



**HEVs**

haute école valaisanne  
hochschule wallis

“Est-ce que le Deep-Water Running adapté à une réadaptation cardiaque stationnaire stade II améliore davantage les paramètres du “6-MWT” à court terme ?”



**ALINE GYGER**

Étudiante HES – Filière Physiothérapie

**FRANCINE CRETZAZ**

Etudiante HES – Filière Physiothérapie

Directrice de mémoire : GENEVIÈVE PASCHE



DÉPOSÉ ET SOUTENU EN 2006 EN VUE DE L'OBTENTION D'UN DIPLÔME DE  
PHYSIOTHERAPEUTE HES

Haute Ecole Valaisanne, filière Physiothérapie  
Loèche-les-Bains, le 17 juillet 2006

## Remerciements

Nous tenons à remercier toutes les personnes ayant contribué à l'élaboration de ce  
Mémoire de Fin d'Etudes et tout particulièrement :

La Clinique Le Noirmont

- Dr. Roger Weber, cardiologue, médecin-chef et la direction
- Steve Farine, physiothérapeute, praticien formateur
- Les maîtres de sport et le chef des programmes Jean-Willy Wüthrich
- Le personnel médical et logistique

Aux professeurs HES responsables du projet

- Geneviève Pasche
- André Meichtry

Valentin Belz de l'entreprise Ryffel Running pour le prêt des gilets

L'entreprise ResMed pour le prêt de matériel

Nos familles Gyger-Sütterlin, Crettaz-Dalliard et nos amis pour leur inconditionnel soutien

## Liste des tableaux et des figures

<b>Tableau 1</b> : Mortalité due aux principales causes de décès dans la région européenne de L'OMS [55] .....	3
<b>Tableau 2</b> : Causes de mortalité au niveau mondial en 2005 [54] .....	4
<b>Tableau 3</b> : Répartition des causes de consultation médicales en suisse en 2004 [26] .....	4
<b>Tableau 4</b> : Synthèse des statistiques médicales des hôpitaux en 2004 [26] .....	5
<b>Tableau 5</b> : Résultats d'étude Augustin J et al. [4] .....	13
<b>Tableau 6</b> : Résultats d'étude Svedenhag and Seger [37].....	19
<b>Tableau 7</b> : Indice de Masse Corporelle [26].....	44
<b>Tableau 8</b> : Seuil de l'hypertension artérielle [26] .....	45
<b>Tableau 9</b> : Définition de la sédentarité selon Swissheart [26] .....	46
<b>Tableau 10</b> : Clinique Le Noirmont : Programme hebdomadaire de patients [63].....	57
<b>Tableau 11</b> : Baseline: Répartition de la population selon les facteurs de risques et les médicaments dans le groupe de contrôle et d'intervention .....	68
<b>Tableau 12</b> : Baseline: Répartition de la population selon les diagnostics, l'âge, le sexe et l'indice de masse corporelle dans le groupe de contrôle et d'intervention .....	68
<b>Tableau 13</b> : Valeurs quantitatives pour le prétest chez le groupe de contrôle et le Groupe d'intervention .....	69

<b>Tableau 14 :</b> Valeurs quantitatives pour le posttest chez le groupe de contrôle et le groupe d'intervention .....	70
---	----

<b>Tableau 15 :</b> Outcome p-value intergroupe .....	71
---	----

---

<b>Figure 1 :</b> Analyse de variance entre la distance parcourue lors du pré et posttests pour le groupe de contrôle et d'intervention .....	72
---	----

<b>Figure 2 :</b> Distribution des distances parcourue lors du pré et posttests pour le groupe de contrôle et d'intervention .....	73
--	----

## Liste des Annexes

13. Annexes .....	I
13.1 Le Test de 6 minutes ou le 6-MWT .....	I
13.2 Annexe - formulaire d'information et de consentement éclairé en français .....	II
13.3 Annexe - formulaire d'information et de consentement en allemand .....	VI
13.4 Annexe - dépliant d'informations concernant la technique en français .....	X
13.5 Annexe - dépliant d'informations concernant la technique en allemand .....	XII
13.6 Annexe - relevé des paramètres .....	XIV
13.7 "Echelle de Borg" et "Borgskala" .....	XVI

