Xu et al., 2019). Les traitements médicamenteux ne peuvent donc que soulager les symptômes mais ne peuvent pas arrêter la progression de la maladie. Aussi, une autre technique de traitement a vu le jour à la fin des années 1980, grâce à la découverte de nouvelles méthodes d'imagerie cérébrale. En effet, la stimulation intracérébrale profonde s'est développée et s'est progressivement placée à la deuxième place dans les traitements thérapeutiques de la maladie de Parkinson (Gracies, 2010). Néanmoins, de même que pour le traitement par L-dopa, la stimulation intracérébrale profonde est très efficace au début mais son efficacité diminue avec le temps et de nombreux effets secondaires peuvent apparaître (Nadeau et al., 2018).

### ***2.3.2. L'exercice physique comme stratégie rééducative***

#### *2.3.2.1. Les différentes caractéristiques de l'exercice*

À l'heure actuelle, il n'existe toujours aucun traitement capable d'arrêter la progression de la maladie de Parkinson. Les thérapies pharmacologiques servent principalement à contrôler les symptômes et n'apportent que des bienfaits à court terme avant que la maladie ne s'aggrave. L'activité physique et l'exercice sont alors des stratégies rééducatives intéressantes de par leur utilisation peu coûteuse et universellement accessible (Xu et al., 2019).

La maladie de Parkinson est une maladie qui affecte le mouvement. Les conséquences de cette affectation peuvent alors être une diminution des efforts physiques accompagnée d'une moindre sollicitation des muscles. Cependant, il est nécessaire d'avertir les patients tout juste diagnostiqués de la maladie de Parkinson que cette tendance doit à tout prix être évitée car le manque d'exercice ne va faire qu'accroître la progression de la maladie ... (France Parkinson, 2021). En effet, la pratique d'exercices est essentielle et occupe une place importante dans la prise en charge globale de la maladie (HAS, 2007). Une activité physique correspond à tout mouvement produit par les muscles squelettiques, responsable d'une augmentation de la dépense énergétique (OMS, 2021). Elle regroupe donc l'activité physique de la vie quotidienne, des loisirs et de la pratique sportive. En 1992, Sasco et coll. ont démontré pour la première fois un lien entre l'exercice et la maladie de Parkinson. Ils ont découvert qu'une intervention physique à l'âge adulte réduisait significativement le risque de développer la maladie (Sasco et al., 1992). Par la suite, plusieurs études ont confirmé le rôle bénéfique de l'exercice dans la maladie de Parkinson (Feng et al., 2020). La littérature existante suggère fortement que les effets neuroprotecteurs de l'exercice physique sont utiles pour diminuer le risque de développer la maladie de Parkinson, et ralentir la progression de la neurodégénérescence (Kurt et al., 2018). L'exercice physique peut potentiellement aider les patients atteints de la maladie de Parkinson sur le plan moteur (marche, équilibre, force) et sur le plan non moteur (dépression, apathie, fatigue, constipation) et peut contribuer à réduire les complications associées à l'immobilité telles que les complications cardiovasculaires et l'ostéoporose (Pérez de la Cruz, 2017). Par conséquent, de nombreux cliniciens recommandent l'exercice physique aux patients atteints de la maladie de Parkinson qui sont physiquement aptes (Kurt et al., 2018).

Les recommandations en matière d'exercice pour la maladie de Parkinson préconisent l'importance d'une pratique régulière, intensive à modérée, personnalisée au stade de la

maladie, et diversifiée. En effet, la régularité de la pratique est le maître-mot de la prise en charge chez une personne atteinte de la maladie de Parkinson. En effet, Jean-Michel Gracies évoque les faibles durées des effets des traitements physiques. Les effets les plus longs observés dans la littérature ne dépassent pas deux mois après le programme d'entraînement physique. Cela signifie que ces traitements physiques doivent être effectués sur le long terme, ou du moins répétés fréquemment, afin d'observer un maintien des bénéfices voire un renforcement de ces derniers au cours du temps (Gracies, 2010). Pour être pertinente, l'intervention physique doit être adaptée pour deux raisons. Tout d'abord, l'entraînement peut améliorer les troubles chez certains patients, mais il peut n'avoir aucun effet ou même aggraver les déficiences chez d'autres patients. Par exemple, des stratégies de stimuli externes peuvent aboutir à une surcharge d'attention. Ensuite, les bénéfices obtenus suite à des interventions pratiques dépendent de l'adhérence du patient au programme ainsi que de l'intensité de ce dernier (Nonnekes & Nieuwboer, 2018). Nous aborderons les bénéfices d'un programme intensif sur la maladie de Parkinson dans la sous-partie suivante : « 2.3.2.2. L'intensité de l'exercice comme point central de la prise en charge dans la maladie de Parkinson ».

Concernant les types d'exercices préconisés dans la maladie de Parkinson, le professeur Gracies souligne que de nombreuses techniques d'interventions physiques ont été testées pour évaluer les bienfaits sur la maladie de Parkinson. Seulement trois types de prise en charge sont réellement validées et utilisées. Il s'agit du renforcement musculaire des membres inférieurs, de l'exercice physique en aérobie et des stratégies attentionnelles. Une approche pratique par renforcement musculaire des membres inférieurs dans le but d'améliorer l'équilibre s'est révélée bénéfique dans plusieurs études. L'exercice physique intense en aérobie, comme une heure de travail intense sur bicyclette ergométrique ou tapis roulant par exemple, a également montré des effets métaboliques et fonctionnels positifs immédiats (Gracies, 2010). Enfin, les stratégies attentionnelles ont tendance à être oubliées mais démontrent, elles aussi, de nombreux bienfaits. James Parkinson déclarait dans son essai que la simple augmentation de l'attention d'un patient atteint de la maladie de Parkinson vis-à-vis d'une tâche motrice peut grandement aider à la réalisation de cette tâche (Parkinson, 2002a). Ces stratégies comprennent les instructions verbales, la signalisation sensorielle rythmique, les exercices de rotation axiale active, et la répétition en grand nombre de tâches motrices au membre supérieur (Gracies, 2010).

### 2.3.2.2.L'intensité de l'exercice comme point central de la prise en charge

	<b>Entraînement aérobie</b>	<b>Renforcement musculaire/moteur</b>
À quelle fréquence ?	3 à 5 jours par semaine	2 à 3 jours par semaine
Combien ?	Augmenter progressivement la durée de l'exercice de 20 à 60 minutes au fil du temps	Les séries d'exercices doivent comprendre 1 à 3 séries de 8 à 12 répétitions pour chaque exercice
À quelle résistance ?	Ces activités doivent être pratiquées à des intensités modérées. Un exercice d'intensité modérée correspond généralement à 13/20 sur l'échelle RPE. Une autre façon de mesurer l'intensité modérée d'un exercice est de cibler les 60% à 80% de la fréquence cardiaque maximale théorique	Sélection d'une résistance entre 40 à 50% et jusqu'à 60 à 80% de la 1RM (répétition maximale)
Quel type ?	Voici quelques options d'activités : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ergocycle (bras, jambes ou combinés)</li> <li>- Marche (sur terre ou sur tapis)</li> <li>- Balnéothérapie (y compris la natation)</li> </ul>	Les activités de résistance visent principalement les grands groupes musculaires : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Machines de musculation</li> <li>- Poids libres</li> <li>- Bandes élastiques</li> </ul>
Considérations spéciales	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La progression globale devrait commencer par la durée ou la fréquence</li> <li>- Reposez vos muscles entre 2 à 4 minutes entre les séries</li> <li>- Reposez vos muscles pendant au moins 1 jour entre les séances de musculation</li> <li>- Les entraînements aérobie et en résistance peuvent être réalisés le même jour selon la tolérance</li> </ul>	

**Tableau 1: Recommandations sur les modalités d'exercices pour les patients atteints de la maladie de Parkinson légère à modérée sur l'échelle de Hoehn et Yahr (Kim et al., 2019).**

La revue neurologique de Jean-Michel Gracies (2010) souligne l'importance d'une pratique physique intensive avec des effets fonctionnels moteurs immédiats et à court terme (Gracies, 2010). Une étude a montré que, par rapport à une séance aérobie de faible intensité, une séance sur tapis roulant à haute intensité a des effets bénéfiques immédiats, c'est-à-dire directement après la séance, sur la vitesse de marche, la longueur de pas, l'amplitude de la hanche et la cheville, et la distribution du poids pendant des tâches de relevé de chaise (Fisher et al., 2008). Dans la même idée, Ridgel et coll. ont souhaité observer les effets de 8 semaines d'entraînement aérobie sur bicyclette ergométrique avec une vitesse imposée de 130% de la vitesse de pédalage préférée. Les résultats ont montré une amélioration des signes moteurs lors de l'évaluation UPDRS ainsi qu'une amélioration de la dextérité bimanuelle alors que le même entraînement à une vitesse de pédalage non-imposée et confortable pour les participants n'a permis aucune amélioration sur ces paramètres (Ridgel et al., 2009). La méthode Lee Silverman Voice Treatment BIG (LSVT BIG) est une méthode de rééducative reprenant les grands principes de la rééducation chez les patients atteints de la maladie de Parkinson. Elle se caractérise par l'exécution de mouvements de grandes amplitudes avec une certaine énergie. Le protocole comprend 16 séances d'une heure pendant 4 semaines soit 4 heures par semaine (Ebersbach et

al., 2010). À son terme, des améliorations dans la marche, l'équilibre et la motricité globale sont attendues. Ce programme a montré son intérêt dès le début de la maladie mais également dans les stades avancés. Aussi, il a été démontré qu'une sensation nette de fatigue physique musculaire permettait la stimulation de l'excitabilité corticale déficitaire dans la maladie de Parkinson (Gracies, 2010).

Il est important de noter que les effets ne durent pas dans le temps et que programme d'entraînement physique doit être renouvelé régulièrement (Turc, 2021). Toutefois, Kim et al. affirment clairement que la progression d'un programme d'entraînement quel qu'il soit doit commencer soit par la durée, soit par la fréquence, mais que l'intensité doit être augmentée qu'après ces deux modalités selon la tolérance de la personne (Kim et al., 2019).

### ***2.3.3. La balnéothérapie comme nouvelle stratégie rééducative***

#### *2.3.3.1. Les propriétés de l'eau*

La popularité de l'exercice aquatique ne cesse de croître dans le contexte de la neuro-rééducation. En effet, l'homme est confronté à des conditions nouvelles relevant de l'hydrostatique et de l'hydrodynamique lorsqu'il se retrouve en milieu aquatique (Denning et al., 2012). Ce milieu se caractérise par différentes propriétés : la flottabilité, la traînée, la pression hydrostatique, la poussée d'Archimède, la tension de surface, l'inertie, la chaleur spécifique de l'eau, la résistance à l'avancement, la viscosité et la température (Edlich et al., 1987). En raison d'une densité plus importante que l'air et de la viscosité de l'eau, le milieu aquatique présente une plus grande résistance au déplacement d'un corps immergé qu'à l'air libre. Cette résistance augmente avec le carré de la vitesse, c'est-à-dire que plus le déplacement de l'objet ou du corps est rapide et plus la force motrice est grande. Aussi, une force supplémentaire s'opposant au mouvement est créée à partir d'une certaine vitesse par des phénomènes de tourbillons qui se produisent en arrière du corps ou de l'objet en déplacement. Ces deux propriétés biophysiques structurent les techniques de renforcement musculaire (Chevutski et al., 2007). Cugusi et coll. soulignent également que la flottabilité permet de décharger la charge et que la chaleur de l'eau a été associée à une diminution de la douleur et de la raideur (Hall et al., 2008). Ces caractéristiques de l'environnement aquatique permettent à certaines personnes souffrant d'instabilité posturale, d'un risque élevé de chute, d'une faiblesse des jambes et des troubles de la marche de faire de l'exercice avec succès lorsque cela

est irréalisable ou dangereux sur terre. En raison de sa capacité à améliorer la mobilité fonctionnelle tout en étant agréable, l'exercice aquatique est devenu une forme très populaire de rééducation physique dans la prise en charge des maladies neurodégénératives (Cugusi et al., 2019b). Les avantages de l'exercice physique dans l'eau incluent la possibilité d'effectuer une plus grande variété de mouvements, avec une plus grande facilité et une meilleure sécurité, grâce à la pression hydrostatique et à la flottaison, dans un environnement ludique et agréable (Pérez de la Cruz, 2017).

#### *2.3.3.2. Les effets de la balnéothérapie sur les symptômes de la maladie de Parkinson*

Différents protocoles de rééducation terrestre ont favorisé l'amélioration des paramètres de la marche tels que la vitesse (Peppe, Chiavalon, et al., 2007) et la longueur de pas (Nieuwboer, Willy De Weerd, René Do, 2001). La rééducation en balnéothérapie peut également être une alternative aux programmes terrestres. Différentes études ont suggéré ce type de thérapie comme un moyen d'améliorer la qualité de vie, de réduire l'instabilité posturale et le risque de chute chez les personnes âgées (Katsura et al., 2010), et d'améliorer les traitements d'autres maladies comme l'ostéoporose (Devereux et al., 2005) ou l'arthrite des membres inférieurs par exemple (Vivas et al., 2011). La balnéothérapie est également suggérée pour le traitement de troubles neurologiques tels que le dysfonctionnement vestibulaire ou la paralysie cérébrale. Des études ont démontré que l'environnement aquatique pouvait permettre une diminution du tonus musculaire, une amélioration de la stabilité posturale ainsi qu'une augmentation de la mobilité fonctionnelle (Vivas et al., 2011).

##### *2.3.3.2.1. Les effets de la balnéothérapie sur l'équilibre, la peur de chuter et la qualité de vie*

La revue systématique de Cugusi et al. résume de manière rigoureuse les différentes revues systématiques antérieures portant sur les exercices aquatiques dans la maladie de Parkinson. Les essais inclus dans la revue de Cugusi et al. démontrent que l'exercice aquatique et l'exercice terrestre ont des effets similaires sur la gravité de la maladie, les déficiences motrices et la mobilité fonctionnelle. Par conséquent, si les patients préfèrent le milieu aquatique et ont la possibilité de suivre un protocole de rééducation en balnéothérapie, ils peuvent l'accepter en sachant qu'il n'est pas inférieur à l'exercice sur terre. Cependant, l'exercice aquatique a des effets significativement plus importants que l'exercice terrestre sur l'équilibre, la peur de chuter et la qualité de vie. Aussi, les patients ayant des symptômes avancés qui peuvent augmenter le risque de chute pendant l'exercice, comme le gel de la

marche, des difficultés à effectuer un virage ou encore une festination par exemple, peuvent opter pour des exercices aquatiques plutôt que des exercices terrestres (Cugusi et al., 2019b). Les programmes de ces essais comprenaient un entraînement en aérobie ou un entraînement caractérisé par un ensemble de mouvements d’Ai Chi. L’Ai-Chi est une série d’exercices aquatiques créés par Jun Konno au Japon en 1996, basée sur la combinaison des concepts du Tai-chi et du Qi-qong. Les mouvements d’Ai-Chi impliquent les membres supérieurs et inférieurs et le tronc dans un rythme lent et coordonné. Les participants exercent ces mouvements en étant debout dans l’eau à hauteur des épaules (Pérez de la Cruz, 2017)(Kurt et al., 2018). Aussi, Vivas et coll. ont réalisé une étude pilote comparant un programme de rééducation terrestre et un programme de rééducation en balnéothérapie chez des patients atteints de la maladie de Parkinson. Leurs protocoles étaient également basés sur des exercices d’Ai-Chi. Les résultats de leur étude ont mis en évidence l’hypothèse que l’eau chaude pourrait avoir un effet thérapeutique potentiel sur la rigidité qui est un symptôme très présent dans la maladie de Parkinson. En effet, l’eau chaude peut avoir un effet thérapeutique sur la rigidité car plusieurs études confirment que la rigidité parkinsonienne, qui a une origine centrale, est soulagée par une stimulation périphérique telle que la chaleur (Capato et al., 2015). Néanmoins, cette hypothèse n’a pas été validée car le niveau de fiabilité de leur étude n’était pas suffisant.

#### *2.3.3.2.2. Les effets de la balnéothérapie sur l’apprentissage moteur et l’automatisme*

Afin de propulser un corps vers l’avant contre la résistance de l’eau, une commande volontaire plus importante pourrait être nécessaire. La différence entre la capacité de marcher sur terre et la capacité de marcher sous l’eau pourrait suggérer la possibilité d’un décalage entre l’automatisation et l’intention (M. Morris et al., 2005). En outre, Volpe et coll. supposent que la marche sous l’eau pourrait avoir un effet sur l’apprentissage moteur, car les modifications du cerveau liées à l’expérience semblent dépendre non seulement du stade d’apprentissage, mais aussi du fait que les patients doivent apprendre une nouvelle séquence de mouvements, c’est-à-dire l’apprentissage d’une nouvelle séquence motrice, ou apprendre à s’adapter aux perturbations de l’environnement, ce qui revient à l’adaptation motrice (Doyon, 2008), et qu’ils changent de techniques d’apprentissage implicites ou explicites (Marinelli et al., 2017). En effet, Pérez de la Cruz et coll. soulignent que l’accomplissement de tâches qui nécessitent un schéma rythmique et des ajustements posturaux constants et qui impliquent un effet d’apprentissage est bénéfique dans la maladie de Parkinson (Pérez de la Cruz, 2017). La nouvelle sensation de tout le corps et la résistance profonde ressentie par les patients doivent nécessiter une concentration intense pour maintenir l’équilibre et la poussée vers l’avant (Volpe

et al., 2017). Il a également été suggéré que le milieu aquatique pourrait augmenter les entrées proprioceptives du corps immergé, conduisant à un meilleur alignement du corps (Volpe et al., 2017).

La balnéothérapie est donc une pratique au cœur des recherches à ce jour. Cependant, malgré toutes les recherches et les publications effectuées sur l'exercice aquatique et la maladie de Parkinson, des essais randomisés correctement planifiés et suffisamment puissants sont nécessaires pour clarifier les effets des exercices aquatiques chez les personnes atteintes de la maladie de Parkinson. En effet, les études antérieures n'étaient pas forcément en accord sur l'utilisation de degrés homogènes de sévérité de la maladie, d'une phase de médication standardisée pendant les évaluations (ON/OFF), de types et des doses de médicaments comparables, ou encore de caractéristiques d'exercices uniformes concernant l'intensité, la fréquence, la durée et le type d'exercice proposé (Cugusi et al., 2019b).

Toutefois, dans quelques études déjà menées, des programmes d'Ai-Chi, dont nous avons détaillé le contenu dans la partie « 2.3.3.2.1. Les effets de la balnéothérapie sur l'équilibre, la peur de chuter et la qualité de vie », se sont montrés encourageants dans la prise en charge des symptômes moteurs de la maladie de Parkinson. Aussi, Viliani et coll. ont démontré que les limitations musculaires et d'amplitude contribuent à la réduction de la capacité à se tenir debout, et que la récupération de la mobilité du tronc et du bassin était un outil utile pour prévenir les conséquences handicapantes de la maladie de Parkinson (Viliani et al., 1999). De même, Van Vaerenbergh et coll. ont observé les possibles apports de la stimulation des rotations du tronc sur un soulagement non pharmacologique du gel de la marche chez les personnes atteintes de la maladie de Parkinson (Van Vaerenbergh et al., 2003). Ces pratiques peuvent faire écho des caractéristiques du dos crawlé que nous détaillerons dans la partie suivante.