## Liste des Images

<b>Image 1</b> : Exemple d'équipement nécessaire à l'étude [34] .....	11
<b>Image 2</b> : Pression hydrostatique [45] .....	32
<b>Image 3</b> : Régulation de la fréquence cardiaque [45] .....	35
<b>Image 4</b> : Régulation rénale [45] .....	37
<b>Image 5</b> : Régulation de la température corporelle [25] .....	39
<b>Image 6</b> : Pyramide de la nutrition idéale [25].....	45
<b>Image 7</b> : Illustration de la plaque d'athérome [65] .....	48
<b>Image 8</b> : Infarctus du myocarde [25].....	49
<b>Image 9</b> : Valve cardiaque [66] .....	50
<b>Image 10</b> : Illustration d'anévrisme [68] .....	51
<b>Image 11</b> : Pose de stent [67] .....	51
<b>Image 12</b> : Modèle de gilet "Aqua-fit Wet-Vest II" et "Aqua-fit Sport" [27] .....	58
<b>Image 13</b> : Niveau d'immersion dans l'eau [58] .....	59
<b>Image 14</b> : Position de base du corps [39] .....	60
<b>Image 15</b> : Mouvement des chevilles [39] .....	61
<b>Image 16</b> : Modèle de pas de la Course de Fond [39] .....	62
<b>Image 17</b> : Erreurs observées à la Course de Fond [58] .....	62
<b>Image 18</b> : Erreurs observées à la Course de Fond [58].....	63
<b>Image 19</b> : Erreurs observées à la Course de Fond [58] .....	63
<b>Image 20</b> : Modèle de Skipping [39] .....	63
<b>Image 21</b> : Erreurs observées au Skipping [58] .....	64
<b>Image 22</b> : Modèle de Walking [39] .....	64
<b>Image 23</b> : Erreurs observées au Walking [58] .....	64

## Résumé

### ”Est-ce que le Deep-Water Running adapté à une réadaptation cardiaque stade II améliore davantage les paramètres du “6-MWT” à court terme ?”

*Etude de cohorte prospective contrôlée effectuée auprès de patients en réadaptation cardiaque stationnaire stade II en collaboration entre la Clinique Le Noirmont et Aline GYGER et Francine CRETAAZ, étudiantes à la Haute Ecole Valaisanne (HEVs) filière physiothérapie à Loèche-les-Bains.*

**Introduction :** En Suisse, les maladies cardiovasculaires constituent la principale cause de consultations médicales et d'hospitalisations. Afin d'apporter notre contribution à la diminution des coûts économiques et sociaux, nous proposons l'introduction du “Deep-Water Running” (DWR), également nommé “Aquajogging” ou “course en eau profonde”, dans la réadaptation cardiaque. Une intervention dans une clinique spécialisée en phase II permet de vérifier l'**hypothèse** suivante :

- L'intégration du concept du DWR est tolérée par les patients en réadaptation cardiaque stationnaire en phase II.
- Durant une réadaptation cardiaque stationnaire en phase II, les paramètres mesurés au “Test de 6 Minutes” sont à court terme encore améliorés lorsque le concept du DWR est inclus dans la réadaptation par rapport à une réadaptation cardiaque standard.

**Objectifs :** D'une part, vérifier en réadaptation cardiaque stade II si le DWR est une alternative aux activités proposées telles que l'Aquagym, le renforcement musculaire, les marches et les sorties en vélo. D'autre part, mesurer de manière objective l'évolution de la performance cardiaque au repos et à l'effort par l'intermédiaire du “Test de 6 Minutes” (6-MWT).

#### **Méthode :**

- Entrée des patients au centre de réadaptation pour une durée de trois semaines. Après la visite médicale, le test d'entrée (6-MWT) est effectué par tous les participants, puis ils sont répartis en deux groupes.
- Le groupe contrôle suit les traitements proposés par le centre.
- Le groupe d'intervention remplace deux traitements hebdomadaires par le DWR.
- Un accord de participation est signé par les patients et un dépliant d'information concernant le DWR leur est distribué.
- Collection des données personnelles et des paramètres lors des séances de DWR.
- Evaluation des participants par le test de sortie (6-MWT)

**Résultats et conclusion:** Le concept du DWR est intégrable dans une réadaptation cardiaque stationnaire stade II. La progression des deux groupes est de 17%. Malheureusement, les résultats sont généralement peu significatifs et de faible ampleur. Néanmoins, un échantillon randomisé d'une grande taille et une fréquence hebdomadaire supérieure de DWR peut produire de résultats plus significatifs au 6-MWT.

**Mots-clé :** Deep-Water Running, “Test de 6 Minutes”, (6-Minute Walk Test, 6-MWT), réadaptation cardiaque stationnaire stade II, infarctus du myocarde, valvulopathie, angioplastie transluminale coronaire percutanée (PTCA), stent

## Zusammenfassung

### “Verbessert ein angepasstes Deep-Water Running in der kardiovaskulären stationären Rehabilitation der Phase II den kurzfristigen Trainingseffekt?”

*Eine prospektive, kontrollierte Kohortenstudie durchgeführt bei Patienten in der stationären Herzrehabilitationsphase II in Zusammenarbeit zwischen der Klinik Le Noirmont und Aline GYGER und Francine CRETZAZ, Studentinnen der Hochschule Wallis (HEVs), Bereich Gesundheit und soziale Arbeit, Studiengang Physiotherapie, Leukerbad.*

**Einleitung:** Die häufigste Ursache der Arztbesuche und der Spitaleintritte in der Schweiz sind auf eine kardiovaskuläre Krankheit zurückzuführen. Um die immer grösser werdenden Kosten zu reduzieren, schlagen wir die Einführung des “Deep-Water Running” (DWR) Konzepts in der Herzrehabilitation vor, es wird auch “Aquajogging” genannt. Eine Untersuchung in einer spezialisierten Klinik erlaubt uns die folgende **Hypothese** zu überprüfen:

- Die Integrierung des DWR Konzepts wird von den Patienten der stationären Herzkreislaufrehabilitation der II. Phase toleriert.
- Die gemessenen Parameter des “6 Minuten Lauftests” sind während einer stationären kardiovaskulären Rehabilitation der II. Phase mit integriertem DWR Konzept kurzfristig besser als seine gewöhnliche Herzrehabilitation.

**Ziel:** Einerseits überprüfen, ob das DWR in der Herzrehabilitation II. Phase eine Alternative zu den bereits bekannten Aktivitäten wie Aquagym, Muskelkräftigung, Wandern und Fahrradfahren ist. Andererseits möchten wir objektiv den Verlauf der Herzleistung in Ruhe und bei der Arbeit mittels dem “6 Minuten Lauftest” (6-MWT) messen.

#### **Methode :**

- Eintritt der Patienten im Herzrehabilitationszentrum für drei Wochen. Nach der medizinischen Abklärung, führen alle Teilnehmer einen “6 Minuten Lauftest” als Eingangstest aus und werden danach in zwei Gruppen eingeteilt.
- Die Kontrollgruppe führt die vom Zentrum vorgeschlagenen Therapien durch.
- Die Interventionsgruppe ersetzt zwei wöchentliche Therapien durch das DWR.
- Die Studienteilnehmer unterschreiben eine Einverständniserklärung und erhalten ein Informationsblatt betreffend dem DWR.
- Aufnahme der Personalien- und der Deep-Water Running-Daten
- Auswertung aller Studienteilnehmer mittels dem “6 Minuten Lauftest” bei Austritt.

**Resultat und Schlussfolgerung:** Das DWR ist in einer stationären kardiovaskulären Rehabilitation der Phase II integrierbar. Beide Gruppen haben die Distanz um 17% verbessert. Leider haben die allgemeinen Resultate eine schwache Aussagekraft und sind wenig signifikant. Eine grössere Anzahl randomisierter Teilnehmer und mehrere wöchentliche DWR-Trainings können die Signifikanz der 6-MWT Resultate verbessern.

**Schlüsselwörter:** Deep-Water Running, “6 Minuten Lauftest”, “6-Minute Walk Test” (6-MWT), stationäre Herzrehabilitation Phase II, Herzinfarkt, Valvulopathie, perkutane transluminale koronare Angioplastie (PTCA), Stent