## **2.4. Les caractéristiques de la natation en dos crawlé en lien avec la maladie de Parkinson**

### **2.4.1. Lien entre le dos crawlé et la mobilité du tronc et des bras**

#### **2.4.1.1. L'action du tronc en dos crawlé**

En raison des propriétés uniques de l'eau, les exercices aquatiques sont généralement associés à des mouvements facilités et à des propriétés thérapeutiques. Les nages alternées, à

savoir le dos crawlé et le crawl, sont associées à un mouvement dit angulaire ou de torsion du haut du corps, en nageant avec des mouvements alternés des membres (Figueiredo et al., 2012). Le mouvement angulaire du corps est souvent appelé le « roulis du corps » (Gonjo et al., 2021). Plusieurs définitions ont été associées au roulis. Certaines études le définissent comme le déplacement angulaire de tout le corps (Yanai, 2001), tandis que d'autres ont décrit le roulis comme la rotation d'une ligne reliant les articulations droite et gauche de l'épaule et de la hanche autour du grand axe du tronc également appelé axe longitudinal. (Figueiredo et al., 2012)(Psycharakis & Sanders, 2010). Le dos crawlé implique donc une certaine flexibilité au niveau des épaules et une rotation alternée du corps, c'est-à-dire une rotation du thorax par rapport au bassin nécessitant une dissociation des ceintures pelviennes et scapulaires (Artigas et al., 2016) . Ces deux caractéristiques imposent une coordination particulière entre les deux bras.

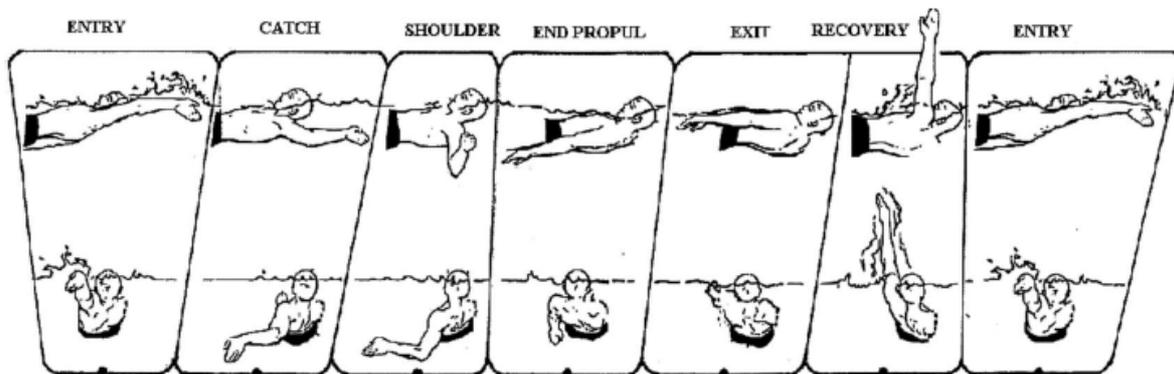
#### *2.4.1.2.L'action des bras en dos crawlé*

Le cycle des bras en dos crawlé a été divisée en six phases (figure 4) : la première étape correspond au temps entre l'entrée de la main dans l'eau et le début de son mouvement de propulsion qui est suivi d'un balayage diagonal de la main ; la seconde constitue la première partie de la phase propulsive, elle correspond au temps séparant le début du mouvement de propulsion de la main et l'arrivée de cette dernière dans un plan vertical à l'épaule ; la troisième constitue la phase de poussée, autrement appelée la deuxième partie de la phase propulsive, elle commence de la position verticale de la main sous l'épaule et se termine à la fin de la phase propulsive ; la quatrième étape correspond au temps pendant lequel la main s'arrête au niveau de la cuisse, après la phase de poussée et avant le dégagement et synonyme du temps de latence de la main ; la cinquième étape, appelée la phase de dégagement, correspond au temps du début de la remontée de la main jusqu'au début de sa sortie ; la sixième et dernière étape correspond au moment où la main sort de l'eau jusqu'au moment où elle rentre à nouveau dans l'eau, c'est-à-dire la phase au-dessus de l'eau que l'on appelle aussi phase de récupération (Chollet et al., 2008).

La durée des phases propulsives a été définie comme étant la somme des phases de traction et de poussée, et la durée des phases non propulsives était la somme des phases de l'entrée dans l'eau, du temps de latence de la main, du dégagement de cette dernière puis de la récupération (Silva et al., 2013). Aussi, plus les nageurs effectuent une grande envergure des mouvements et meilleure sera l'efficacité de la nage (Saavedra et al., 2010). Les mouvements de grande

amplitude permettent un redressement du tronc donc le dos crawlé pourrait se montrer bénéfique chez les patients atteints de la maladie de Parkinson.

*Figure 4 : le cycle des bras en dos crawlé divisé en six étapes (Chollet et al., 2008).*



#### **2.4.2. Lien entre le dos crawlé et l'apprentissage moteur**

La natation est une activité complexe qui nécessite des mouvements harmonieux des membres supérieurs et des membres inférieurs avec une coordination simultanée (Neves et al., 2020). Or, les patients atteints de la maladie de Parkinson présentent fréquemment des difficultés à coordonner les mouvements et à exécuter des séquences de mouvements (Kalia & Lang, 2015). Selon une étude réalisée, 88% des patients atteints de la maladie de Parkinson ont remarqué des changements dans leur aptitude à nager, et 49% ont signalé un épisode de noyage ou d'échec dans l'eau (Neves et al., 2018). Les patients mentionnent des problèmes de natation en conséquence de problèmes de mobilité, de manque de coordination et de manque de force. Pour les patients atteints de la maladie de Parkinson, la natation est une somme de petites tâches qui, ensemble, créent une activité multitâche complexe depuis les premiers stades de la maladie. En raison de l'implication de tout le corps et des difficultés du patient à effectuer des tâches multiples, des séquences de mouvements et de la coordination, la natation devient une activité plus difficile, moins automatique et plus "réfléchie" (Neves et al., 2020).

Aussi, l'entraînement d'une séquence motrice par répétition en grand nombre est efficace chez le sujet parkinsonien. Un entraînement répété de tâches dirigées vers une cible avec le membre supérieur (120 répétitions sur deux jours) a permis des améliorations de performance chez le

sujet parkinsonien, similaires à celles obtenues chez le sujet sain (Behrman et al., 2000) (T. Platz, 1998) (Soliveri et al., 1992).

Toutes ces caractéristiques de la natation en dos crawlé telles que le renforcement moteur intensif du tronc et des membres supérieurs, la flexibilité au niveau du tronc grâce à la rotation du thorax par rapport au bassin, les mouvements de grandes amplitudes avec les bras afin d'avoir une efficacité de nage suffisante, ou encore l'entraînement d'une séquence motrice par répétitions, peuvent avoir un impact sur l'amélioration de la longueur du pas lors de la marche grâce à un meilleur contrôle de son centre de gravité.

### **3. Problématique, hypothèses et objectifs**

Les différents éléments détaillés dans la revue littéraire de ce mémoire de recherche mettent en avant les bienfaits de l'exercice physique sur la maladie de Parkinson. En effet, le renforcement moteur est une des stratégies rééducatives les plus utilisées pour améliorer les symptômes moteurs (Gracies, 2010). De plus, l'exercice en milieu aquatique a été validé pour cette population sur l'amélioration de l'équilibre, de la peur de chuter et de la qualité de vie en raison de ses propriétés hydrostatiques et hydrodynamiques (Denning et al., 2012). Les patients atteints de la maladie de Parkinson ressentent alors une sensation de sécurité et de bien-être lorsqu'ils se trouvent en balnéothérapie (Cugusi et al., 2019a). D'autre part, certaines études ont démontré que la récupération de la mobilité du tronc et du bassin grâce à un programme d'Ai-Chi était un outil utile pour prévenir les conséquences handicapantes de la maladie de Parkinson et certains troubles de la marche tel que les enrayages cinétiques par exemple (Viliani et al., 1999)(Van Vaerenbergh et al., 2003). Néanmoins, malgré cette richesse bibliographique concernant les effets des exercices physiques sur la maladie de Parkinson, aucune étude à ce jour n'a étudié les effets d'une activité physique adaptée telle que le dos crawlé, impliquant un renforcement moteur et une flexibilité du tronc, sur la longueur du pas lors de la marche chez les patients atteints de la maladie de Parkinson.

Suite à toutes ces recherches bibliographiques, nous pouvons penser que le dos crawlé pourrait améliorer la longueur du pas lors de la marche. En effet, le dos crawlé permet un renforcement moteur du tronc et des membres supérieurs et le milieu aquatique présentant une plus grande résistance au mouvement de par la viscosité de l'eau améliore ce renforcement (Chevutschi et al., 2007). Aussi, le dos crawlé est associé à un mouvement dit angulaire ou de torsion du haut du corps, impliquant une rotation du thorax par rapport au bassin, et permettant ainsi un travail de mobilité du tronc (Artigas et al., 2016). De même, des mouvements de bras de grandes amplitudes sont également recherchés afin d'observer une nage efficace (Chollet et al., 2008). Enfin, la natation en dos crawlé est une somme de petites tâches qui, ensemble, créent une activité multitâche complexe depuis les premiers stades de la maladie. En raison de l'implication de tout le corps et des difficultés du patient à effectuer des tâches multiples, des séquences de mouvements et de la coordination, la natation devient une activité plus difficile, moins automatique et plus " réfléchie " (Neves et al., 2020). De ce fait, des améliorations pourraient être observées sur l'automatisme impliquée dans la pathophysiologie de l'hypométrie et altérée chez les patients parkinsoniens. Il est donc tout à fait possible d'observer des résultats,

significatifs ou non, d'un protocole en dos crawlé adapté sur l'amélioration de la longueur du pas lors de la marche chez des patients atteints de la maladie de Parkinson.

La problématique à laquelle nous allons tenter de répondre est la suivante : **quels sont les effets de la natation en dos crawlé impliquant un renforcement moteur et une flexibilité du tronc sur la longueur de pas lors de la marche chez des patients parkinsoniens ?**

L'objectif principal de ce travail de recherche est d'évaluer les effets de ce type de programme sur la longueur du pas lors de la marche chez des patients atteints de la maladie de Parkinson. Des objectifs secondaires sont recherchés tels que l'évaluation des effets du programme sur la vitesse de marche ou encore la capacité à se relever du sol qui est un indicateur de la mobilité fonctionnelle, l'évaluation des effets de ce même programme sur la qualité de vie, la mise en évidence du lien entre le redressement du tronc et l'amélioration de la longueur de pas lors de la marche, l'amélioration de l'autonomie fonctionnelle et l'entretien de la motricité automatique et la réduction du risque de chutes liées aux troubles de la marche.

## **4. Méthodologie**

Cette étude est une étude prospective monocentrique randomisée avec les patients à l'insu de l'hypothèse. Elle s'est déroulée au sein de l'hôpital Albert-Chenevier situé à Créteil dans le département du Val-de-Marne et faisant parti de l'Assistance Publique des Hôpitaux de Paris (APHP).

### **4.1. Population**

La population incluse dans l'étude était composée de personnes atteintes d'une maladie de Parkinson idiopathique à un stade léger à modéré, c'est-à-dire étant capable de déambuler de manière autonome, de se lever d'une chaise sans s'aider de leurs mains et atteignant un stade inférieur ou égal à 3 en OFF (sans médicaments) sur l'échelle de Hoehn et Yahr (annexe 1). Le diagnostic de la maladie devait avoir été fait par un neurologue spécialiste des mouvements anormaux.

#### ***4.1.1. Critères d'inclusion***

Les patients ne pouvaient être inclus dans le protocole que s'ils présentaient les critères suivants. En effet, ils devaient avoir un âge supérieur ou égal à 18 ans. De même, les patients devaient avoir été diagnostiqué avec une maladie de Parkinson idiopathique par un neurologue spécialiste de mouvements anormaux. Leur stade de la maladie devait être inférieur ou égal à 3 sur l'échelle de Hoehn et Yahr en phase de traitement OFF. Une IRM cérébrale devait avoir été effectuée dans les 3 dernières années éliminant alors un diagnostic différentiel. De plus, pour le bon déroulement du protocole, les patients devaient avoir conservé une déambulation autonome et être motivé afin de venir réaliser l'ensemble des évaluations et des entraînements en petits groupes dans un état défini comme « OFF » chaque semaine. La rééducation en OFF permet l'observation des effets du programme directement sur les symptômes moteurs et non-moteur de la maladie de Parkinson, sans avoir les effets du traitement. Enfin, ils devaient également avoir donné leur accord (consentement éclairé) de participation à l'étude.

#### ***4.1.2. Critères de non-inclusion***

En revanche, les patients ne pouvaient pas participer à l'étude s'ils présentaient certains critères. Une absence de troubles vésico-sphinctériens était obligatoire. En effet, les troubles vésico-sphinctériens sont fréquents dans la maladie de Parkinson idiopathique et se traduisent

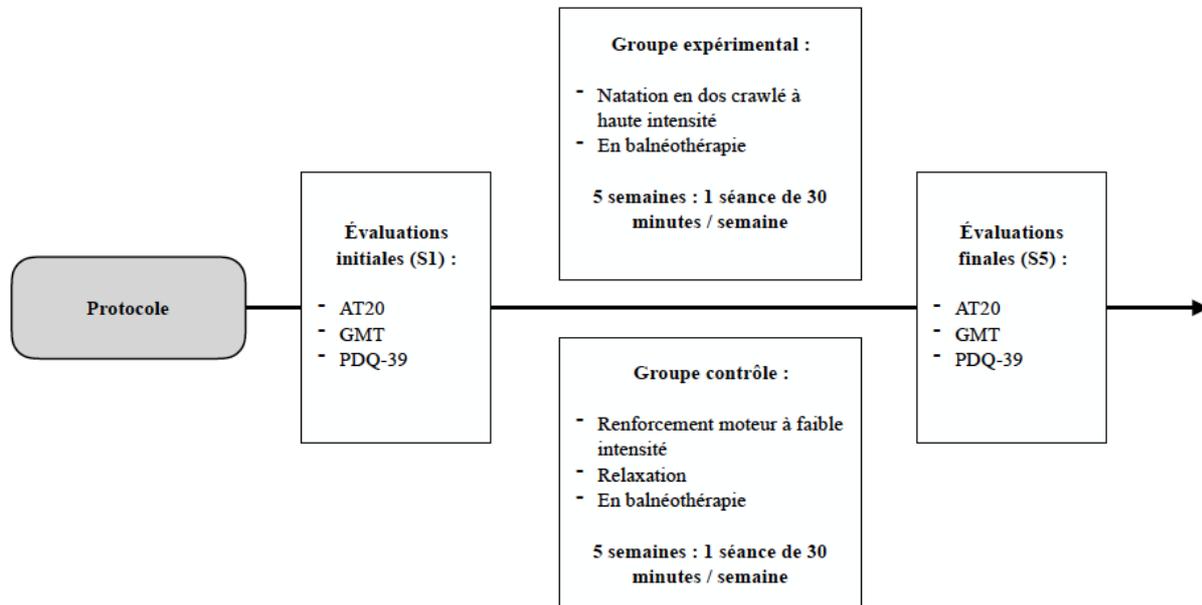
par des problèmes d'incontinence (Layouni et al., 2020). Ces troubles ne sont alors pas compatibles avec la pratique d'une activité physique en balnéothérapie. De même, les patients ne devaient pas présenter de dysfonction cognitive ou psychique sévère limitant la participation au programme. Une pathologie neurologique autre que la maladie de Parkinson idiopathique, ou une pathologie rhumatologique, orthopédique ou psychiatrique interférant avec la mobilité des patients était également rejetée. La non-affiliation à un régime de sécurité sociale faisait également partie des critères de non-inclusion. Enfin, les patients ne devaient pas participer à un autre protocole de recherche interventionnelle afin de ne pas biaiser les résultats de notre protocole. Nous ne citons pas les mycoses plantaires comme un critère de non-inclusion car des chaussettes de piscine pouvaient être prescrites aux patients. D'ailleurs, deux patients étaient atteints de mycoses et portaient donc ces chaussettes afin de pouvoir participer à l'étude.

#### ***4.1.3. Critères d'exclusion***

Les critères d'exclusion étaient la survenue de tout évènement de nature à interrompre l'étude tels qu'un évènement indésirable grave, une blessure ou un évènement conduisant soudainement à provoquer une gêne importante à la marche se caractérisant par une impossibilité de marcher sans aide humaine.

## 4.2. Protocole expérimental

Figure 5 : Design de l'étude



### 4.2.1. Recrutement de la population

Le recrutement des patients a été réalisé au sein du service de neuroéducation de l'hôpital. Au cours de la consultation avec le docteur du service, la possibilité de participer à l'étude a été proposée aux patients. En effet, un formulaire de consentement ainsi qu'un formulaire de droit à l'image leur ont été proposés durant cette consultation. Un examen d'inclusion par le docteur a été réalisé afin de vérifier les critères d'inclusion et de non-inclusion des patients. Ensuite, les patients éligibles ont été randomisés aléatoirement en deux groupes, un groupe contrôle (GC) et un groupe expérimental (GE).

### 4.2.2. Recueil des données

Avec l'aide et l'accord de l'équipe pluridisciplinaire, les évaluations initiales ont été effectuées lors de la première semaine (S1), juste avant la séance, et les évaluations finales se sont déroulées lors de la dernière semaine (S5), juste après la dernière séance. En effet, les patients éligibles à l'étude ont réalisé le test de marche de l'AT20, le test de relevé du sol du Global Mobility Task (GMT), et ont répondu au questionnaire PDQ-39 évaluant la qualité de

vie. Pour chaque participant, toutes les évaluations ont été effectuées dans les mêmes conditions tout au long du programme. Ainsi, deux types de données étaient recueillies : les données quantitatives des questionnaires, du test de marche et du GMT ainsi que les données cliniques et personnelles des patients (sexe, âge, poids, délai post-diagnostic, stade de la maladie, type d'activité physique exercé en dehors de l'étude). Les informations concernant les patients ont été anonymisées et ces derniers ont été associés à un numéro permettant de lier anonymement les patients et leurs données.

#### ***4.2.3. Déroulement du protocole***

Les deux programmes, celui du groupe contrôle et celui du groupe expérimental, se sont déroulés sur cinq semaines, avec une séance de trente minutes par semaine, soit cinq séances au total. En raison des disponibilités des créneaux de balnéothérapie dans le service, le groupe contrôle effectuait ses séances le mardi et le groupe expérimental le jeudi. Aussi des évaluations initiales et finales ont été réalisées avant la première séance des deux groupes et après la dernière séance de ces derniers (figure 5).

#### ***4.2.4. Matériel nécessaire***

Afin de mener cette étude, plusieurs types d'outils ont été utilisés. Un chronomètre et des questionnaires ont servi au recueil des données. Aussi, du matériel de piscine a été mis à disposition pour faciliter l'apprentissage de la natation en dos crawlé : planche, pull-boy, frites.

### **4.3.Évaluation**

#### ***4.3.1. Critère d'évaluation principal***

Le critère d'évaluation principal est le changement observé sur la longueur du pas lors de la marche. Le test utilisé pour évaluer cette variable est le test de marche sur 20 mètres (AT20). Ce test mesure le temps et le nombre de pas effectués pour aller et revenir de la position assise à la position assise entre 2 chaises distantes de 20 mètres (Hutin et al., 2015). Durant ce test, trois passages ont été réalisés. Pour le premier passage, il a été demandé aux patients de marcher à vitesse de confort, c'est-à-dire celle qu'ils utilisent dans la vie quotidienne. Pour le second, la consigne qui leur était donnée était de marcher à vitesse rapide. Enfin, pour le troisième et dernier passage, les patients devaient marcher à grands pas. Ils n'avaient qu'un seul essai pour chaque passage. Néanmoins, lorsque les consignes n'étaient pas entièrement

respectées, nous avons tout de même accordé un second passage aux patients. Le premier passage évalue donc la vitesse de marche, en temps, et le nombre de pas à allure constante. Le second évalue la vitesse de marche et le nombre de pas à allure rapide. Et le troisième évalue la vitesse de marche et le nombre de pas lors d'une marche à grands pas.