## Table des matières

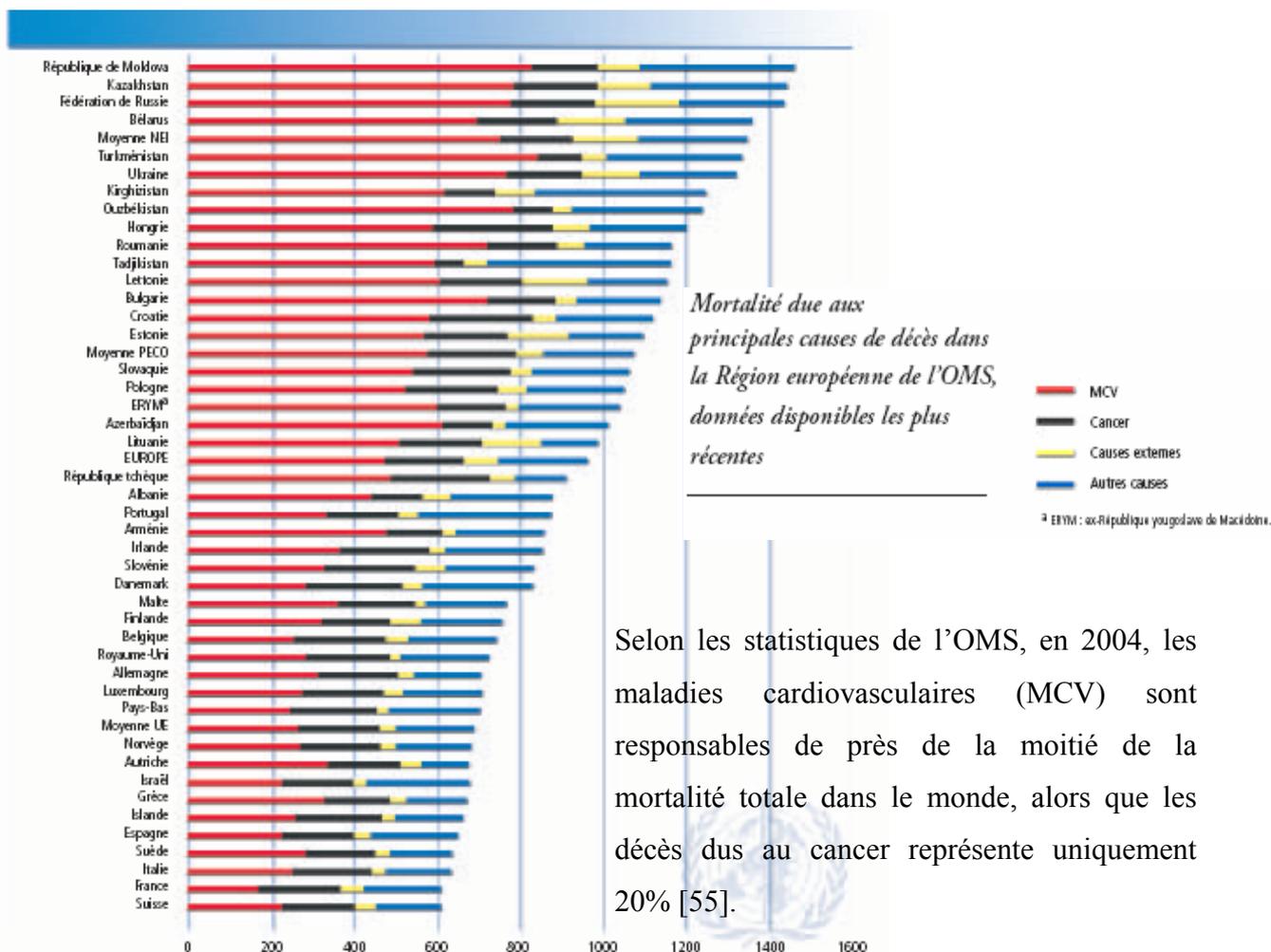
<b>1. Définition et présentation du sujet.....</b>	<b>3</b>
1.1 Prévalence d'incidents cardiovasculaires au niveau mondial.....	3
1.2 Prévalence d'incidents cardiovasculaires en Suisse.....	4
1.3 Motivations personnelles et approche du sujet.....	5
1.4 Définition et présentation des différentes phases de la réadaptation cardiaque.....	7
<b>2. Hypothèse.....</b>	<b>10</b>
<b>3. Revue de littérature concernant la réadaptation cardiaque.....</b>	<b>12</b>
3.1 Limites.....	14
3.2 Synthèse.....	15
<b>4. Revue de littérature concernant le Deep-Water Running ou DWR.....</b>	<b>17</b>
4.1 Influence de l'âge.....	19
4.2 Influence du sexe.....	20
4.3 Explications proposées par les différentes études.....	20
4.4 Limitations.....	21
4.5 Synthèse.....	23
4.6 Application concrète du Deep-Water Running dans la réadaptation cardiaque.....	25
<b>5. Revue de littérature concernant le "Test de 6 Minutes".....</b>	<b>26</b>
5.1 Limites.....	28
5.2 Synthèse.....	30
<b>6. Physiologie cardiovasculaire du corps immergé au repos et à l'effort.....</b>	<b>32</b>
6.1 Effet de la pression hydrostatique.....	32
6.2 Régulation du volume d'éjection systolique.....	32
6.3 Régulation de la fréquence cardiaque.....	34
6.4 Répercussions au niveau pulmonaire.....	35
6.5 Changements des fonctions rénales.....	36
6.6 Propriété de l'eau.....	37
6.7 Température de l'eau.....	38
6.8 Régulation de la température corporelle au repos et à l'effort.....	39
6.9 Changements physiologiques liés à l'âge et les effets d'entraînements.....	41
6.10 Synthèse.....	42
<b>7. Facteurs de risques cardiovasculaires, pathologies et effets de l'entraînement.....</b>	<b>43</b>
7.1 Les facteurs de risques.....	43
7.2 Influence de l'effort physique sur les facteurs de risques d'atteintes cardiovasculaires.....	46
7.3 Formation de la plaque athéromateuse.....	47
7.4 Pathologies.....	48

7.4.1	<i>Infarctus du myocarde</i> .....	49
7.4.2	<i>Remplacement de la valve aortique, mitrale et bicuspidale</i> .....	50
7.4.3	<i>Angioplastie transluminale coronaire percutanée (PTCA) et pose de stent</i> .....	51
7.4.4	<i>Anévrisme</i> .....	51
<b>8.</b>	<b>Protocole de l'expérimentation</b> .....	<b>52</b>
8.1	Contacts et délais.....	52
8.2	Sélection des groupes .....	53
8.2.1	<i>Choix de la population</i> .....	53
8.3	Prétest .....	54
8.4	Programme des deux groupes.....	55
8.4.1	<i>Groupe de contrôle</i> .....	56
8.4.2	<i>Groupe d'intervention</i> .....	56
8.5	Instruments de mesure.....	57
8.6	Déroulement des séances de DWR.....	58
8.6.1	<i>Introduction au DWR (durée 5 minutes)</i> .....	58
8.6.2	<i>Échauffement dans l'eau</i> .....	60
8.6.3	<i>Partie principale : Initiation aux 3 styles de pas dans l'eau</i> .....	61
8.6.4	<i>Retour au calme</i> .....	65
8.7	Posttest .....	65
8.8	Principes éthiques.....	66
<b>9.</b>	<b>Résultats du "6-MWT"</b> .....	<b>67</b>
9.1	Modèles et instruments d'analyse .....	67
9.2	Résultats .....	68
9.2.1	<i>Echantillon</i> .....	68
9.2.2	<i>Paramètres pré- et posttests</i> .....	69
<b>10.</b>	<b>Interprétation des résultats, discussion et conclusion</b> .....	<b>74</b>
10.1	Influence de l'échantillon.....	77
10.2	Influence de la randomisation .....	77
10.3	Confrontation avec le littérature scientifique .....	78
10.4	Limitations rencontrées et pistes pour des recherches futures .....	79
10.5	Transfert des résultats dans la pratique professionnelle .....	81
10.6	Conclusion.....	81
<b>11.</b>	<b>Bibliographie</b> .....	<b>82</b>

## 1. Définition et présentation du sujet

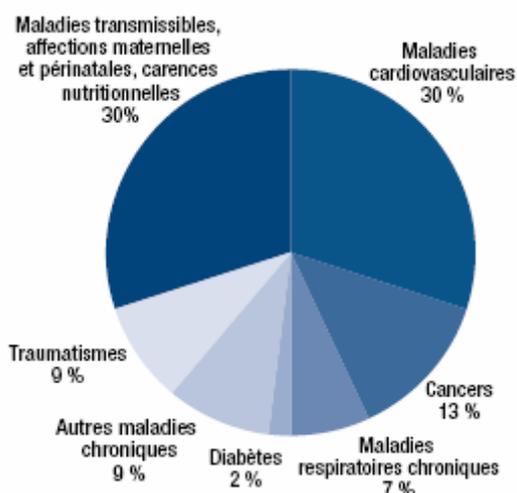
### 1.1 Prévalence d'incidents cardiovasculaires au niveau mondial

Chaque année, le nombre de personnes touchées par un problème cardiaque ne cesse de croître. En 2005, on dénombre au niveau mondial plus de 17.5 millions de décès dus aux maladies cardiovasculaires. En effet, ce n'est qu'après la première guerre mondiale que les affections cardiovasculaires devinrent, dans les pays occidentaux, la principale cause de mortalité chez l'adulte [52]. Curieusement, ces maladies sont également devenues les premières causes de décès dans certains pays en développement et sont responsables d'un tiers des décès au total [53]. L'organisation Mondiale de la Santé (OMS), relève un fléau de maladies non transmissibles, principalement des affections cardiovasculaires [54, 56]. En tant que professionnelles de la santé, nous ne pouvons faire abstraction de domaine que représente la réadaptation cardiaque.



Selon les statistiques de l'OMS, en 2004, les maladies cardiovasculaires (MCV) sont responsables de près de la moitié de la mortalité totale dans le monde, alors que les décès dus au cancer représente uniquement 20% [55].