#### **4.3.2. Critères d'évaluation secondaires**

Les critères d'évaluation secondaires concernent le changement observé sur la vitesse de marche, sur le relevé de sol qui est un indicateur important de la mobilité fonctionnelle des patients atteints de la maladie de Parkinson, et également sur la qualité de vie.

Tout d'abord, la vitesse de marche est évaluée par le test de marche AT20, tout comme la longueur du pas. Les consignes données pour évaluer cette variable sont donc les mêmes que celles décrites précédemment.

Ensuite, le relevé du sol est évalué par le Global Mobility Task (GMT). Le GMT évalue le temps nécessaire et la capacité à accomplir chacune des cinq étapes nécessaires (figure 6) pour le passage d'une position couchée sur le dos à une position debout. (Peppe, Ranaldi, et al., 2007). Dans la première étape, les patients doivent passer d'une position couchée sur le dos à une position couchée sur le ventre en se retournant. La seconde étape consiste à fléchir les membres inférieurs afin de passer d'une position couchée sur le ventre à une position à quatre pattes. Dans la troisième étape, les patients doivent décoller leurs mains du sol et se mettre à genoux. Au cours de la quatrième étape, ils doivent se déplacer d'une position en appui sur deux genoux à une position en appui sur un genou avec une jambe vers l'avant posant un pied au sol, cette position est également appelée la position du chevalier servant. La cinquième étape consiste à passer d'une position à demi-agenouillée à une position debout. Dans toutes ces étapes, un contrôle du tronc permet de se maintenir en équilibre (Peppe, Ranaldi, et al., 2007).

Il a été demandé aux patients de réaliser ces différentes étapes. Les patients n'avaient qu'un seul essai pour chaque passage. Néanmoins, lorsque les consignes n'étaient pas entièrement respectées, nous avons tout de même accordé un second passage aux patients.

Suite au passage du test, l'évaluateur doit juger de l'exécution du mouvement en donnant un score allant de 0 à 4 : 0= le patient a été totalement autonome ; 1= le patient a eu des difficultés et est hésitant ; 2= le patient nécessite une aide extérieure pour se lever ; 3= le patient nécessite

une aide pour maintenir les positions ; 4= le patient est totalement dépendant. Il doit aussi mesurer le temps nécessaire pour réaliser ces 5 étapes à l'aide d'un chronomètre.

*Figure 6 : Global Mobility Task (GMT) : les cinq étapes. (A) Position de départ. (B) Première étape. (C) Deuxième étape. (D) Troisième étape. (E) Quatrième étape. (F) Cinquième étape et position finale (Peppe, Ranaldi, et al., 2007)*



Enfin, le changement observé sur la qualité de vie représente notre troisième et dernier critère d'évaluation. Elle est évaluée par le questionnaire « Parkinson's Disease Questionnaire » (PDQ-39). Le PDQ-39 (annexe 2) est constitué de 39 items fournissant 8 scores spécifiques (mobilité, activités de la vie quotidienne, bien-être affectif, gêne psychologique, soutien social, troubles cognitifs, communication, inconfort physique) moyennés sur un score global (Auquier et al., 2002). Il a été demandé aux patients de répondre à ces 39 questions.

#### **4.4.Intervention**

Le groupe contrôle a reçu une rééducation traditionnelle en balnéothérapie comprenant un travail de renforcement moteur à intensité légère et un temps de relaxation. Quant au groupe expérimental, une rééducation avec un programme en dos crawlé, impliquant un renforcement moteur et une flexibilité du tronc, lui a été proposée. Les exercices en dos crawlé étaient destinés à renforcer les muscles « ouvreurs » du corps, tels que les muscles extenseurs paravertébraux, et consistaient en des séries relativement intensives de mouvements alternatifs rapides, permis grâce à la répétition des mouvements de la natation en dos crawlé, dans les lesquels on oppose la résistance de l'eau. L'objectif est d'arriver à une sensation nette de fatigue physique musculaire à la fin des séances du programme expérimental car il a été prouvé que cette sensation permettait de stimuler l'excitabilité corticale déficitaire dans la maladie de Parkinson (Gracies, 2010). À la suite de ces 5 semaines, un livret sur les éducatifs de la natation en dos crawlé (annexe 3) que j'ai personnellement réalisé a été transmis aux patients des deux groupes. Les patients du groupe expérimental pourront s'en servir afin de se rappeler des éducatifs travaillés en séance alors que les patients du groupe pourront utiliser ce livret dans le but de bénéficier tout de même par la suite des possibles bienfaits du dos crawlé sur leurs symptômes moteurs et non-moteurs.

Ces deux programmes ont donc été effectués en balnéothérapie. La natation en dos crawlé était réalisée sous forme d'allers et retours dans le bassin. La piscine de la balnéothérapie mesurait 4 mètres de largeur, 6 mètres de longueur et 1,40 mètre de profondeur, et la température de l'eau était d'environ 34 degrés. La température de l'eau est importante parce que les personnes atteintes de la maladie de Parkinson sont plus à risque d'hypotension orthostatique, ce qui peut affecter leur capacité à faire des exercices dans l'eau en toute sécurité. La profondeur de la piscine est également un facteur qui doit être contrôlé parce que la pression hydrostatique accrue dans une eau plus profonde peut entraîner des problèmes respiratoires chez certains patients (Cugusi et al., 2019b).

#### **4.5.Analyse des données**

Afin d'évaluer les effets de notre intervention sur les variables mesurées, nous avons procédé à une analyse descriptive des données sur Excel en raison du faible nombre de participants présents au sein de notre étude. Des graphiques ont également été créés à l'aide du logiciel Excel et permettent ainsi d'imager les données pour chacun des 6 patients sur les 3 tests

qu'ils ont effectués. Les longueurs de pas ont été calculées en faisant le rapport de la distance, à savoir 20 mètres, sur le nombre de pas réalisés par les patients sur chacun des passages. Ces longueurs de pas correspondent donc à l'amplitude moyenne des pas des patients sur chaque passage. De même, la vitesse de marche a été calculée en faisant le rapport de la distance sur le temps effectué sur chacun des passages.

Néanmoins, si nous avions eu suffisamment de participants dans cette étude, nous aurions réalisé un test à deux échantillons indépendants. Si les conditions d'application avaient été respectées, c'est-à-dire si les données suivaient une loi normale, si elles étaient mesurées sur une échelle d'intervalle ainsi que si les variances étaient homogènes, alors nous aurions utilisé un test paramétrique de Student à deux échantillons indépendants. Dans le cas inverse, si une des conditions n'avait pas été respectée, nous aurions alors utilisé le test de Mann-Whitney. La normalité serait évaluée avec le test de Shapiro Wilk et l'homogénéité avec le test de Levene's. Dans les deux cas, le seuil de significativité statistique aurait été fixé à  $p < 0,05$ .

## **5. Résultats**

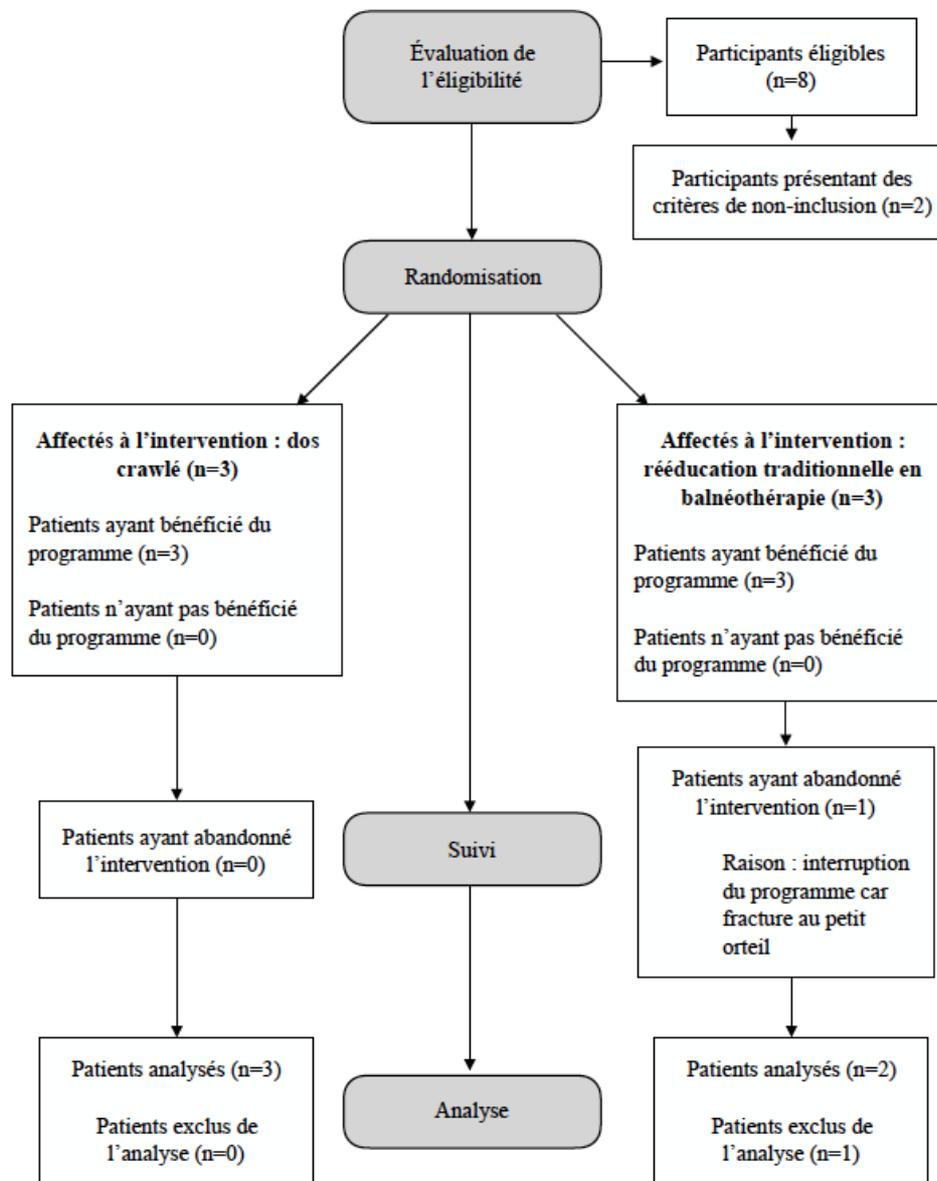
Nous avons cherché à comparer les résultats des différentes variables mesurées à S1 (avant) et à S5 (après) d'un programme de cinq semaines pour les deux groupes de patients. Le traitement des résultats a été effectué par une analyse descriptive des données sur Excel. Puis, chaque analyse sera éclairée à l'aide de graphiques réalisés pour chaque test également avec Excel.

### **5.1. Population**

#### ***5.1.1. Participation***

Au total, 8 patients étaient potentiellement éligibles et avaient donné leur accord de participation. Malheureusement, deux patients présentaient des troubles vésico-sphinctériens faisant partis des critères de non-inclusion. Cette étude était donc composée de 6 patients avec 3 patients dans le groupe contrôle et 3 patients dans le groupe expérimental qui ont été randomisés. Par ailleurs, une patiente du groupe du contrôle s'est blessée lors de la troisième séance. L'analyse des résultats ne traitera donc pas les données de cette personne. Les patients 1, 2 et 3 font partie du groupe expérimental et les patients 4 et 5 forment le groupe contrôle. Le flux de l'étude est détaillé dans la figure 7.

Figure 7 : Flux de la population de l'étude



### 5.1.2. Caractéristiques démographiques

Cette étude compte 5 patients, dont 3 inclus dans le groupe expérimental et 2 dans le groupe contrôle.

Concernant le sexe de la population choisie, cette étude ne compte qu'un seul homme et il fait partie du groupe expérimental. Tous les autres patients sont des femmes. Leur âge se situe entre 58 et 74 ans, leur poids entre 40 et 68kg, et leur taille entre 153 et 172cm. Deux des patients ont été diagnostiqués de la maladie de Parkinson depuis 11 et 10 ans, et trois autres ont été

informés de leur maladie par un neurologue il y a 5, 3 et 2 ans. Concernant les stades de leur maladie, les patients se situent tous dans le stade 1,5 ou 2 sur l'échelle Hoehn et Yahr présente en annexe. À propos des types d'activités réalisés et de la fréquence de ces derniers, les patients 1 et 3 effectuent 15 heures de pratique d'activité physique par semaine et leurs activités sont variées. Le patient 4 effectue également des activités variées et sa fréquence est de 8 heures d'activité physique par semaine. Quant aux patients 2 et 5, le premier comptabilise 3 heures d'activité par semaine et n'effectue que du renforcement musculaire et le patient 5 n'effectue aucune activité.

	<b>Patient 1</b>	<b>Patient 2</b>	<b>Patient 3</b>	<b>Patient 4</b>	<b>Patient 5</b>
<b>Sexe (H/F)</b>	F	F	H	F	F
<b>Âge (années)</b>	68	61	74	58	64
<b>Poids (kg)</b>	40	52	68	53	48
<b>Taille (cm)</b>	153	158	172	163	155
<b>Délai post-diagnostic (années)</b>	5	10	2	3	11
<b>Stade de la maladie (score H&amp;Y)</b>	1,5	2	1,5	2	2
<b>Type d'activité(s) physiques en dehors</b>	Renforcement musculaire, vélo, marche, étirements, stretching postural, yoga	Renforcement musculaire	Marche nordique, vélo, renforcement musculaire fonctionnel, yoga, natation	Marche nordique, sophrologie, aquagym, vélo, renforcement musculaire	Aucune activité
<b>Fréquence de l'activité physique en dehors (h/semaine)</b>	15	3	15	8	0

*Tableau 2 : Caractéristiques démographiques de la population étudiée*

## **5.2. Longueur de pas lors de la marche**

En ce qui concerne l'évaluation de la longueur de pas lors de la marche, nous avons utilisé le test de marche AT20.

### **5.2.1. Vitesse de confort**

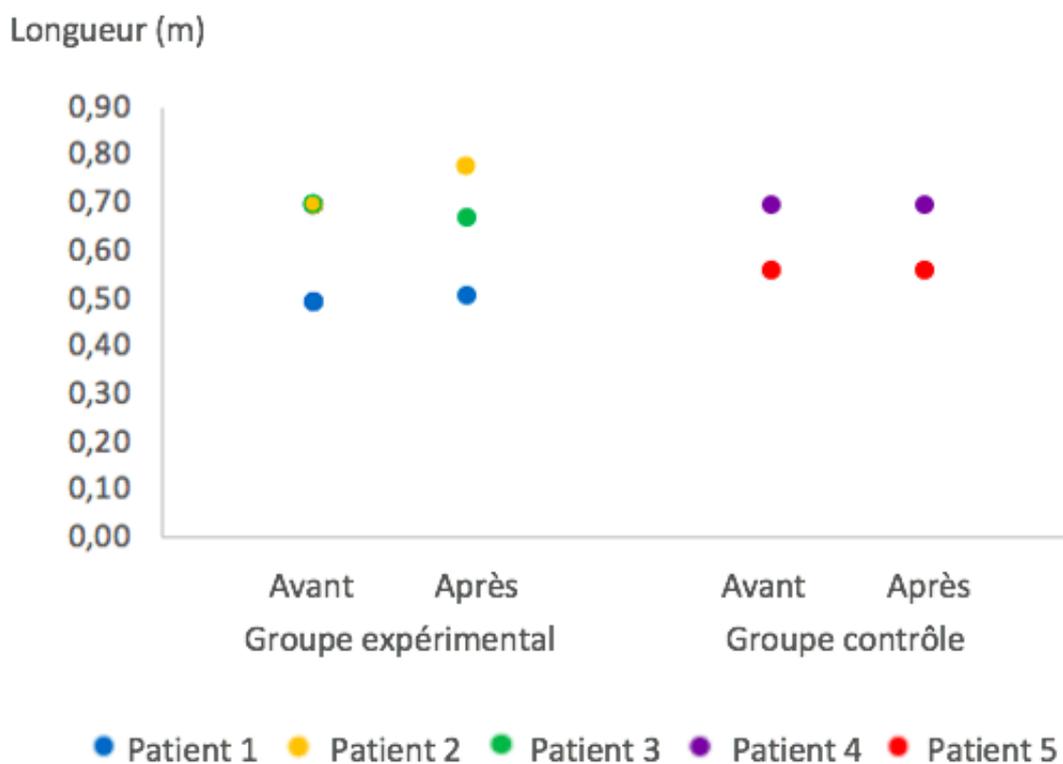
Les résultats individuels concernant la longueur de pas lors de la marche à vitesse de confort avant et après prise en charge pour les deux groupes sont illustrés sur la figure 8 ci-dessous.

Concernant les comparaisons intra-individuelles, d'une part, à la suite des 5 semaines du programme en dos crawlé effectué dans le groupe expérimental, les patients 1 et 2, représentés par les points bleus et oranges, ont augmenté leur longueur de pas à vitesse confortable de 1 et

8% alors que le patient 3, représenté par le point vert, a observé une diminution de 2%. D'autre part, nous remarquons que la longueur du pas lors de la marche à vitesse de confort reste inchangée pour les patients issus du groupe contrôle, représentés en points rouges et violets, entre l'évaluation initiale et finale.

Concernant les comparaisons intergroupes, le groupe expérimental et le groupe contrôle présentent des valeurs très proches.

*Figure 8 : Longueur de pas lors de la marche à vitesse confortable sur 20 mètres, avant et après la prise en charge, pour le groupe expérimental et le groupe contrôle*



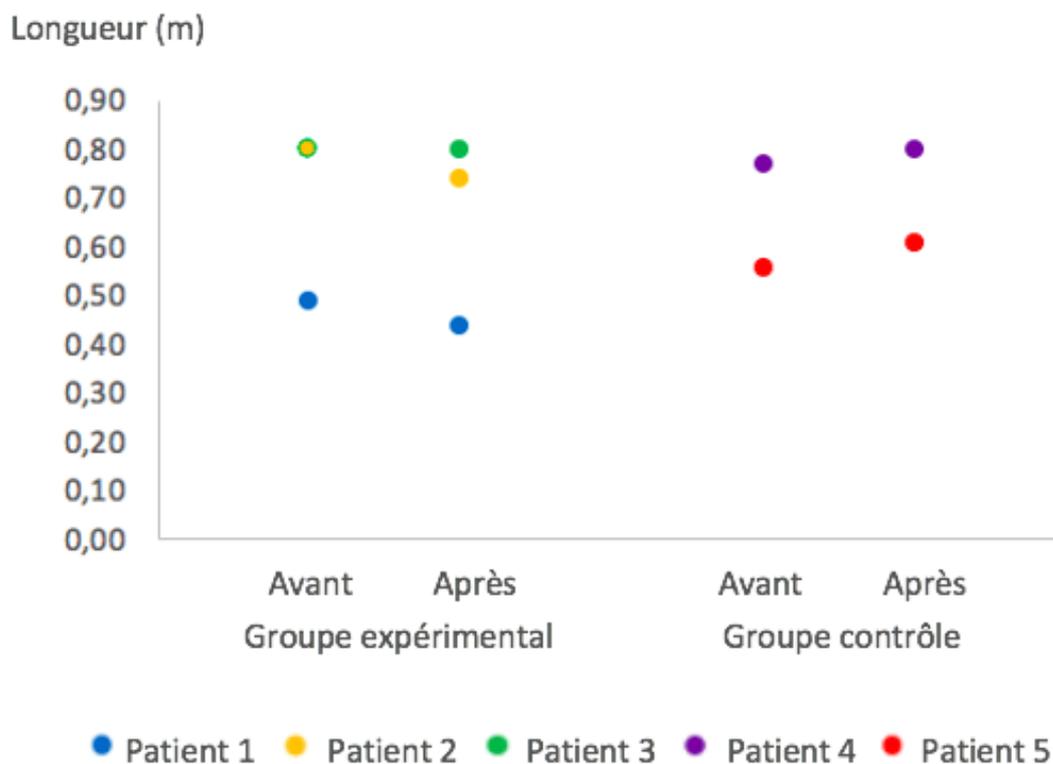
### 5.2.2. Vitesse rapide

Les résultats individuels concernant la longueur de pas lors de la marche à vitesse rapide avant et après prise en charge pour les deux groupes sont illustrés sur la figure 9 ci-dessous. Concernant les comparaisons intra-individuelles, d'une part, à la suite des 5 semaines du programme en dos crawlé effectué dans le groupe expérimental, les patients 1 et 2 ont diminué leur longueur de pas à vitesse rapide de 5 et 6% alors que la longueur de pas du patient 3 reste inchangée entre l'évaluation initiale et l'évaluation finale. D'autre part, nous remarquons que

les patients 4 et 5 du groupe contrôle ont augmenté leur longueur de pas lors de la marche à vitesse rapide de 3 et 5%.