Tableau 1 : OMS "Rapport sur la santé en Europe 2004"[55]



En observant plus précisément les causes de mortalité au niveau mondial en 2005, nous remarquons que les MCV se situent en tête de liste avec les maladies transmissibles. L’OMS [54] estime que sur les 58 millions de décès enregistrés durant l’année 2005, 17.5 millions sont dus aux MCV, soit 30%.

Tableau 2 : OMS "Statistique sanitaire 2006" [54]

## 1.2 Prévalence d’incidents cardiovasculaires en Suisse

En se penchant davantage sur la situation en Suisse, on observe un impact grandissant des MCV. En effet, les derniers chiffres de 2004 publiés par l’Office Fédéral de la Statistique (OFS) [26], démontrent que les affections cardiovasculaires sont la première cause de consultations médicales. La prévalence est de 13% pour les hommes et de 9% pour les femmes. Le nombre d’hospitalisations pour les principales catégories de MCV augmente avec l’âge des patients pour atteindre un point culminant entre 65 et 74 ans chez les hommes et entre 75 et 84 ans chez les femmes.

Le tableau 3 répartit les causes des consultations médicales en Suisse en fonction des pathologies. Les affections cardiovasculaires présentent avec 13% sur l’ensemble des visites médicales la principale cause de consultation [26].

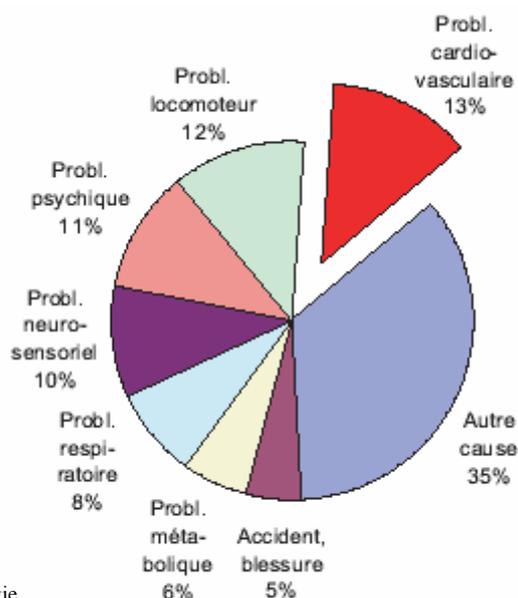


Tableau 3 : Fondation Suisse de Cardiologie, "Chiffres et données sur les maladies cardiovasculaires en Suisse", 2004 [26].

Base de calcul. 100% = 83,7 mio. de diagnostics

Le tableau ci-dessous présente une synthèse des résultats de la statistique médicale des hôpitaux en 2004 [26]. Ces données démontrent la place qu’occupent les MCV dans le système de santé actuel de notre pays.

Motif d'hospitalisation	Nombre	% total	Durée de séjour moyenne	Nombre de jours d'hopitale	% total
Mal. hypertensives	6 000	0.5%	12.0	71 759	0.5%
Mal. ischémiques	22 875	2.7%	9.1	208 991	1.4%
Autres cardiopathies	23 788	1.8%	11.2	266 360	1.8%
Mal. cérébrovasculaires	15 456	1.2%	22.7	351 187	2.3%
Mal. des artères, etc.	11 924	0.9%	12.9	153 400	1.0%
Mal. des veines, etc.	22 815	1.7%	5.6	127 258	0.8%
Mal. cardiovasculaires (total)	136 963	10.4%	10.2	1 391 952	9,2%
Tumeurs	96 361	7.3%	10.1	970 563	6.4%
Troubles psychiques	74 514	5.7%	58.6	4 365 856	28.7%
Maladies respiratoires	68 232	5.2%	9.0	615 125	4.0%
Maladies digestives	98 452	7.5%	7.5	742 919	4.9%
Maladies ostéo-articulaires	144 563	11.0%	9.9	1 429 570	9.4%
Autres maladies	397 777	30.3%	7.4	2 955 360	19.5%
Maladies (total)	1 016 862	77.5%	12.3	12 471 345	82.1%
Causes externes	137 608	10.5%	8.4	1 161 941	7.6%
Investigations	157 589	12.0%	9.9	1 556 524	10.2%
Toutes causes	1 312 059	100.0%	11.6	15 189 810	100.0%

Tableau 4: OFS "Statistique médicale des hôpitaux en 2004 [26]

Parmi les 1'312'059 admissions enregistrées, 10.4 % des journées d’hospitalisation sont liées à un diagnostic de MCV. Dans cette catégorie, les cardiopathies ischémiques du cœur représentent la cause la plus fréquente des admissions, soit 2.7% de la totalité des admissions.