Concernant les comparaisons intergroupes, ici encore, le groupe expérimental et le groupe contrôle présentent des valeurs très proches.

*Figure 9 : Longueur de pas lors de la marche à vitesse rapide sur 20 mètres, avant et après la prise en charge, pour le groupe expérimental et le groupe contrôle*

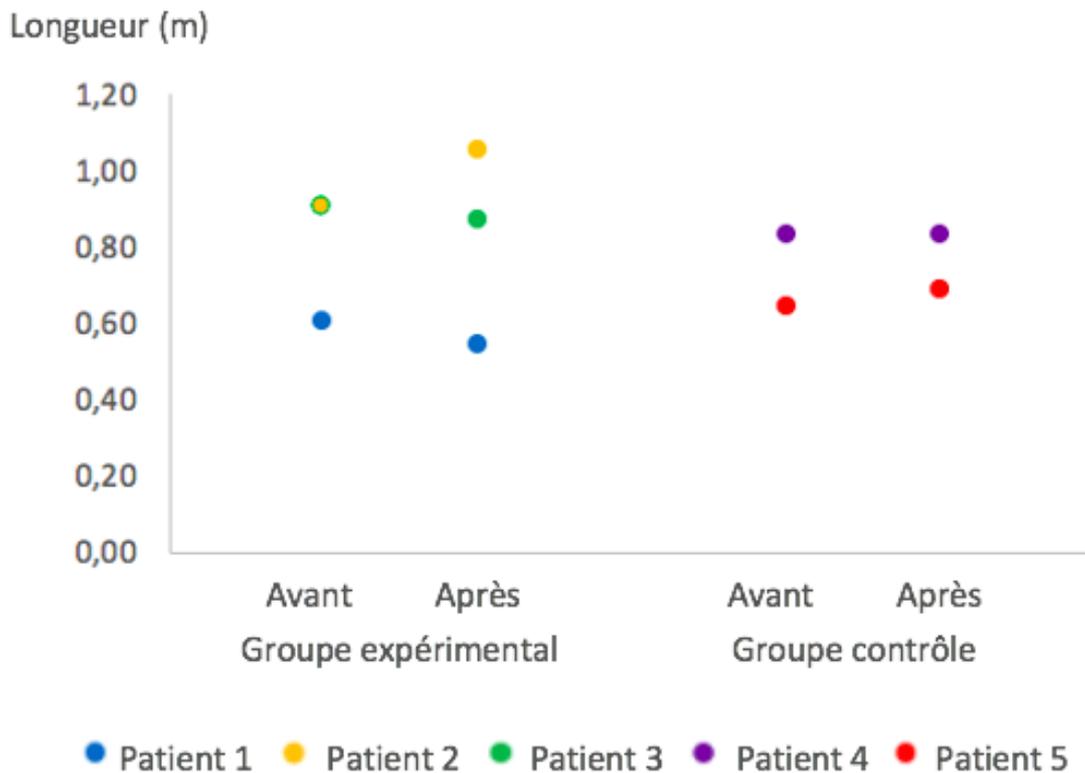


### 5.2.3. Marche à grands pas

Les résultats individuels concernant la longueur de pas lors de la marche à grands pas avant et après prise en charge pour les deux groupes sont illustrés sur la figure 10 ci-dessous. Concernant les comparaisons intra-individuelles, d'une part, à la suite des 5 semaines du programme en dos crawlé effectué dans le groupe expérimental, le patient 2 a augmenté de 14% sa longueur de pas lors de la marche à grands pas, alors que les patients 1 et 3 ont diminué la leur de 7 et 4%. D'autre part, nous remarquons que dans le groupe contrôle, le patient 4 n'observe aucun changement entre sa longueur de pas avant et après prise en charge, alors que le patient 5 a augmenté la sienne de 4%.

Concernant les comparaisons intergroupes, le groupe expérimental et le groupe contrôle présentent des valeurs très proches.

*Figure 10 : Longueur de pas lors de la marche à grands pas sur 20 mètres, avant et après la prise en charge, pour le groupe expérimental et le groupe contrôle*



### 5.3.Vitesse de marche

#### 5.3.1. Vitesse de confort

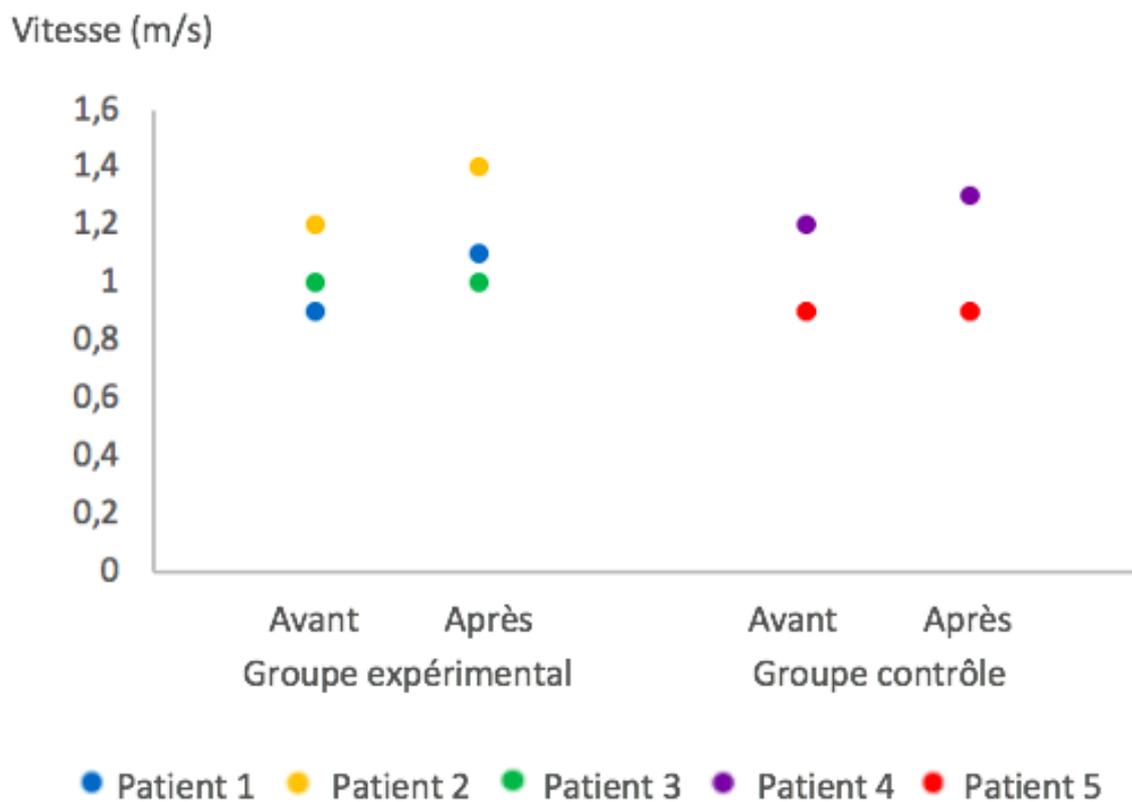
Les résultats individuels concernant la vitesse de marche lors de la marche à vitesse de confort avant et après prise en charge pour les deux groupes sont illustrés sur la figure 11 ci-dessous.

Concernant les comparaisons intra-individuelles, d'une part, à la suite des 5 semaines du programme en dos crawlé effectué dans le groupe expérimental, les patients 1 et 2 ont augmenté de 20% leur vitesse de marche lors de la marche à vitesse de confort, alors que les patients 3 n'a observé aucune différence dans sa vitesse de marche entre avant et après la prise en charge.

D'autre part, nous remarquons que dans le groupe contrôle, le patient 4 a augmenté de 10% sa vitesse de marche alors que le patient 5 n'a observé aucun changement entre avant et après la prise en charge.

Concernant les comparaisons intergroupes, comme pour la longueur de pas, le groupe expérimental et le groupe contrôle présentent des valeurs très proches.

*Figure 11 : Vitesse de marche lors de la marche à vitesse de confort sur 20 mètres, avant et après la prise en charge, pour le groupe expérimental et le groupe contrôle*



### 5.3.2. Vitesse rapide

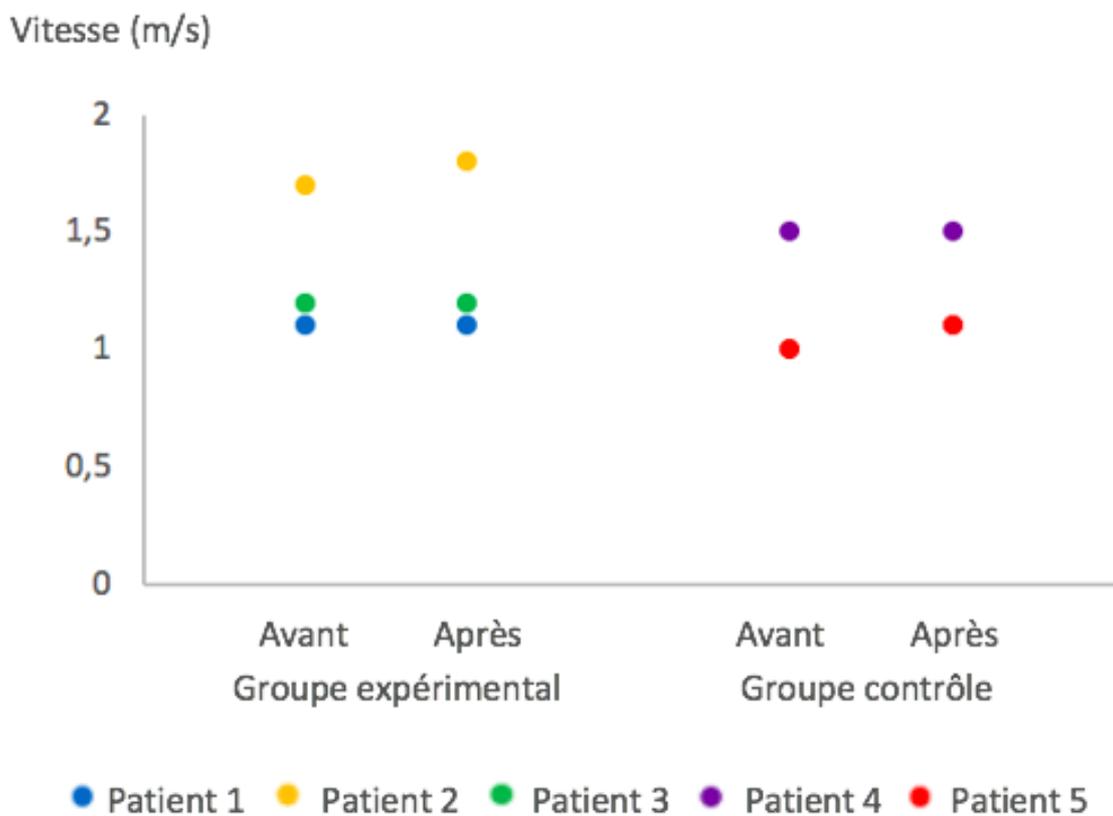
Les résultats individuels concernant la vitesse de marche lors de la marche à vitesse rapide avant et après prise en charge pour les deux groupes sont illustrés sur la figure 12 ci-dessous.

Concernant les comparaisons intra-individuelles, d'une part, à la suite des 5 semaines du programme en dos crawlé effectué dans le groupe expérimental, le patient 2 a augmenté de 10% sa vitesse de marche à allure rapide, alors que les patients 1 et 3 n'ont observé aucune différence

dans leur vitesse avant et après la prise en charge. D'autre part, nous remarquons que dans le groupe contrôle, le patient 5 a augmenté de 10% sa vitesse de marche alors que le patient 4 n'a observé aucun changement entre avant et après la prise en charge.

Concernant les comparaisons intergroupes, les valeurs des deux groupes sont encore très proches.

*Figure 12 : Vitesse de marche lors de la marche à vitesse rapide sur 20 mètres, avant et après la prise en charge, pour le groupe expérimental et le groupe contrôle*



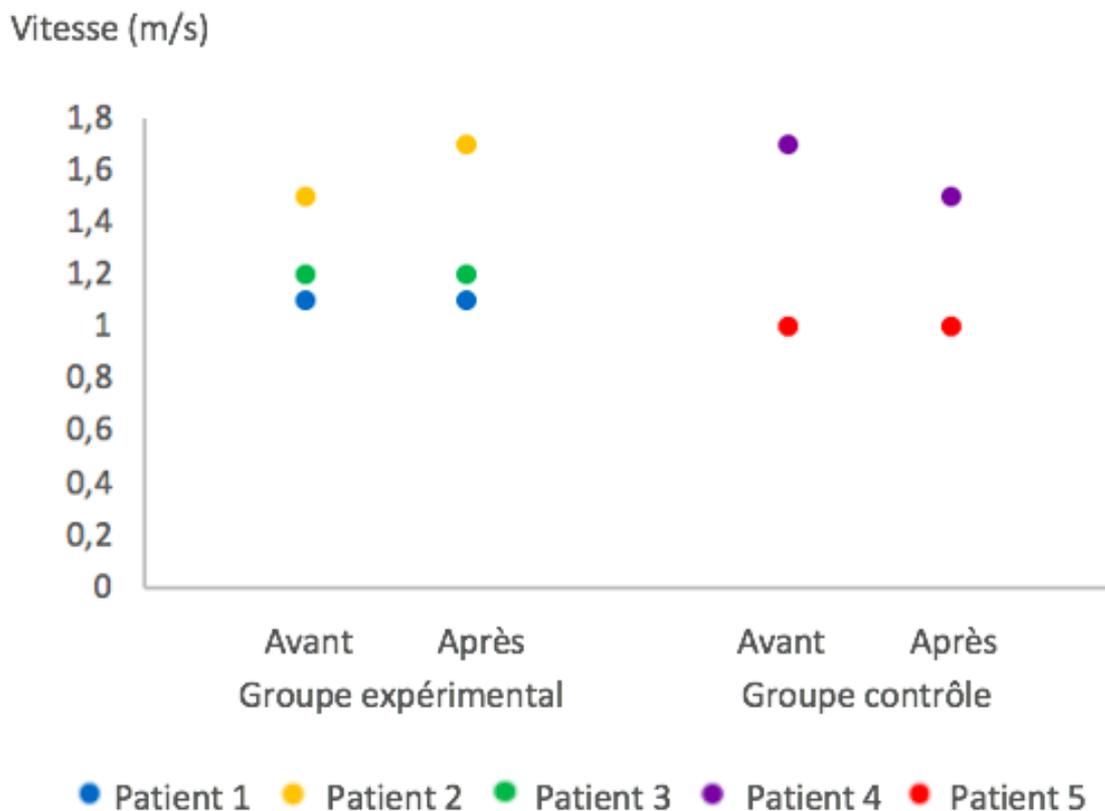
### 5.3.3. Marche à grands pas

Les résultats individuels concernant la longueur de pas lors de la marche à grands pas avant et après prise en charge pour les deux groupes sont illustrés sur la figure 13 ci-dessous. Concernant les comparaisons intra-individuelles, d'une part, à la suite des 5 semaines du programme en dos crawlé effectué dans le groupe expérimental, le patient 2 a augmenté de 20% sa vitesse de marche à grands pas, alors que les patients 1 et 3 n'ont observé aucune différence dans leur vitesse lors de la marche à grands pas avant et après la prise en charge. D'autre part, nous remarquons que dans le groupe contrôle, le patient 4 a diminué de 20% sa vitesse de

marche alors que le patient 5 n'a observé aucun changement entre avant et après la prise en charge.

Concernant les comparaisons intergroupes, les valeurs des deux groupes sont encore très proches.

*Figure 13 : Vitesse de marche lors de la marche à grands pas sur 20 mètres, avant et après la prise en charge, pour le groupe expérimental et le groupe contrôle*



#### 5.4.Relevé du sol (mobilité fonctionnelle)

Afin d'évaluer les changements sur la qualité de vie, nous avons utilisé le test de relevé du sol « Global Mobility Task » (GMT).

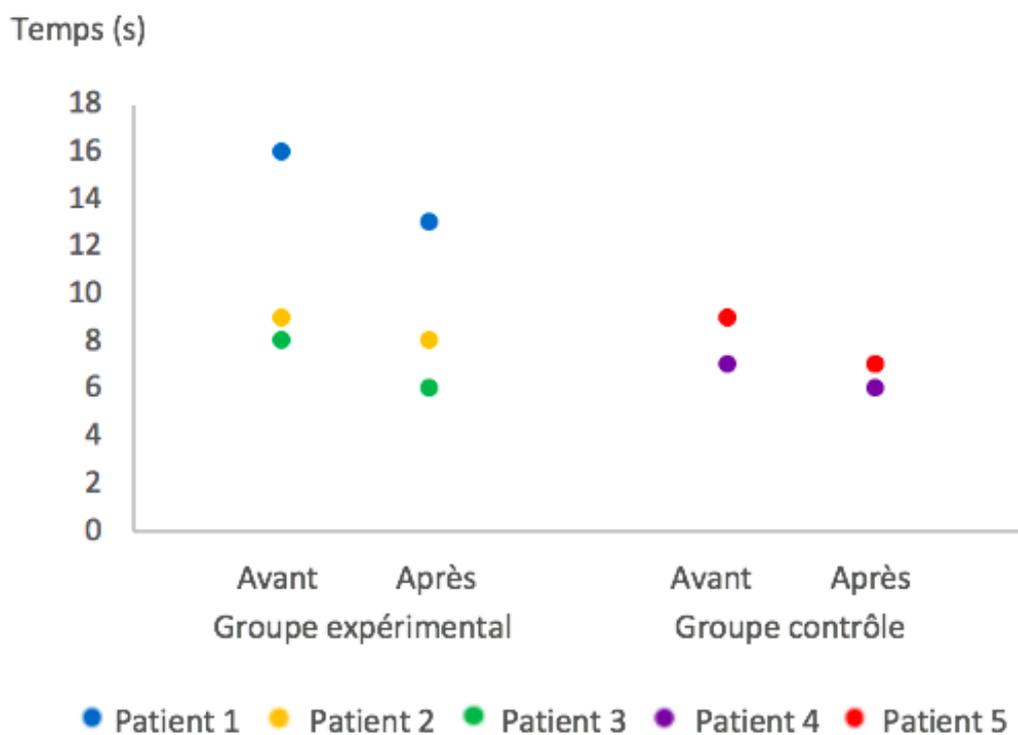
Les résultats individuels concernant le temps d'exécution du relevé du sol avant et après prise en charge pour les deux groupes sont illustrés sur la figure 14 ci-dessous.

Concernant les comparaisons intra-individuelles, d'une part, à la suite des 5 semaines du programme en dos crawlé effectué dans le groupe expérimental, tous les patients ont réduit leur

temps d'exécution du relevé du sol, le patient 1 a amélioré son temps de 3 secondes, le patient 2 de 1 seconde et le patient 3 de 2 secondes. D'autre part, nous remarquons que dans le groupe contrôle, les deux patients ont également réduit leur temps d'exécution avec une amélioration de 1 seconde pour le patient 4 et de 2 secondes pour le patient 5.

Concernant les comparaisons intergroupes, les valeurs des deux groupes sont encore trop proches pour juger d'une différence significative.

*Figure 14 : Temps d'exécution du relevé du sol, avant et après la prise en charge, pour le groupe expérimental et le groupe contrôle*



### 5.5. Qualité de vie

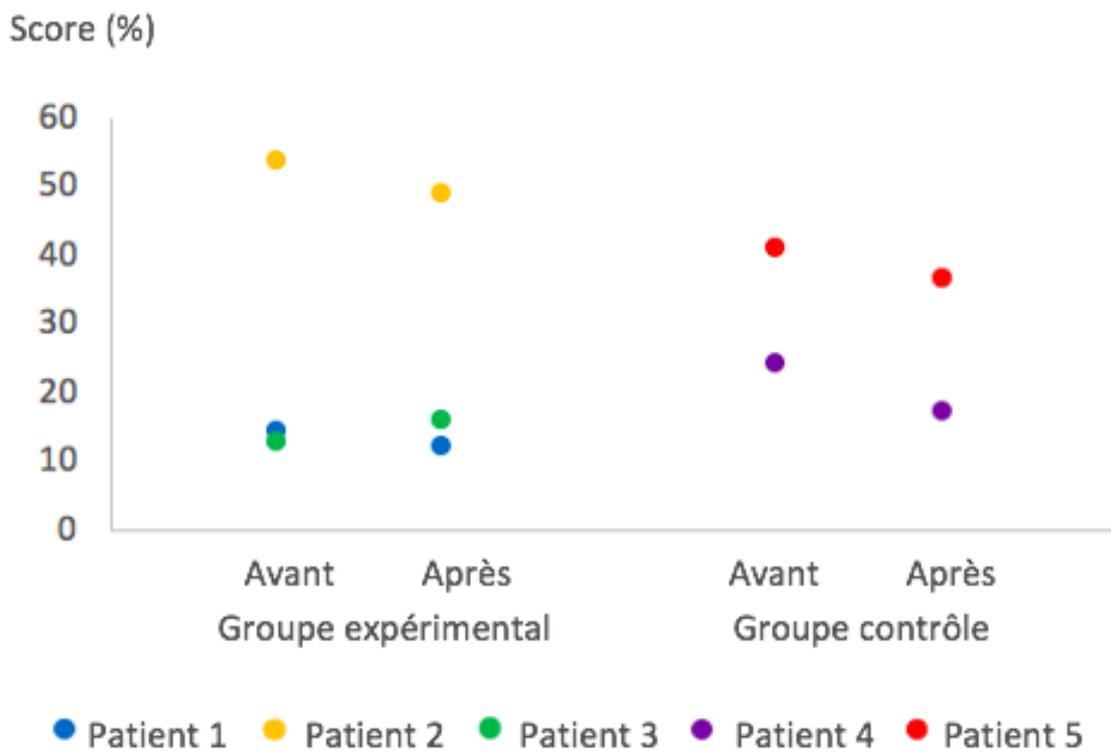
Afin d'évaluer les changements sur la qualité de vie, nous avons utilisé le questionnaire Parkinson's Disease Questionnaire 39 (PDQ-39).

Les résultats individuels concernant le score global obtenu grâce au questionnaire du PDQ-39 avant et après prise en charge pour les deux groupes sont illustrés sur la figure 15 ci-dessous.

Concernant les comparaisons intra-individuelles, d'une part, à la suite des 5 semaines du programme en dos crawlé effectué dans le groupe expérimental, les patients 1 et 2 ont diminué leur score global de 2 et 5%, alors que le patient 3 a augmenté son score global de 3%. D'autre part, nous remarquons que les deux patients du groupe contrôle ont tous les deux réduits leur score global avec une amélioration de 7% pour le patient 4 et de 5% pour le patient 5.

Concernant les comparaisons intergroupes, les valeurs des deux groupes sont encore trop proches pour juger d'une différence significative.

*Figure 15 : Scores globaux du « Parkinson's Disease Questionnaire 39 », avant et après la prise en charge, pour le groupe expérimental et le groupe contrôle*



## 6. Discussion

La maladie de Parkinson est une source majeure et fréquente de handicap en raison de ses troubles moteurs et non-moteurs. Parmi eux, les troubles de la marche et de la posture y sont très présents. Cette étude s'intéresse particulièrement au symptôme de l'hypométrie lors de la marche se caractérisant par une réduction de l'amplitude du pas lors de la marche ainsi qu'au symptôme de cette posture voûtée vers l'avant, caractéristique de la maladie de Parkinson. L'objectif de ce travail de recherche était d'évaluer les effets d'une activité physique impliquant un renforcement moteur ainsi qu'une flexibilité du tronc, telle que le dos crawlé, sur la longueur de pas lors de la marche chez des patients atteints de la maladie de Parkinson idiopathique.

Les interprétations des résultats pour notre variable principale, la longueur de pas, ainsi que pour notre première variable secondaire ne sont pas simples en raison de certains résultats incohérents.

Tout d'abord, intéressons-nous aux résultats observés sur la longueur du pas. À vitesse confortable, deux patients du groupe expérimental ont amélioré leur longueur de pas (1 et 8%) et un patient a réduit cette dernière (2%) alors que les patients du groupe contrôle n'ont pas observé de différences entre l'avant et l'après la prise en charge. À vitesse rapide, deux patients du groupe expérimental ont diminué leur longueur de pas (5 et 6%) et un patient n'a pas changé cette dernière tandis que les patients du groupe contrôle ont amélioré ce paramètre (3 et 5%). Enfin, lors de la marche à grands pas, deux patients du groupe expérimental ont diminué leur longueur de pas (7 et 4%) et un patient a augmenté cette dernière (14%) alors qu'un des patients du groupe contrôle n'a pas changé de longueur de pas et l'autre patient a augmenté la sienne (4%).

Puis, observons les résultats obtenus pour la vitesse de marche. À vitesse confortable, deux patients du groupe expérimental ont augmenté leur vitesse (20%) et un patient n'a pas observé de changement entre le début et la fin de prise en charge tandis qu'un des patients du groupe contrôle a augmenté sa vitesse de marche (10%) mais l'autre patient n'a pas changé cette dernière. À vitesse rapide, un seul patient du groupe expérimental a augmenté sa vitesse de marche et les deux autres n'ont observé aucun changement et, de la même manière dans le groupe contrôle, un des patients a augmenté sa vitesse de marche (10%) et l'autre n'a pas observé de changement sur cette dernière. Enfin, lors de la marche à grands pas, dans le groupe expérimental, un patient a augmenté sa vitesse de marche (20%) mais les deux autres n'ont pas

observé de différence entre l'avant et l'après prise en charge alors que les deux patients du groupe contrôle ont diminué (20%) ou n'ont pas changé leur vitesse de marche.

Comme annoncé précédemment les résultats sont très discordants sûrement en raison des nombreuses limites que nous détaillerons par la suite. Néanmoins, nous pouvons supposer quelques hypothèses pour certaines améliorations retrouvées dans le groupe expérimental et non dans le groupe contrôle. En effet, le programme en dos crawlé impliquait plusieurs répétitions d'une même séquence motrice et l'entraînement d'une séquence motrice par répétition a été démontré efficace chez le sujet parkinsonien comme le soulignent Soliveri (1992) et Platz (1998). En effet, un entraînement impliquant plusieurs répétitions d'une tâche dirigée vers une cible avec le membre supérieur (120 répétitions sur 2 jours) a permis des améliorations chez le sujet parkinsonien, similaires à celles obtenues chez le sujet sain (Soliveri et al., 1992)(E. A. Platz et al., 1998). Puis, la natation en dos crawlé permet un renforcement moteur ciblé sur les muscles ouvreurs du corps, extenseurs et rotateurs externes, et ce renforcement doit permettre de restaurer une meilleure posture et en général une meilleure fonction motrice chez les patients parkinsoniens à un stade modéré comme le soutient le professeur Gracies (Gracies, 2010).

Enfin, pour expliquer certaines améliorations observées à la fois dans le groupe expérimental et le groupe contrôle, les séances ont été réalisées en groupe dans les deux programmes et cette pratique en groupe permet l'augmentation de l'excitabilité corticale et améliore la performance motrice pendant les séances de rééducation comme le démontre le professeur Gracies (Gracies, 2010).

Par ailleurs, les résultats concernant les changements observés sur notre deuxième variable secondaire, la capacité à se relever du sol, ainsi que sur notre troisième variable secondaire, la qualité de vie, ont démontré une amélioration du temps similaire chez les patients des deux groupes. En effet, la réduction du temps d'exécution du relevé du sol allait de 3 à 1 seconde. Ces résultats obtenus à la suite des deux programmes (dos crawlé et rééducation traditionnelle) sont donc soutenus par ceux de Cugusi et coll. (2019) ayant démontré les bienfaits des exercices aquatiques sur la mobilité fonctionnelle des patients atteints de la maladie de Parkinson en raison des caractéristiques hydrostatiques et hydrodynamiques de l'environnement aquatique (Cugusi et al., 2019a). Aussi, nos résultats sont confirmés par ceux de Hall et coll. (2008) affirmant que la flottabilité de l'eau permet de décharger la charge et la chaleur est associée à une diminution de la douleur et de la rigidité (Hall et al., 2008). Enfin, tous les patients ont amélioré leur score global du questionnaire PDQ-39. Les patients du groupe

contrôle ont une amélioration de leur score global (7 et 5%) légèrement supérieure à l'amélioration observée dans le groupe expérimental (2, 3, 5%). Ces résultats sont soutenus par ceux du professeur Gracies (2010) soulignant que des thérapies en groupe pourraient faciliter la socialisation et augmenter la motivation (Gracies, 2010). Ils sont aussi confirmés par Pérez de la Cruz (2017) affirmant que l'environnement aquatique est ludique et agréable (Pérez de la Cruz, 2017). De plus, de nombreux feedbacks positifs ont été tenus par les patients des deux groupes confondus. Cependant, nous ne pouvons pas conclure d'une différence significative entre les deux programmes sur cette variable.

Cependant, malgré la pertinence du sujet, la comparaison des deux protocoles est difficile et les résultats ne sont pas significatifs en raison de nombreuses limites méthodologiques. Tout d'abord, la population étudiée était composée de 5 patients dont 3 patients se trouvant dans un groupe et 2 dans l'autre. La puissance de notre analyse est donc très limitée et une étude avec de si petits effectifs pose la question du niveau de preuves apportées par les résultats (Vray et al., 2004). Le faible nombre de patients pourrait avoir comme conséquence de ne pas mettre en valeur une différence d'efficacité entre les deux programmes alors qu'il peut réellement en exister une. Une hétérogénéité des groupes est également présente. En effet, le groupe contrôle n'est composé que de femmes alors qu'un homme est présent dans le groupe expérimental. Aussi, les âges sont plus élevés dans le groupe expérimental (74, 68, 61) que dans le groupe contrôle (64, 58). Enfin, les patients du groupe expérimental ont une fréquence de pratique d'activités physiques plus élevée (15, 15 et 3 heures) que celle des patients du groupe contrôle (8 et aucune heure). Ces variabilités entre les profils des patients pourraient biaiser la comparaison des deux programmes.

De plus, les deux programmes (dos crawlé et rééducation traditionnelle) ne comprenaient qu'une séance de 30 minutes par semaine. Or cela est très peu et ne correspond pas avec les recommandations en termes d'activité physique pour la maladie de Parkinson comme le souligne Gracies (2010) et Kim et coll. (2019). En effet, concernant les activités en aérobic, la fréquence des séances varie entre 3 et 5 jours par semaine et devrait généralement commencer par 3 jours et progresser vers 5 jours au fil du temps. Pour les exercices de résistance, la fréquence des séances varie entre 2 et 3 jours par semaine (Kim et al., 2019).

Ensuite, les évaluations finales ont été réalisées à la suite de la dernière séance pour les deux groupes. Or, Fisher et coll. (2008) ont comparé les effets d'une séance aérobic à basse intensité et une séance à haute intensité sur tapis roulant et ont observé une amélioration immédiate sur la vitesse de marche et la longueur de pas à vitesse confortable et rapide à la suite du programme

à haute intensité (Fisher et al., 2008). Gracies (2010) confirme cela en annonçant que l'activité à haute intensité permet des effets fonctionnels moteurs immédiats (Gracies, 2010). Nos résultats pourraient alors être biaisés.

Enfin, comme pour toute étude dans le domaine de la rééducation, il est complexe de créer un groupe contrôle. En effet, contrairement à une étude portant sur un médicament, où la comparaison avec un placebo peut être plus simple, il n'existe pas de tels équivalents pour un entraînement physique. Dans cette étude, le choix fait pour le groupe contrôle a été d'effectuer un programme de rééducation traditionnelle en balnéothérapie avec du renforcement moteur à intensité légère à modérée associée à un temps de relaxation afin de comparer les effets entre les deux programmes et ainsi observer si l'entraînement en dos crawlé, impliquant un renforcement moteur intensif et une flexibilité du tronc, apporte un avantage par rapport à une rééducation traditionnelle en balnéothérapie sur la longueur de pas lors de la marche. Cependant, il est à noter que le renforcement moteur, même s'il est réalisé à différente intensité, et les propriétés de l'eau sont présentes dans les deux programmes.

Pour conclure cette discussion, dans le cas où l'étude avait permis d'observer des effets significatifs, il est important de prendre en compte les deux affirmations suivantes. Premièrement, les évaluations ont demandé une attention accrue pour les patients participant à l'étude. En effet, à l'inverse d'autres affections neurologiques du mouvement, les patients atteints de la maladie de Parkinson améliorent nettement la réalisation d'une tâche motrice dès lors qu'ils augmentent leur attention vis-à-vis de celle-ci (M. E. Morris et al., 1996). Les résultats des évaluations peuvent donc être surestimés par rapport à l'état réel du patient donc il est important d'observer les patients lorsqu'ils ne sont pas en condition d'évaluation même si cela ne permet pas d'obtenir des données quantifiables. Puis, deuxièmement, les effets les plus longs des traitements physiques sur la maladie de Parkinson ne dépassent pas deux mois après la fin d'un programme. Il y a donc une faible persistance des effets des programmes de rééducation ce qui signifie que ces derniers doivent probablement être continués sur le long terme, ou au moins être répétés fréquemment pour que les bénéfices obtenus puissent être maintenus voire renforcés au cours du temps (Gracies, 2010). Ici, il est important de noter la nécessité d'informer les patients sur le fait que l'exercice physique est à poursuivre même à la suite des protocoles d'études scientifiques. Toutefois, concernant les patients des deux groupes présents dans cette étude, de nombreux feedbacks positifs (annexe 4) ont été tenus par ces derniers à la fin de ces 5 semaines. Cela laisse présager des éléments encourageants quant à leur poursuite d'activité physique par la suite.

## 7. Conclusion

L'objectif de ce travail de recherche était d'évaluer les effets d'une activité physique impliquant un renforcement moteur ainsi qu'une flexibilité du tronc, telle que le dos crawlé, sur la longueur de pas lors de la marche chez des patients atteints de la maladie de Parkinson idiopathique. Malheureusement, les résultats de cette étude ne permettent pas de démontrer l'efficacité du programme en dos crawlé par rapport à une rééducation traditionnelle en balnéothérapie en raison des nombreuses limites méthodologiques rencontrées. Néanmoins, il est certain que l'idée d'utiliser une activité physique impliquant un renforcement moteur et une flexibilité du tronc dans la prise en charge de la maladie de Parkinson doit être testée. En effet, Viliani et coll. (1999) ont démontré que les limitations musculaires et d'amplitude contribuent à la réduction de la capacité à se tenir debout, et que la récupération de la mobilité du tronc et du bassin était un outil utile pour prévenir les conséquences handicapantes de la maladie de Parkinson (Viliani et al., 1999). Un programme de mobilisations actives du tronc et des membres, notamment destiné à améliorer la flexibilité du tronc, pourrait donc améliorer la qualité de marche. Aussi, une étude suppose que la résistance de l'eau pourrait maximiser l'extension du tronc (Kaneda et al., 2007). Puis, l'utilisation de la natation en dos crawlé comme traitement thérapeutique paraît très pertinente car le dos crawlé est associé à un mouvement dit angulaire ou de torsion du haut du corps, en nageant avec des mouvements alternés des membres, ce qui revient à cette notion de flexibilité du tronc. La natation est également une somme de petites tâches se définissant comme une activité automatique (Neves et al., 2020). Elle permettrait donc de travailler sur l'automatisme du mouvement qui est altérée dans la maladie de Parkinson et corrélée avec la pathophysiologie de l'hypométrie lors de la marche.

Des études futures sont donc nécessaires et doivent prendre en compte toutes les limites de notre méthodologie afin d'élargir nos connaissances sur les effets d'une activité physique telle que le dos crawlé sur la flexibilité du tronc et de ce fait, sur l'hypométrie lors de la marche en mettant en lien ces deux troubles de la maladie de Parkinson. Il serait également pertinent d'inclure dans les prochaines études sur le sujet un test évaluant la mobilité du tronc dans le but de favoriser cette corrélation entre la mobilité du tronc et l'hypométrie lors de la marche.