### 1.3 Motivations personnelles et approche du sujet

Plusieurs raisons nous poussent à développer ce projet :

Dans un premier temps, comme cité ci-dessus, les MCV occupent une place prépondérante dans la santé mondiale. En tant que futures professionnelles de la santé, nous désirons ardemment découvrir plus spécifiquement ce domaine, car il fera partie de nos préoccupations futures.

Dans un deuxième temps, c’est lors de nos divers stages que nous avons eu l’occasion de nous familiariser avec la réadaptation cardiaque qui était, pour nous, peu connue et qui, a éveillé notre intérêt.

De plus, notre formation de physiothérapeute a lieu proche d’un centre de balnéothérapie et contient des modules proposant des thérapies dans l’eau. C’est petit à petit que nous nous sommes interrogées sur le Deep-Water Running (DWR), nommé aussi Aquajogging ou course en eau profonde (technique de marche dans l’eau avec ceinture de flottaison), sur ses effets et la possibilité de l’intégrer dans la réadaptation cardiaque. Car parmi les différents exercices dans l’eau, le DWR connaît ces dernières années un engouement populaire croissant [1, 2, 39].

Dans un troisième temps, nous avons étendu nos recherches à divers articles ou études concernant le DWR. Les recherches littéraires mêlant la méthode du DWR à la réadaptation cardiaque se sont montrées peu fructueuses. Nous nous sommes donc dirigées vers des spécialistes qui, eux aussi, ne se déclarent pas unanimes sur le sujet. Selon un médecin d’un centre hospitalier universitaire de Suisse, le DWR serait trop astreignant pour des patients en stade II de réadaptation cardiaque, alors que d’autres médecins d’un centre de réadaptation et d’un hôpital universitaire affirment ne pas connaître de contre-indication.

Après discussion concernant le choix de la population, nous avons contacté les cent six groupes de maintenance cardiovasculaires suisses [51]. Un groupe bâlois est le seul à pratiquer cette méthode. Les cent cinq groupes restants ne proposent pas de DWR, car ils sont confrontés aux difficultés suivantes :

- une piscine avec une profondeur suffisante n’est pas disponible
- les gilets (Wet-Vest) manquent
- les coûts de matériel et des instructeurs qualifiés sont élevés
- difficulté à trouver du personnel qualifié et disponible pour l’enseignement
- actuellement il existe une seule entreprise reconnue par Qualitop [62] qui propose cette formation en Suisse.

Puis, pour des raisons pratiques et techniques, nous nous sommes finalement dirigées vers d’autres centres spécialisés.

Nous avons élargi notre recherche et pris contact avec différentes cliniques de réadaptation cardiovasculaire suisses. A travers plusieurs entretiens et échanges d’informations avec des professionnels, un terrain de collaboration a vu le jour avec La Clinique Le Noirmont dans le canton du Jura [63].

Finalement, pour ces différentes raisons mentionnées ci-dessus, nous aimerions démontrer que le DWR adapté peut être combiné à la réadaptation cardiaque de trois semaines en stade II et permettrait d’obtenir une amélioration des capacités cardiovasculaires.

#### 1.4 Définition et présentation des différentes phases de la réadaptation cardiaque

En Suisse, la réadaptation cardiaque est gérée par le “Groupe Suisse de travail pour la Réadaptation Cardiovasculaire” (GSRC) [44] dans lequel les professionnels de la santé collaborent en interdisciplinarité. Le GSRC s’appuie sur les guidelines (lignes de conduites) d’associations telles que l’American Thoracic Society (ATS) [6] élaborées à partir de conférences de consensus et de recherches scientifiques. Vous trouverez dans les chapitres de la revue de littérature, la validité de la réadaptation cardiaque.

En Suisse et dans les autres pays industrialisés, la réadaptation cardiaque est explicitée comme telle :

*“La réadaptation cardiaque est définie comme la somme d’interventions coordonnées nécessaires pour assurer les meilleures conditions physiques et sociales, de sorte que les patients présentant une affection cardiovasculaire chronique ou post-aiguë puissent, par leurs propres efforts et leurs comportements améliorés, conserver ou reprendre leur place dans la société”. [1]*

La réadaptation cardiaque est répartie en trois phases distinctes [6, 26, 44]:

La **phase I** a lieu durant l’hospitalisation en milieu aigu. Le patient et son entourage sont informés des causes, de l’amplitude et des conséquences de son problème cardiovasculaire. Ces éléments sont nécessaires, car la personne concernée et ses proches sont souvent surpris

par l'événement. Au niveau médical, une mobilisation précoce a lieu afin d'éviter toutes les complications causées par l'alitement et pour préparer le patient à son retour à domicile. Le cardiologue de l'établissement choisit avec le patient la formule de la deuxième phase qui convient aux besoins et aux possibilités de ce dernier.