## 8. Références bibliographiques

- Annesi, J. (2019). Effects of a Group Protocol on Physical Activity and Associated Changes in Mood and Health Locus of Control in Adults with Parkinson Disease and Reduced Mobility. *The Permanente Journal*. <https://doi.org/10.7812/TPP/18-128>
- Antony, P. M. A., Diederich, N. J., Krüger, R., & Balling, R. (2013). The hallmarks of Parkinson's disease. *FEBS Journal*, 280(23), 5981-5993. <https://doi.org/10.1111/febs.12335>
- Artigas, N. R., Franco, C., Leão, P., & Rieder, C. R. M. (2016). Postural instability and falls are more frequent in Parkinson's disease patients with worse trunk mobility. *Arquivos de Neuro-Psiquiatria*, 74(7), 519-523. <https://doi.org/10.1590/0004-282X20160074>
- Asakawa, T., Fang, H., Sugiyama, K., Nozaki, T., Kobayashi, S., Hong, Z., Suzuki, K., Mori, N., Yang, Y., Hua, F., Ding, G., Wen, G., Namba, H., & Xia, Y. (2016). Human behavioral assessments in current research of Parkinson's disease. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 68, 741-772. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2016.06.036>
- Ascherio, A., & Schwarzschild, M. A. (2016). *The epidemiology of Parkinson's disease : Risk factors and prevention*. 15, 16.
- Ashour, R., & Jankovic, J. (2006). Joint and skeletal deformities in Parkinson's disease, multiple system atrophy, and progressive supranuclear palsy. *Movement Disorders*, 21(11), 1856-1863. <https://doi.org/10.1002/mds.21058>
- Auquier, P., Sapin, C., Ziegler, M., Tison, F., Destée, A., & Dubois, B. (2002). *Validation en langue française d'un questionnaire de qualité de vie dans la maladie de Parkinson : Le Parkinson's Disease Questionnaire—PDQ-39*. 158(1), 41-50.
- Azher, S. N., & Jankovic, J. (2005). Camptocormia : Pathogenesis, classification, and response to therapy. *Neurology*, 65(3), 355-359. <https://doi.org/10.1212/01.wnl.0000171857.09079.9f>
- Baltadjieva, R., Giladi, N., Gruendlinger, L., Peretz, C., & Hausdorff, J. M. (2006). Marked alterations in the gait timing and rhythmicity of patients with *de novo* Parkinson's disease. *European Journal of Neuroscience*, 24(6), 1815-1820. <https://doi.org/10.1111/j.1460-9568.2006.05033.x>
- Behrman, A. L., Cauraugh, J. H., & Light, K. E. (2000). Practice as an intervention to improve speeded motor performance and motor learning in Parkinson's disease. *Journal of the Neurological Sciences*, 174(2), 127-136. <https://doi.org/10.1016/S0022->

- Bloch, F., Houeto, J. L., Tezenas du Montcel, S., Bonneville, F., Etchepare, F., Welter, M. L., Rivaud-Pechoux, S., Hahn-Barma, V., Maisonobe, T., Behar, C., Lazenec, J. Y., Kurys, E., Arnulf, I., Bonnet, A. M., & Agid, Y. (2006). Parkinson's disease with camptocormia. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, 77(11), 1223-1228. <https://doi.org/10.1136/jnnp.2006.087908>
- Calne, D. B., Snow, B. J., & Lee, C. (1992). Criteria for diagnosing Parkinson's disease. *Annals of Neurology*, 32(S1), S125-S127. <https://doi.org/10.1002/ana.410320721>
- Capato, T. T. da C., Tornai, J., Ávila, P., Barbosa, E. R., & Piemonte, M. E. P. (2015). Randomized controlled trial protocol : Balance training with rhythmical cues to improve and maintain balance control in Parkinson's disease. *BMC Neurology*, 15(1), 162. <https://doi.org/10.1186/s12883-015-0418-x>
- Carpenter, M. G. (2004). Postural abnormalities to multidirectional stance perturbations in Parkinson's disease. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, 75(9), 1245-1254. <https://doi.org/10.1136/jnnp.2003.021147>
- Chevutshi, A., Dengremont, B., Linsel, G., & Thevenon, A. (2007). La balnéothérapie au sein de la littérature : Propriétés de l'eau. *Kinésithérapie, la Revue*, 7(70), 14-20. [https://doi.org/10.1016/S1779-0123\(07\)70482-5](https://doi.org/10.1016/S1779-0123(07)70482-5)
- Chollet, D., Seifert, L. M., & Carter, M. (2008). Arm coordination in elite backstroke swimmers. *Journal of Sports Sciences*, 26(7), 675-682. <https://doi.org/10.1080/02640410701787791>
- Cosentino, C., Baccini, M., Putzolu, M., Ristori, D., Avanzino, L., & Pelosin, E. (2020). Effectiveness of Physiotherapy on Freezing of Gait in Parkinson's Disease : A Systematic Review and Meta-Analyses. *Movement Disorders*, 35(4), 523-536. <https://doi.org/10.1002/mds.27936>
- Cugusi, L., Manca, A., Bergamin, M., Di Blasio, A., Monticone, M., Deriu, F., & Mercurio, G. (2019a). Aquatic exercise improves motor impairments in people with Parkinson's disease, with similar or greater benefits than land-based exercise : A systematic review. *Journal of Physiotherapy*, 65(2), 65-74. <https://doi.org/10.1016/j.jphys.2019.02.003>
- Cugusi, L., Manca, A., Bergamin, M., Di Blasio, A., Monticone, M., Deriu, F., & Mercurio, G. (2019b). Aquatic exercise improves motor impairments in people with Parkinson's disease, with similar or greater benefits than land-based exercise : A systematic review. *Journal of Physiotherapy*, 65(2), 65-74. <https://doi.org/10.1016/j.jphys.2019.02.003>
- Denning, W. M., Bressel, E., Dolny, D., Bressel, M., & Seeley, M. K. (2012). A Review of

- Biophysical Differences between Aquatic and Land-Based Exercise. *International Journal of Aquatic Research and Education*, 6(1).  
<https://doi.org/10.25035/ijare.06.01.07>
- Devereux, K., Robertson, D., & Kathryn Briffa, N. (2005). Effects of a water-based program on women 65 years and over : A randomised controlled trial. *Australian Journal of Physiotherapy*, 51(2), 102-108. [https://doi.org/10.1016/S0004-9514\(05\)70038-6](https://doi.org/10.1016/S0004-9514(05)70038-6)
- Dickson, D. W., Braak, H., Duda, J. E., Duyckaerts, C., Gasser, T., Halliday, G. M., Hardy, J., Leverenz, J. B., Del Tredici, K., Wszolek, Z. K., & Litvan, I. (2009). Neuropathological assessment of Parkinson's disease : Refining the diagnostic criteria. *The Lancet Neurology*, 8(12), 1150-1157. [https://doi.org/10.1016/S1474-4422\(09\)70238-8](https://doi.org/10.1016/S1474-4422(09)70238-8)
- Doherty, K. M., van de Warrenburg, B. P., Peralta, M. C., Silveira-Moriyama, L., Azulay, J.-P., Gershanik, O. S., & Bloem, B. R. (2011). Postural deformities in Parkinson's disease. *The Lancet Neurology*, 10(6), 538-549. [https://doi.org/10.1016/S1474-4422\(11\)70067-9](https://doi.org/10.1016/S1474-4422(11)70067-9)
- Dorsey, E. R., Constantinescu, R., Thompson, J. P., Biglan, K. M., Holloway, R. G., Kieburtz, K., Marshall, F. J., Ravina, B. M., Schifitto, G., Siderowf, A., & Tanner, C. M. (2007). Projected number of people with Parkinson disease in the most populous nations, 2005 through 2030. *Neurology*, 68(5), 384-386. <https://doi.org/10.1212/01.wnl.0000247740.47667.03>
- Dowding, C. H., Shenton, C. L., & Salek, S. S. (2006). A Review of the Health-Related Quality of Life and Economic Impact of Parkinson's Disease: *Drugs & Aging*, 23(9), 693-721. <https://doi.org/10.2165/00002512-200623090-00001>
- Doyon, J. (2008). Motor sequence learning and movement disorders. *Current Opinion in Neurology*, 21(4), 478-483. <https://doi.org/10.1097/WCO.0b013e328304b6a3>
- Ebersbach, G., Ebersbach, A., Edler, D., Kaufhold, O., Kusch, M., Kupsch, A., & Wissel, J. (2010). Comparing exercise in Parkinson's disease-the Berlin BIG Study : Exercise in Parkinson's Disease. *Movement Disorders*, 25(12), 1902-1908. <https://doi.org/10.1002/mds.23212>
- Edlich, R. F., Towler, M. A., Goitz, R. J., & Wilder, R. P. (1987). *Bioengineering Principles of Hydrotherapy*.
- Emre, M. (2003). *Dementia associated with Parkinson's disease*. 9.
- Fearnley, J. M., & Lees, A. J. (1991). AGEING AND PARKINSON'S DISEASE : SUBSTANTIA NIGRA REGIONAL SELECTIVITY. *Brain*, 114(5), 2283-2301. <https://doi.org/10.1093/brain/114.5.2283>

- Feng, Y.-S., Yang, S.-D., Tan, Z.-X., Wang, M.-M., Xing, Y., Dong, F., & Zhang, F. (2020). The benefits and mechanisms of exercise training for Parkinson's disease. *Life Sciences*, 245, 117345. <https://doi.org/10.1016/j.lfs.2020.117345>
- Figueiredo, P., Sanders, R., Gorski, T., Vilas-Boas, J., & Fernandes, R. (2012). Kinematic and Electromyographic Changes During 200 m Front Crawl at Race Pace. *International Journal of Sports Medicine*, 34(01), 49-55. <https://doi.org/10.1055/s-0032-1321889>
- Fisher, B. E., Wu, A. D., Salem, G. J., Song, J., Yip, J., Cen, S., Gordon, J., Jakowec, M., & Petzinger, G. (2008). *The Effect of Exercise Training in Improving Motor Performance and Corticomotor Excitability in People With Early Parkinson's Disease*. 89, 9.
- France Parkinson. (2021). *L'exercice physique*. France Parkinson. <https://www.franceparkinson.fr/la-recherche/pistes-de-recherche/exercice-physique/>
- Gerton, B. K., Theeler, B., & Samii, A. (2010). Backpack treatment for camptocormia : Letter to the Editor. *Movement Disorders*, 25(2), 247-248. <https://doi.org/10.1002/mds.22909>
- Goedert, M. (2017). *Parkinson's disease—The story of an eponym*. 6.
- Goetz, C. G. (2011). *The History of Parkinson's Disease : Early Clinical Descriptions and Neurological Therapies*. 16.
- Goetz, C. G., Poewe, W., Rascol, O., Sampaio, C., Stebbins, G. T., Counsell, C., Giladi, N., Holloway, R. G., Moore, C. G., Wenning, G. K., Yahr, M. D., & Seidl, L. (2004). Movement Disorder Society Task Force report on the Hoehn and Yahr staging scale : Status and recommendations The Movement Disorder Society Task Force on rating scales for Parkinson's disease. *Movement Disorders*, 19(9), 1020-1028. <https://doi.org/10.1002/mds.20213>
- Gonjo, T., Fernandes, R. J., Vilas-Boas, J. P., & Sanders, R. (2021). Body roll amplitude and timing in backstroke swimming and their differences from front crawl at the same swimming intensities. *Scientific Reports*, 11(1), 824. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-80711-5>
- Grabli, D. (2017a). Maladie de Parkinson et syndromes parkinsoniens : Les signes moteurs. *La Presse Médicale*, 46(2), 187-194. <https://doi.org/10.1016/j.lpm.2017.01.003>
- Grabli, D. (2017b). Maladie de Parkinson et syndromes parkinsoniens : Les signes moteurs. *La Presse Médicale*, 46(2), 187-194. <https://doi.org/10.1016/j.lpm.2017.01.003>
- Grabli, D. (2017c). Maladie de Parkinson et syndromes parkinsoniens : Les signes moteurs. *La Presse Médicale*, 46(2), 187-194. <https://doi.org/10.1016/j.lpm.2017.01.003>
- Gracies, J.-M. (2010). Neuroréducation des syndromes parkinsoniens. *Revue Neurologique*, 166(2), 196-212. <https://doi.org/10.1016/j.neurol.2009.10.026>

- Grimbergen, Y. A. M., Schrag, A., Mazibrada, G., Borm, G. F., & Bloem, B. R. (2013). Impact of Falls and Fear of Falling on Health-Related Quality of Life in Patients with Parkinson's Disease. *Journal of Parkinson's Disease*, 3(3), 409-413. <https://doi.org/10.3233/JPD-120113>
- Hall, J., Swinkels, A., Briddon, J., & McCabe, C. S. (2008). Does Aquatic Exercise Relieve Pain in Adults With Neurologic or Musculoskeletal Disease? A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 89(5), 873-883. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2007.09.054>
- Hallett, M. (2011). Psychogenic parkinsonism. *Journal of the Neurological Sciences*, 310(1-2), 163-165. <https://doi.org/10.1016/j.jns.2011.03.019>
- HAS. (2007). *Guide patient. La prise en charge de votre maladie de Parkinson—Vivre avec une maladie de Parkinson*. [https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/2008-09/gp\\_parkinson\\_10818\\_001\\_008.pdf](https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/2008-09/gp_parkinson_10818_001_008.pdf)
- Hoehn, M. M., & Yahr, M. D. (1998). *Parkinsonism : Onset, progression, and mortality. 1967*. <https://doi.org/10.1212/wnl.50.2.318>
- Horak, F. B., Dimitrova, D., & Nutt, J. G. (2005). Direction-specific postural instability in subjects with Parkinson's disease. *Experimental Neurology*, 193(2), 504-521. <https://doi.org/10.1016/j.expneurol.2004.12.008>
- Hutin, E., Bayle, N., Santiago, T., Joudoux, S., & Gracies, J. M. (2015). *Intra- and inter-rater reliability of the 20-meter ambulation test in Parkinson's disease*.
- Jankovic, J., McDermott, M., Carter, J., Gauthier, S., Goetz, C., Golbe, L., Huber, S., Koller, W., Olanow, C., Shoulson, I., Stern, M., Tanner, C., Weiner, W., & Parkinson Study Group. (1990). Variable expression of Parkinson's disease : A base-line analysis of the DAT ATOP cohort. *Neurology*, 40(10), 1529-1529. <https://doi.org/10.1212/WNL.40.10.1529>
- Jost, W. H. (2003). Autonomic dysfunctions in idiopathic Parkinson's disease. *Journal of Neurology*, 250(S1), i28-i30. <https://doi.org/10.1007/s00415-003-1105-z>
- Kalia, L. V., & Lang, A. E. (2015). Parkinson's disease. *The Lancet*, 386(9996), 896-912. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(14\)61393-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(14)61393-3)
- Kaneda, K., Wakabayashi, H., Sato, D., & Nomura, T. (2007). Lower Extremity Muscle Activity during Different Types and Speeds of Underwater Movement. *Journal of PHYSIOLOGICAL ANTHROPOLOGY*, 26(2), 197-200. <https://doi.org/10.2114/jpa2.26.197>
- Katsura, Y., Yoshikawa, T., Ueda, S.-Y., Usui, T., Sotobayashi, D., Nakao, H., Sakamoto, H.,

- Okumoto, T., & Fujimoto, S. (2010). Effects of aquatic exercise training using water-resistance equipment in elderly. *European Journal of Applied Physiology*, *108*(5), 957-964. <https://doi.org/10.1007/s00421-009-1306-0>
- Kim, Y., Lai, B., Mehta, T., Thirumalai, M., Padalabalanarayanan, S., Rimmer, J. H., & Motl, R. W. (2019). Exercise Training Guidelines for Multiple Sclerosis, Stroke, and Parkinson Disease : Rapid Review and Synthesis. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, *98*(7), 613-621. <https://doi.org/10.1097/PHM.0000000000001174>
- Kurt, E. E., Büyükturan, B., Büyükturan, Ö., Erdem, H. R., & Tuncay, F. (2018). Effects of Ai Chi on balance, quality of life, functional mobility, and motor impairment in patients with Parkinson's disease. *Disability and Rehabilitation*, *40*(7), 791-797. <https://doi.org/10.1080/09638288.2016.1276972>
- Layouni, S., Rihab, M., Elmtaoua, S., Ouannes, W., Jemni, S., Salma, N., & Amor, S. B. (2020). *Maladie de parkinson idiopathique : Profil clinique et urodynamique des troubles vésico-sphinctériens*. 1.
- Lees, A. J., Selikhova, M., Andrade, L. A., & Duyckaerts, C. (2008). The black stuff and Konstantin Nikolaevich Tretiakoff : Black Stuff and Konstantin Nikolaevich Tretiakoff. *Movement Disorders*, *23*(6), 777-783. <https://doi.org/10.1002/mds.21855>
- Lewis, G. N. (2000). Stride length regulation in Parkinson's disease : The use of extrinsic, visual cues. *Brain*, *123*(10), 2077-2090. <https://doi.org/10.1093/brain/123.10.2077>
- Margraf, N. G., Wrede, A., Rohr, A., Schulz-Schaeffer, W. J., Raethjen, J., Eymess, A., Volkman, J., Mehdorn, M. H., Jansen, O., & Deuschl, G. (2010). Camptocormia in idiopathic Parkinson's disease : A focal myopathy of the paravertebral muscles. *Movement Disorders*, *25*(5), 542-551. <https://doi.org/10.1002/mds.22780>
- Marinelli, L., Quartarone, A., Hallett, M., Frazzitta, G., & Ghilardi, M. F. (2017). The many facets of motor learning and their relevance for Parkinson's disease. *Clinical Neurophysiology*, *128*(7), 1127-1141. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2017.03.042>
- Martinez-Martin, P., Gil-Nagel, A., Gracia, L. M., GCimez, J. B., & Martinez-SarriCs, J. (1994). *Unified Parkinson's disease rating scale characteristics and structure*. 8.
- McDonald, W. M., Richard, I. H., & DeLong, M. R. (2003). Prevalence, etiology, and treatment of depression in Parkinson's disease. *Biological Psychiatry*, *54*(3), 363-375. [https://doi.org/10.1016/S0006-3223\(03\)00530-4](https://doi.org/10.1016/S0006-3223(03)00530-4)
- Miller, R. A., Thaut, M. H., McIntosh, G. C., & Rice, R. R. (1996). Components of EMG symmetry and variability in parkinsonian and healthy elderly gait.

- Electroencephalography and Clinical Neurophysiology/Electromyography and Motor Control*, 101(1), 1-7. [https://doi.org/10.1016/0013-4694\(95\)00209-X](https://doi.org/10.1016/0013-4694(95)00209-X)
- Moreau, C., Cantiniaux, S., Delval, A., Defebvre, L., & Azulay, J.-P. (2010). Les troubles de la marche dans la maladie de Parkinson : Problématique clinique et physiopathologique. *Revue Neurologique*, 166(2), 158-167. <https://doi.org/10.1016/j.neurol.2009.05.010>
- Morris, M. E. (2000). Movement Disorders in People With Parkinson Disease : A Model for Physical Therapy. *Physical Therapy*, 80(6), 578-597. <https://doi.org/10.1093/ptj/80.6.578>
- Morris, M. E., Ianseck, R., Matyas, T. A., & Summers, J. J. (1996). Stride length regulation in Parkinson's disease : Normalization strategies and underlying mechanisms. *Brain*, 119(2), 551-568. <https://doi.org/10.1093/brain/119.2.551>
- Morris, M., Ianseck, R., McGinley, J., Matyas, T., & Huxham, F. (2005). Three-dimensional gait biomechanics in Parkinson's disease : Evidence for a centrally mediated amplitude regulation disorder: Gait Biomechanics in PD. *Movement Disorders*, 20(1), 40-50. <https://doi.org/10.1002/mds.20278>
- Muthane, U. B., Swamy, H. S., Satishchandra, P., Subhash, M. N., Rao, S., & Subbakrishna, D. (1994). Early onset Parkinson's disease : Are juvenile- and young-onset different? *Movement Disorders*, 9(5), 539-544. <https://doi.org/10.1002/mds.870090506>
- Nadeau, A., Lungu, O., Boré, A., Plamondon, R., Duchesne, C., Robillard, M.-È., Bobeuf, F., Lafontaine, A.-L., Gheysen, F., Bherer, L., & Doyon, J. (2018). A 12-Week Cycling Training Regimen Improves Upper Limb Functions in People With Parkinson's Disease. *Frontiers in Human Neuroscience*, 12, 351. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2018.00351>
- Neves, M. A., Bouça-Machado, R., Guerreiro, D., Caniça, V., & Ferreira, J. J. (2018). Risk of drowning in people with Parkinson's disease : Risk Of Drowning in Parkinson's Disease. *Movement Disorders*, 33(9), 1507-1508. <https://doi.org/10.1002/mds.27473>
- Neves, M. A., Bouça-Machado, R., Guerreiro, D., Caniça, V., Pona-Ferreira, F., & Ferreira, J. J. (2020). Swimming is Compromised in Parkinson's Disease Patients. *Movement Disorders*, 35(2), 365-369. <https://doi.org/10.1002/mds.27918>
- Nieuwboer, A., Weerdt, W. de, Dom, R., & Lesaffre, E. (1998). A frequency and correlation analysis of motor deficits in Parkinson patients. *Disability and Rehabilitation*, 20(4), 142-150. <https://doi.org/10.3109/09638289809166074>
- Nieuwboer, Willy De Weerdt, René Do, A. (2001). The effect of a home physiotherapie program for persons with Parkinson's disease. *Journal of Rehabilitation Medicine*,

- 33(6), 266-272. <https://doi.org/10.1080/165019701753236455>
- Nikfekar, E., Kerr, K., Attfield, S., & Playford, E. D. (2002). Trunk movement in Parkinson's disease during rising from seated position. *Movement Disorders*, 17(2), 274-282. <https://doi.org/10.1002/mds.10073>
- Nonnekes, J., & Nieuwboer, A. (2018). Towards Personalized Rehabilitation for Gait Impairments in Parkinson's Disease. *Journal of Parkinson's Disease*, 8(s1), S101-S106. <https://doi.org/10.3233/JPD-181464>
- OMS. (2021). *OMS | Activité physique*. WHO; World Health Organization. <https://www.who.int/dietphysicalactivity/pa/fr/>
- Ou, Z., Pan, J., Tang, S., Duan, D., Yu, D., Nong, H., & Wang, Z. (2021). Global Trends in the Incidence, Prevalence, and Years Lived With Disability of Parkinson's Disease in 204 Countries/Territories From 1990 to 2019. *Frontiers in Public Health*, 9, 776847. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2021.776847>
- Parkinson, J. (2002a). An Essay on the Shaking Palsy. *J Neuropsychiatry Clin Neurosci*, 14.
- Peppe, A., Chiavalon, C., Pasqualetti, P., Crovato, D., & Caltagirone, C. (2007). Does gait analysis quantify motor rehabilitation efficacy in Parkinson's disease patients? *Gait & Posture*, 26(3), 452-462. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2006.11.207>
- Peppe, A., Ranaldi, A., Chiavalon, C., Gasbarra, A., & Collepardo, A. (2007). *Global Mobility Task: Index for evaluating motor impairment and motor rehabilitation programs in Parkinson's disease patients*.
- Pérez de la Cruz, S. (2017). Effectiveness of aquatic therapy for the control of pain and increased functionality in people with Parkinson's disease : A randomized clinical trial. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine*, 53(6). <https://doi.org/10.23736/S1973-9087.17.04647-0>
- Platz, E. A., Kawachi, I., Rimm, E. B., Colditz, G. A., Stampfer, M. J., Willett, W. C., & Giovannucci, E. (1998). Physical Activity and Benign Prostatic Hyperplasia. *ARCH INTERN MED*, 158, 8.
- Platz, T. (1998). Training improves the speed of aimed movements in Parkinson's disease. *Brain*, 121(3), 505-514. <https://doi.org/10.1093/brain/121.3.505>
- Psycharakis, S. G., & Sanders, R. H. (2010). Body roll in swimming : A review. *Journal of Sports Sciences*, 28(3), 229-236. <https://doi.org/10.1080/02640410903508847>
- Ridgel, A. L., Vitek, J. L., & Alberts, J. L. (2009). Forced, Not Voluntary, Exercise Improves Motor Function in Parkinson's Disease Patients. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, 23(6), 600-608. <https://doi.org/10.1177/1545968308328726>

- Saavedra, J. M., Escalante, Y., & Rodríguez, F. A. (2010). A Multivariate Analysis of Performance in Young Swimmers. *Pediatric Exercise Science*, 22(1), 135-151. <https://doi.org/10.1123/pes.22.1.135>
- Samii, A., Nutt, J. G., & Ransom, B. R. (2004). *Parkinson's Disease*. 11.
- Sargent, D., & Baron, T. (2016). Assemblages d'alpha-synucléine : Existe-t-il différentes souches ? *médecine/sciences*, 32(3), 233-236. <https://doi.org/10.1051/medsci/20163203002>
- Sasco, A. J., Paffenbarger, R. S., Gendre, I., & Wing, A. L. (1992). The Role of Physical Exercise in the Occurrence of Parkinson's Disease. *Archives of Neurology*, 49(4), 360-365. <https://doi.org/10.1001/archneur.1992.00530280040020>
- Schilling, B. K., Karlage, R. E., LeDoux, M. S., Pfeiffer, R. F., Weiss, L. W., & Falvo, M. J. (2009). Impaired leg extensor strength in individuals with Parkinson disease and relatedness to functional mobility. *Parkinsonism & Related Disorders*, 15(10), 776-780. <https://doi.org/10.1016/j.parkreldis.2009.06.002>
- Schneider, W., & Chein, J. M. (2003). Controlled & automatic processing : Behavior, theory, and biological mechanisms. *Cognitive Science*, 27(3), 525-559. [https://doi.org/10.1207/s15516709cog2703\\_8](https://doi.org/10.1207/s15516709cog2703_8)
- Schrag, A., Horsfall, L., Walters, K., Noyce, A., & Petersen, I. (2015). Prediagnostic presentations of Parkinson's disease in primary care : A case-control study. *The Lancet Neurology*, 14(1), 57-64. [https://doi.org/10.1016/S1474-4422\(14\)70287-X](https://doi.org/10.1016/S1474-4422(14)70287-X)
- Silva, A. F., Figueiredo, P., Seifert, L., Soares, S., Vilas-Boas, J. P., & Fernandes, R. J. (2013). *Backstroke Technical Characterization of 11-13 Year-Old Swimmers*. 8.
- Soliveri, P., Brown, R. G., Jahanshahi, M., & Marsden, C. D. (1992). Effect of practice on performance of a skilled motor task in patients with Parkinson's disease. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, 55(6), 454-460. <https://doi.org/10.1136/jnnp.55.6.454>
- Srivanitchapoom, P., & Hallett, M. (2015). *Camptocormie dans la maladie de Parkinson : Définition, épidémiologie, pathogénie et modalités de traitement*. 26.
- Stacy, M. (2002). Sleep Disorders in Parkinson's Disease. *Drugs Aging*, 7.
- Steece-Collier, K., Maries, E., & Kordower, J. H. (2002). Etiology of Parkinson's disease : Genetics and environment revisited. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 99(22), 13972-13974. <https://doi.org/10.1073/pnas.242594999>
- Turc, J. D. (2021). Activités physiques et maladie de Parkinson. *Pratique Neurologique - FMC*, 12(4), 261-266. <https://doi.org/10.1016/j.praneu.2021.10.001>

- Van der Burg, J. C. E., van Wegen, E. E. H., Rietberg, M. B., Kwakkel, G., & van Dieën, J. H. (2006). Postural control of the trunk during unstable sitting in Parkinson's disease. *Parkinsonism & Related Disorders*, *12*(8), 492-498. <https://doi.org/10.1016/j.parkreldis.2006.06.007>
- Van de Warrenburg, B. P. C., Cordivari, C., Ryan, A. M., Phadke, R., Holton, J. L., Bhatia, K. P., Hanna, M. G., & Quinn, N. P. (2007). The phenomenon of disproportionate antecollis in Parkinson's disease and multiple system atrophy. *Movement Disorders*, *22*(16), 2325-2331. <https://doi.org/10.1002/mds.21634>
- Van Emmerik, R. E. A., Wagenaar, R. C., Winogrodzka, A., & Wolters, E. C. (1999). Identification of axial rigidity during locomotion in parkinson disease. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, *80*(2), 186-191. [https://doi.org/10.1016/S0003-9993\(99\)90119-3](https://doi.org/10.1016/S0003-9993(99)90119-3)
- Van Vaerenbergh, J. M., Vranken, R., & Baro, F. (2003). *The influence of rotational exercises on freezing in Parkinson's disease.*
- Viliani, T., Pasquetti, P., & Magnolfi, S. (1999). *Effects of physical training on straightening-up processes in patients with Parkinson's disease.*
- Vivas, J., Arias, P., & Cudeiro, J. (2011). Aquatic Therapy Versus Conventional Land-Based Therapy for Parkinson's Disease : An Open-Label Pilot Study. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, *92*(8), 1202-1210. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2011.03.017>
- Volpe, D., Pavan, D., Morris, M., Guiotto, A., Iansek, R., Fortuna, S., Frazzitta, G., & Sawacha, Z. (2017). Underwater gait analysis in Parkinson's disease. *Gait & Posture*, *52*, 87-94. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2016.11.019>
- Vray, M., Girault, D., Hoog-Labouret, N., Porcher, R., Thalabard, J.-C., Auriche, C., Bernard, J., Boichut, D., Bouhassira, M., Boutouyrie, P., Chaumet-Riffaud, P., Chiron, C., Costa, Y., de Crémiers, F., Etienne, S., Fender, P., Giorgi, R., Girard, F., Girault, D., ... Vray, M. (2004). Méthodologie des essais cliniques de petits effectifs. *Therapies*, *59*(3), 273-279. <https://doi.org/10.2515/therapie:2004054>
- Wu, T., Hallett, M., & Chan, P. (2014). *Motor automaticity in Parkinson's disease.*
- Wu, T., Hallett, M., & Chan, P. (2015). Motor automaticity in Parkinson's disease. *Neurobiology of Disease*, *82*, 226-234. <https://doi.org/10.1016/j.nbd.2015.06.014>
- Wu, T., Kansaku, K., & Hallett, M. (2004). How Self-Initiated Memorized Movements Become Automatic : A Functional MRI Study. *Journal of Neurophysiology*, *91*(4), 1690-1698. <https://doi.org/10.1152/jn.01052.2003>

- Xu, X., Fu, Z., & Le, W. (2019). Exercise and Parkinson's disease. In *International Review of Neurobiology* (Vol. 147, p. 45-74). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/bs.irn.2019.06.003>
- Yahr, M. D., Duvoisin, R. C., Scheer, M. J., & Hoehn, M. M. (1969). *Treatment of Parkinsonism With Levodopa. Vol 21*, 12.
- Yanai, T. (2001). What Causes the Body to Roll in Front-Crawl Swimming? *Journal of Applied Biomechanics*, 17(1), 28-42. <https://doi.org/10.1123/jab.17.1.28>
- Zhao, Y. J., Wee, H. L., Chan, Y.-H., Seah, S. H., Au, W. L., Lau, P. N., Pica, E. C., Li, S. C., Luo, N., & Tan, L. C. S. (2010). Progression of Parkinson's disease as evaluated by Hoehn and Yahr stage transition times : Progression of Parkinson's Disease. *Movement Disorders*, 25(6), 710-716. <https://doi.org/10.1002/mds.22875>

## 9. Table de références des figures

<i>Figure 1 : Nombre prévu de personnes de plus de 50 ans atteintes de la maladie de Parkinson par pays, de 2005 à 2030. L'Europe comprend les 5 pays les plus peuplés (Allemagne, France, Royaume-Uni, Italie, Espagne) (Dorsey et al., 2007).</i> .....	9
<i>Figure 2 : posture anormalement fléchiée avec une flexion de la hanche, des genoux, de la tête et du cou, et un arrondissement des épaules (Doherty et al., 2011)</i> .....	19
<i>Figure 3 : déformations dans le plan sagittal (A : camptocormie ; B : antecollis) (Doherty et al., 2011).</i> .....	21
<i>Figure 4 : le cycle des bras en dos crawlé divisé en six étapes (Chollet et al., 2008).</i> .....	32
<i>Figure 5 : Design de l'étude</i> .....	38
<i>Figure 6 : Global Mobility Task (GMT) : les cinq étapes. (A) Position de départ. (B) Première étape. (C) Deuxième étape. (D) Troisième étape. (E) Quatrième étape. (F) Cinquième étape et position finale (Peppe, Ranaldi, et al., 2007)</i> .....	41
<i>Figure 7 : Flux de la population de l'étude</i> .....	45
<i>Figure 8 : Longueur de pas lors de la marche à vitesse confortable sur 20 mètres, avant et après la prise en charge, pour le groupe expérimental et le groupe contrôle</i> .....	48
<i>Figure 9 : Longueur de pas lors de la marche à vitesse rapide sur 20 mètres, avant et après la prise en charge, pour le groupe expérimental et le groupe contrôle</i> .....	49
<i>Figure 10 : Longueur de pas lors de la marche à grands pas sur 20 mètres, avant et après la prise en charge, pour le groupe expérimental et le groupe contrôle</i> .....	50
<i>Figure 11 : Vitesse de marche lors de la marche à vitesse de confort sur 20 mètres, avant et après la prise en charge, pour le groupe expérimental et le groupe contrôle</i> .....	51
<i>Figure 12 : Vitesse de marche lors de la marche à vitesse rapide sur 20 mètres, avant et après la prise en charge, pour le groupe expérimental et le groupe contrôle</i> .....	52
<i>Figure 13 : Vitesse de marche lors de la marche à grands pas sur 20 mètres, avant et après la prise en charge, pour le groupe expérimental et le groupe contrôle</i> .....	53
<i>Figure 14 : Temps d'exécution du relevé du sol, avant et après la prise en charge, pour le groupe expérimental et le groupe contrôle</i> .....	54

*Figure 15 : Scores globaux du « Parkinson's Disease Questionnaire 39 », avant et après la prise en charge, pour le groupe expérimental et le groupe contrôle ..... 55*

## **10. Table de références de tableaux**

*Tableau 1: Recommandations sur les modalités d'exercices pour les patients atteints de la maladie de Parkinson légère à modérée sur l'échelle de Hoehn et Yahr (Kim et al., 2019). 26*

*Tableau 2 : Caractéristiques démographiques de la population étudiée ..... 47*

## 11. Annexes

### *Annexe 1 : Stades de Hoehn et Yahr*

- **Stade 0** : Pas de signe de la maladie
- **Stade 1** : Maladie unilatérale
- **Stade 1,5** : Maladie unilatérale, plus atteinte axiale
- **Stade 2** : Maladie bilatérale, sans trouble de l'équilibre
- **Stade 2,5** : Maladie bilatérale légère, avec rétablissement lors du test de la poussée
- **Stade 3** : Maladie bilatérale légère à modérée, une certaine instabilité posturale, physiquement autonome
- **Stade 4** : Handicap sévère, toujours capable de marcher ou de se tenir debout sans aide
- **Stade 5** : Malade en chaise roulante ou alité sauf s'il est aidé

*Annexe 2 : Parkinson's Disease Questionnaire (PDQ-39)*

Questionnaire PDQ-39

Date : \_\_\_\_\_  
 Nom : \_\_\_\_\_ Prénom \_\_\_\_\_  
 Sexe \_\_\_\_\_ Age \_\_\_\_\_

A cause de votre maladie de Parkinson, combien de fois avez-vous vécu l'une des situations suivantes, **au cours du MOIS PRÉCÉDENT** ?

<i>Veillez cocher une case pour chaque réponse</i>	Jamais	Rarement	Parfois	Souvent	Toujours ou totallement incapable
1. Avez-vous eu des difficultés dans la pratique de vos loisirs ?	<input type="checkbox"/>				
2. Avez-vous eu des difficultés à vous occuper de votre maison, par exemple : bricolage, ménage, cuisine ?	<input type="checkbox"/>				
3. Avez-vous eu des difficultés à porter des sacs de provisions ?	<input type="checkbox"/>				
4. Avez-vous eu des problèmes pour faire 1 km à pied ?	<input type="checkbox"/>				
5. Avez-vous eu des problèmes pour faire 100 m à pied ?	<input type="checkbox"/>				
6. Avez-vous eu des problèmes à vous déplacer chez vous, aussi aisément que vous l'auriez souhaité ?	<input type="checkbox"/>				
7. Avez-vous eu des difficultés à vous déplacer dans les lieux publics ?	<input type="checkbox"/>				
8. Avez-vous eu besoin de quelqu'un pour vous accompagner lors de vos sorties ?	<input type="checkbox"/>				
9. Avez-vous eu peur ou vous êtes-vous senti(e) inquiet(e) à l'idée de tomber en public ?	<input type="checkbox"/>				

*Veillez vérifier que vous avez coché une case pour chaque question avant de passer à la page suivante.*

<i>Veuillez cocher une case pour chaque réponse</i>	Jamais	Rarement	Parfois	Souvent	Toujours ou totallement incapable
10. Avez-vous été confiné(e) chez vous plus que vous ne l'auriez souhaité ?	<input type="checkbox"/>				
11. Avez-vous eu des difficultés pour vous laver ?	<input type="checkbox"/>				
12. Avez-vous eu des difficultés pour vous habiller ?	<input type="checkbox"/>				
13. Avez-vous eu des problèmes pour boutonner vos vêtements ou pour lacer vos chaussures ?	<input type="checkbox"/>				
14. Avez-vous eu des problèmes pour écrire lisiblement ?	<input type="checkbox"/>				
15. Avez-vous eu des difficultés pour couper la nourriture ?	<input type="checkbox"/>				
16. Avez-vous eu des difficultés pour tenir un verre sans le renverser ?	<input type="checkbox"/>				
17. Vous êtes-vous senti(e) déprimé(e) ?	<input type="checkbox"/>				
18. Vous êtes-vous senti(e) isolé(e) et seul(e) ?	<input type="checkbox"/>				
19. Vous êtes-vous senti(e) au bord des larmes ou avez-vous pleuré ?	<input type="checkbox"/>				
20. Avez-vous ressenti de la colère ou de l'amertume ?	<input type="checkbox"/>				
21. Vous êtes-vous senti(e) anxieux(se) ?	<input type="checkbox"/>				
22. Vous êtes-vous senti(e) inquiet(e) pour votre avenir ?	<input type="checkbox"/>				

*Veuillez vérifier que vous avez coché **une case pour chaque question** avant de passer à la page suivante*

<i>Veuillez cocher une case pour chaque réponse</i>	Jamais	Rarement	Parfois	Souvent	Toujours ou totalement incapable
23. Avez-vous ressenti le besoin de dissimuler aux autres votre maladie de Parkinson ?	<input type="checkbox"/>				
24. Avez-vous évité des situations où vous deviez manger ou boire en public ?	<input type="checkbox"/>				
25. Vous êtes-vous senti(e) gêné(e) en public à cause de votre maladie de Parkinson ?	<input type="checkbox"/>				
26. Vous êtes-vous senti(e) inquiet(e) des réactions des autres à votre égard ?	<input type="checkbox"/>				
27. Avez-vous eu des problèmes dans vos relations avec vos proches ?	<input type="checkbox"/>				
28. Avez-vous manqué du soutien, dont vous aviez besoin, de la part de votre époux(se) ou conjoint(e) ?	<input type="checkbox"/>				
29. Avez-vous manqué du soutien dont vous aviez besoin, de la part de votre famille ou de vos amis proches ?	<input type="checkbox"/>				
30. Vous êtes-vous endormi(e) dans la journée de façon inattendue ?	<input type="checkbox"/>				
31. Avez-vous eu des problèmes de concentration, par exemple en lisant ou en regardant la télévision ?	<input type="checkbox"/>				
32. Avez-vous senti que votre mémoire était mauvaise ?	<input type="checkbox"/>				
33. Avez-vous fait de mauvais rêves, ou eu des hallucinations ?	<input type="checkbox"/>				
34. Avez-vous eu des difficultés pour parler ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	??	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

*Veuillez vérifier que vous avez coché une case pour chaque question avant de passer à la page suivante*

<i>Veuillez cocher une case pour chaque réponse</i>	Jamais	Rarement	Parfois	Souvent	Toujours ou totalement incapable
35. Vous êtes-vous senti(e) incapable de communiquer normalement avec les autres ?	<input type="checkbox"/>				
36. Vous êtes-vous senti(e) ignoré(e) par les autres ?	<input type="checkbox"/>				
37. Avez-vous eu des crampes ou des spasmes musculaires douloureux ?	<input type="checkbox"/>				
38. Avez-vous eu mal ou avez-vous eu des douleurs dans les articulations ou dans le corps ?	<input type="checkbox"/>				
39. Avez-vous eu la sensation désagréable de chaud ou de froid ?	<input type="checkbox"/>				

*Veuillez vérifier que vous avez coché une case pour chaque question avant de passer à la page suivante.*

---

Commentaires Personnels :

*Annexe 3 : livret concernant les éducatifs en dos crawlé destiné aux patients des deux groupes*



**MON GUIDE EN  
BALNÉOTHÉRAPIE**





## Les bienfaits de l'eau

- **La flottabilité** de l'eau supprime la gravité et réduit le poids du corps → relaxation
- **La chaleur spécifique** de l'eau diminue la raideur
- **La viscosité** de l'eau est une résistance naturelle au mouvement
- **Agréable avec une sensation de bien-être**

Du fait d'une densité plus importante que l'air, l'eau présente une plus grande résistance au déplacement d'un corps immergé qu'à l'air libre. Cette résistance est proportionnelle à la vitesse : plus l'objet ou le corps est déplacé rapidement et plus la force motrice est grande.

### Liens avec la maladie de Parkinson :

- Améliore la capacité d'équilibre
- Améliore la peur de chuter
- Améliore la qualité de vie



## Hypothèse de l'étude

**L'hypothèse derrière l'étude dans laquelle vous avez gentiment décidé de participer est la suivante :**

« La nage du dos crawlé, allant chercher des amplitudes maximales au niveau des membres supérieurs ainsi qu'une rotation du tronc, pourrait améliorer le redressement du tronc à sec et, de ce fait, améliorer la marche et l'amplitude des pas lors de cette dernière »





## Dos crawlé

80% de la propulsion lors du dos crawlé vient des bras. Les battements de jambes ont un rendement faible, sont énergivores, et augmente le rythme cardiaque trop rapidement. Il faut juste se servir des battements de jambes pour se maintenir à la surface.

### La position :

- Position horizontale, sur le dos
- La tête est relâchée dans l'eau
- Les oreilles sont légèrement dans l'eau
- Le thorax au-dessus de l'eau
- Les hanches à la surface de l'eau
- Les jambes sont un peu plus en profondeur et réalisent des battements qui partent des hanches, les genoux ne doivent pas sortir de l'eau
- Les mouvements des bras forment une sorte de cercle autour des épaules, et s'exécutent de façon asymétrique : lorsque

le bras droit est dans l'eau, le bras gauche est au-dessus de l'eau.

- Les épaules sont mobiles (roulis des épaules) pour permettre une prise d'appui plus profonde dans l'eau et faciliter le passage des bras



**Muscles sollicités :**

Localisation	Muscles	Fonction
Épaules	Muscles de la coiffe des rotateurs, deltoïdes, trapèzes, grand dentelé, l'angulaire	Rotation et élévation des bras et avant-bras

<b>Bras</b>	Biceps et triceps	Flexion, rotation des bras et extension de l'avant-bras
<b>Ventre</b>	Abdominaux de l'abdomen et obliques	Flexion et rotation du bassin
<b>Fesses</b>	Grand, moyen et petit fessier	Mobilité de la cuisse et maintien du bassin
<b>Cuisses</b>	Quadriceps et ischios-jambiers	Extension de la cuisse et flexion de la jambe
<b>Mollets</b>	Soléaire et jumeaux	Extension du pied



## Éducatif du dos crawlé

### 1) Apprendre à flotter et à se décontracter

- Avec 2 frites : une frite sous chaque bras, basculer progressivement vers l'arrière pour vous mettre en position allongée en gardant le bassin à la surface de l'eau et en relâchant la tête, puis écartez légèrement les bras et les jambes pour faire l'étoile.
- Avec une frite : placez une frite sous le dos si vos jambes ont du mal à rester à la surface.
- Même exercice mais sans les frites
- Et surtout DÉCONTRACTEZ-VOUS 😊



## 2) Le dos à 2 bras

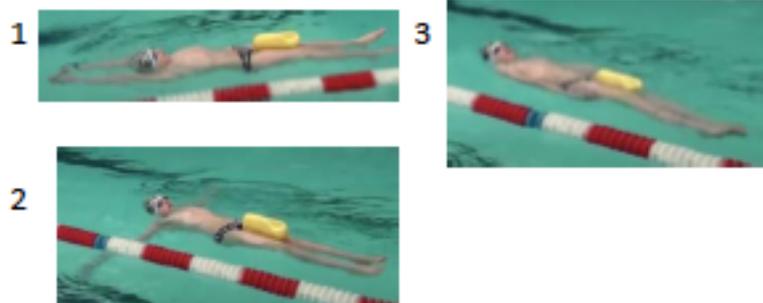
*Objectif : mieux ressentir et comprendre le mouvement des bras et la force qu'ils exercent*

**Matériel :** pull boy entre les jambes pour cibler le travail sur les bras

Attention, en dos crawlé, le début du mouvement des bras s'effectue quand le bras est enfoncé environ 20 centimètres sous l'eau et non juste à la surface.

**Exercice 1 :** élevez les 2 bras tendus jusqu'à vos oreilles, immergez les bras tendus sous l'eau vers les côtés, puis propulsez-vous en ramenant les bras toujours tendus le long de votre corps.

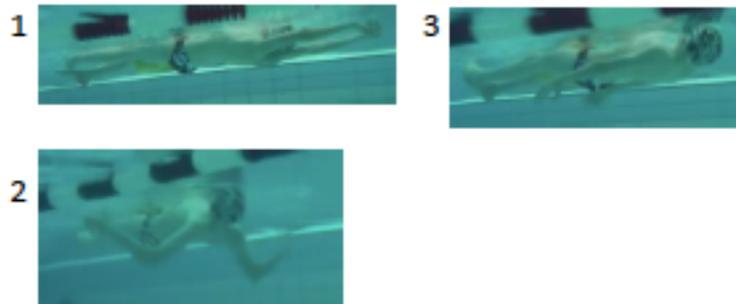
But : comprendre la notion de propulsion



8

**Exercice 2 :** élevez les 2 bras tendus jusqu'à vos oreilles, puis une fois les bras immergés sous l'eau, fléchissez les coudes pour que vos mains et vos avant-bras soient directement positionnés vers vos pieds.

But : comprendre que le mouvement avec les coudes fléchis amène directement la force vers les pieds, ce qui nous permet d'avancer.



**Pour contrôler votre efficacité :** comptez les mouvements dont vous avez besoin pour traverser le bassin puis effectuez un autre aller-retour avec les coudes fléchis. Plier les coudes doit vous permettre de faire moins de mouvements.

### 3) Les bras en opposition

*Objectif : comprendre la position de référence du dos crawlé à savoir : les bras à l'opposé l'un de l'autre et une rotation des épaules et du tronc nécessaire pour diriger la force que l'on exerce avec les bras vers les pieds.*

**Matériel :** pull boy entre les jambes pour cibler le travail sur les bras et le tronc.

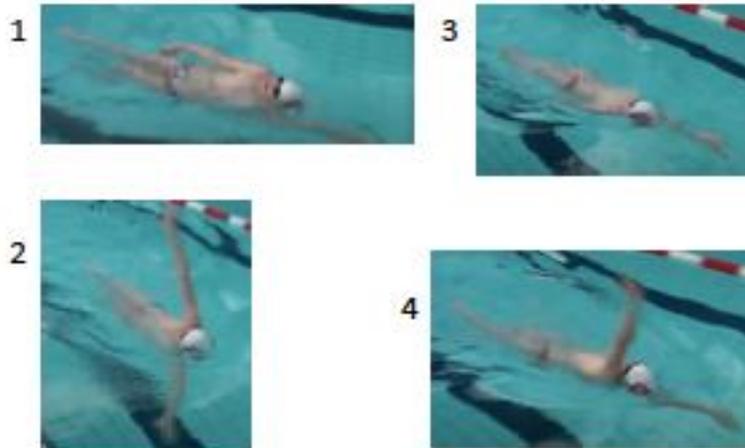
**Exercice :** un bras tendu près d'une de ses oreilles avec la main enfoncée environ 20 centimètres sous l'eau puis l'autre bras tendu vers ses pieds.

En partant de cette position de référence, vous allez devoir simultanément :

- Appuyer sous l'eau avec le bras qui est vers la tête, en fléchissant le coude pour ramener le bras au niveau du bassin
- Puis ramener le bras situé le long du corps au-dessus de la surface, coude tendu, jusqu'à le placer près de votre tête.

**Attention**, les mains doivent se trouver dans l'axe de l'épaule, la tête reste à l'horizontale et le regard reste dirigé à la verticale.

**Conseil** : prenez un temps d'arrêt pour chaque bras lorsqu'il se trouve près de vos oreilles pour stabiliser la position ou ralentissez les mouvements de bras pour ne pas être pris de panique et vous stabiliser dans la position horizontale.



#### 4) Le gainage en dos crawlé

Avoir un bon gainage va vous permettre de diminuer les résistances en limitant la surface que vous opposez à l'eau. Un lien solide va également permettre une bonne transmission des forces entre le haut et le bas du corps, à l'image du tamis d'une raquette de tennis bien tendu qui restitue toute la force à la balle. Dans le cas contraire, le corps absorbe une partie des forces créées par les bras et les jambes.

*Objectif : comprendre l'alignement tête-tronc-jambes nécessaire pour gagner en vitesse et éviter les résistances avec l'eau induites par un mauvais alignement.*

**Exercice :** Avec une planche entre les genoux, effectuez les mouvements de dos crawlé avec les bras vus dans le point 3. Si vous ressentez une résistance au niveau de la planche, cela peut être le signe d'un problème de gainage.

Essayer de nager avec un mouvement le plus fluide possible :

- En veillant à garder un bon alignement tête-tronc-jambes pour éviter que la planche ne se décale sur les côtés
- En laissant la planche pivoter légèrement autour de l'axe du corps (c'est-à-dire pencher sur la droite ou sur la gauche), dans un mouvement synchronisé avec le mouvement des épaules. Vous devriez sentir la planche pencher au moment où la main entre dans l'eau.

Nager avec une planche entre les genoux ne permet pas les battements de jambes ce qui nous permet d'observer les déséquilibres du corps et de les travailler.



## 5) Les battements de jambes en dos crawlé

*Objectif : apprendre à ne pas plier excessivement les genoux grâce à l'utilisation d'une planche.*

**Exercice 1** : en position horizontale dans l'eau, bras tendus parallèles au corps, tenez une planche au-dessus de vous à la surface de l'eau. Effectuez des petits battements de façon à ne pas faire soulever la planche.

→ Pour avoir des battements de jambes efficaces, le mouvement doit partir des hanches et non des genoux.



*Objectif : développer la souplesse des chevilles à l'aide des palmes.*

**Exercice 2 :** toujours en position horizontale dans l'eau, tenez une planche à deux mains derrière la tête avec les bras tendus. Effectuez ensuite des battements vus dans l'exercice 1 avec les palmes jusqu'à la surface mais sans sortir les pieds de l'eau.  
→ Des battements efficaces permettent de bien garder l'équilibre en position horizontale.

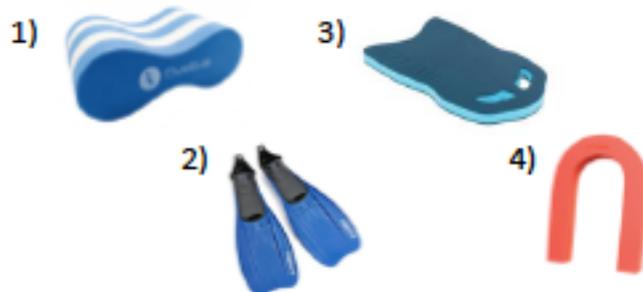
Position





### Accessoires pour cibler un travail spécifique

- **1) Le pull-buoy :** Pour isoler le mouvement des bras et travailler davantage le haut du corps, vous pouvez nager sur le dos en utilisant un pull-boy entre les jambes.
- **2) Les palmes :** Pour augmenter la résistance de l'eau au niveau des jambes, les renforcer, utilisez des palmes.
- **3) La planche :** Pour se concentrer sur les battements de jambes et muscler les mollets, nagez sur le dos avec une planche.
- **4) Le U :** Pour stabiliser votre bassin s'il est difficile de le maintenir à la surface de l'eau ou s'il bouge trop sur les côtés.



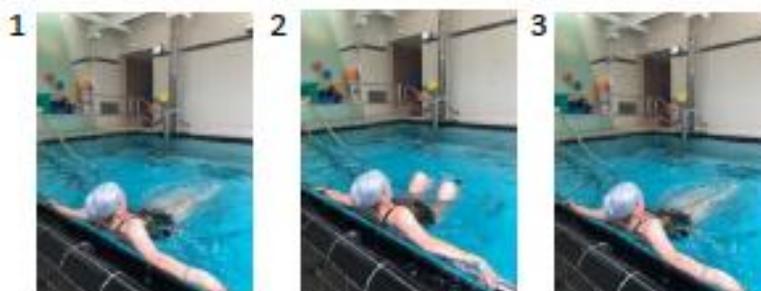


## Renforcement moteur intensif

→ Exercices à réaliser sur 1 minute à forte intensité

### Abdominaux :

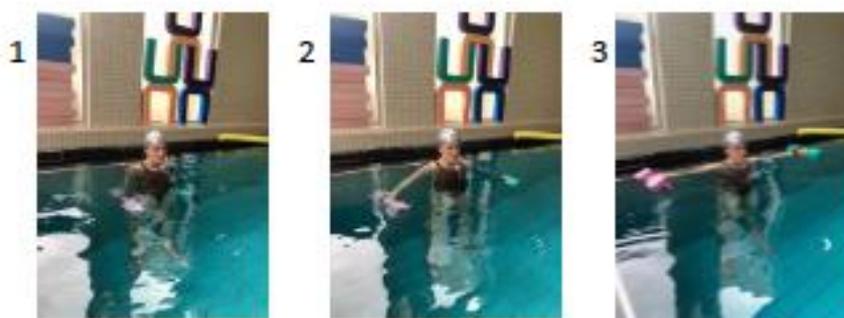
Tendez les jambes puis fléchissez les en contractant un maximum les abdominaux. Répétez ce mouvement autant de fois que possible.



### Abducteurs/adducteurs de l'épaule :

Effectuez une abduction d'épaule afin de venir ouvrir les bras à la surface de l'eau, puis ramenez les bras le long du corps en résistant contre la force de

l'eau. Les coudes sont toujours tendus lors de l'exercice.



### Dorsaux :

Tendez un bras puis l'autre vers l'avant tout en étant redressé. Le redressement passe par une contraction des abdominaux, une mise en arrière des épaules puis un rapprochement des omoplates. Les épaules sont relâchées.



Tendez les coudes pour éloigner le plus possible la planche de vous-même. De même concernant le redressement sur cet exercice.



### Quadriceps :

Effectuez une flexion de hanche et de genou à 90° avec une frite sous le pied. Imaginez que vous gonflez un matelas. 😊



### Abducteurs/adducteurs de hanche :

Effectuez une abduction de hanche à l'aide la frite tout en tendant le genou et en remontant la rotule. Ce mouvement vous aide aussi à comprendre le déplacement de votre centre de gravité. Ne pas monter trop haut sur les abductions.



**Annexe 4 : Feedbacks des patients des deux groupes à la suite de l'intervention**

Bonjour Margaux  
Un coucou bas normand pour vous remercier de votre travail et maintenant à nous de le mettre en oeuvre. Pour moi la mer ici est glacée donc ce sera pour l'automne à Maisons Alfort.  
Amicalement [redacted]

Bonsoir Margaux  
Bien reçu le message qui annonce déjà la fin de la balneo jeudi prochain. Quel dommage. 4 séances de bonne humeur et de gentillesse de l'équipe.  
Bon week-end. 🛁  
[redacted]

Encore merci, pétillante Margaux, j'ai adoré la balnéothérapie avec vous ! Je vous embrasse. [redacted]

**Commentaires Personnels :**

L'atelier "Balnéo" a impacté très fort mon moral. J'étais ravi d'y participer. et positivement.  
J'attendais avec impatience le mardi, jour de la Balnéo.  
L'effet positif a duré presque toute la période.  
Merci de m'avoir permis d'y participer.



## **Résumé :**

**Contexte :** La maladie de Parkinson est une source majeure de handicap en raison de ses troubles moteurs et non-moteurs. Parmi eux, les troubles de la marche et de la posture sont fréquemment présents chez les patients atteints de la maladie de Parkinson. Cette étude s'intéresse particulièrement au symptôme de l'hypométrie lors de la marche caractérisée par une réduction de l'amplitude du pas lors de la marche ainsi qu'au trouble de la posture se traduisant par une posture voûtée vers l'avant, caractéristique de la maladie de Parkinson.

**Objectif :** L'objectif principal de ce travail de recherche est d'évaluer les effets d'une activité physique impliquant un renforcement moteur ainsi qu'une flexibilité du tronc, telle que le dos crawlé, sur la longueur de pas lors de la marche chez des patients atteints de la maladie de Parkinson idiopathique. Les objectifs secondaires sont d'évaluer les effets de ce programme sur la vitesse de marche, la capacité à se relever du sol et la qualité de vie.

**Méthode :** 5 patients ont été randomisé entre le groupe bénéficiant d'un programme en dos crawlé et le groupe bénéficiant d'une rééducation traditionnelle en balnéothérapie. Des évaluations telles qu'un test de marche sur vingt mètres (AT20), un test de relevé du sol (GMT) ainsi qu'un questionnaire évaluant la qualité de vie ont été réalisées avant et après l'intervention.

**Résultats :** Les résultats de cette étude ne permettent pas de démontrer l'efficacité du programme en dos crawlé par rapport à une rééducation traditionnelle en balnéothérapie en raison des nombreuses limites méthodologiques rencontrées. Cependant, les deux groupes ont légèrement amélioré leur capacité à se relever du sol et leur score concernant la qualité de vie.

**Conclusion :** Nous ne pouvons pas conclure qu'un programme en dos crawlé impliquant un renforcement moteur et une flexibilité du tronc permet une amélioration de la longueur de pas lors de la marche. Toutefois, il est nécessaire de reproduire cette étude en tenant compte des limites méthodologiques observées.

**Mots clés :** maladie de Parkinson, balnéothérapie, dos crawlé, renforcement moteur intensif, mobilité du tronc, longueur du pas

## **Abstract :**

**Background :** Parkinson's disease is a major source of disability due to its motor and non-motor disorders. Among them, gait and posture disorders are frequently present in patients with Parkinson's disease. This study is particularly interested in the symptom of hypometria during

walking, characterized by a reduction in the amplitude of the steps during walking, as well as in the posture disorder resulting in a round-shouldered slouch posture, characteristic of Parkinson's disease.

**Objective :** The primary objective of this research is to evaluate the effects of a physical activity involving motor strengthening and trunk flexibility, such as backstroke, on step length during walking in patients with idiopathic Parkinson's disease. Secondary objectives were to evaluate the effects of this program on walking speed, ability to get up from the ground and quality of life.

**Method :** Five patients were randomly selected from the backstroke program group and the traditional balneotherapy group. Evaluations such as a 20-meter walk test (AT20), a floor survey test (GMT) and a quality of life questionnaire were performed before and after the intervention.

**Results :** The results of this study do not demonstrate the effectiveness of the backstroke program compared to traditional balneotherapy due to the numerous methodological limitations encountered. However, both groups slightly improved their ability to get up from the floor and their quality of life scores.

**Conclusion :** We cannot conclude that a backstroke program involving motor strengthening and trunk flexibility leads to an improvement in step length during walking. However, it is necessary to reproduce this study taking into account the methodological limitations observed.

**Key words :** Parkinson's disease, balneotherapy, back crawl, intensive motor strengthening, trunk mobility, step length