La **phase II** prend en compte les patients d'un point de vue biopsychosocial afin d'atteindre au mieux et au plus vite le niveau des capacités précédent l'incident et, ainsi permettre une vie presque “normale”. Cette phase peut être réalisée en mode ambulatoire, stationnaire ou dans de rares cas, par le médecin de famille.

Les avantages de la réadaptation ambulatoire sont les suivants :

- convalescence en milieu familial
- intégration de la famille ou du partenaire lors du changement de style de vie
- démonstration des possibilités d'activités aux alentours du lieu de domicile
- sentiment du patient de participer volontairement ou avec des contraintes moindres qu'en milieu hospitalier
- coûts de réadaptation amoindris
- transition facilitée dans un groupe de maintien

Les avantages en réadaptation stationnaire sont:

- éloignement du patient des pressions familiales et professionnelles
- encadrement des personnes vivant seules
- contrôles réguliers et intensifs des patients à risques
- prise en charge 24h/24h
- palette de thérapies plus large; en général, les enseignements à la relaxation, à la diététique et à l'éducation à la santé sont inclus
- activités sportives intensives pour les patients physiquement très actifs et jeunes

La **phase III** de la réadaptation cardiaque est une réadaptation à long terme. Les facteurs suivants sont prépondérants :

- maintien d'une bonne qualité de vie
- éviter de toute complication d'une atteinte cardiovasculaire
- ralentissement de la progression de la MCV par le contrôle permanent des facteurs de risques

Au cours de ce processus, les patients disposent d’un accompagnement permanent et profitent des conseils des groupes de maintiens, nommés généralement “groupes coronaires” ou “groupes de maintenance cardiovasculaire”

Nous avons volontairement détaillé la phase II, car notre MFE (MFE) s’adresse aux patients en traitement stationnaire séjournant pendant trois semaines en réadaptation cardiaque spécialisée. Ils sont principalement atteints de cardiopathies ischémiques ou valvulaires avec ou sans opération.

Dans les chapitres suivants, nous allons développer notre projet à travers la revue de littérature, le choix de l’échantillon, les instruments de mesures, le protocole et l’analyse des résultats.

## 2. Hypothèse

Comme cité dans le chapitre précédent, nous voulons appliquer le concept du Deep-Water Running à la réadaptation cardiaque stationnaire en phase II. Afin de mieux décrire le projet, nous définissons en premier lieu les variables.

Nous distinguons deux **variables indépendantes**. La première est la **réadaptation cardiaque** régie selon les normes suisses du GSRC [44] et les normes internationales de l’ATS [6]. La revue de littérature concernant la réadaptation cardiaque consent clairement la validation de la réadaptation cardiaque (voire chapitre “3. Revue de littérature concernant la réadaptation cardiaque”). Ce réentraînement à l’effort permet à la majorité des patients de retrouver partiellement ou complètement le niveau des capacités physiques avant l’incident. Le but ultime de la réadaptation cardiaque est de maîtriser les activités quotidiennes, de réintégrer le milieu social, familial et professionnel connu et de pouvoir user à nouveau pleinement des moyens physiques et psychiques.

La deuxième variable indépendante est la méthode du **Deep-Water Running**. Jusqu’à présent, cette méthode est utilisée dans divers domaines, principalement comme programme d’entraînement chez les sportifs ou dans la rééducation musculo-squelettique. Pour ses différentes vertus au niveau cardiovasculaire, (se référer au chapitre “6. Physiologie cardiovasculaire du corps immergé au repos et à l’effort”,) nous désirons introduire le concept du DWR dans le milieu de la physiothérapie cardiaque. L’immersion en milieu aquatique exerce une pression hydrostatique qui déclenche une cascade de réactions physiologiques. Quand l’effort physique est ajouté, la charge cardiaque atteint son paroxysme. Il semblerait donc, que les stimuli provoqués correspondent à entraînement hors de l’eau.

Par conséquent, la **variable dépendante** est représentée par l’ensemble des paramètres qui permettent de dire que la réadaptation cardiaque est efficace. En combinant la réadaptation cardiaque et le concept du DWR, nous attendons obtenir une plus grande amélioration des paramètres du “Test de 6 Minutes” (6-MWT) que lors d’une réadaptation cardiaque conventionnelle. Nous prétendons qu’une charge cardiaque légèrement augmentée, habitue le myocarde plus rapidement aux charges quotidiennes qu’il devra supporter. Une réadaptation

personnalisée et d'intensité soutenue permettrait de raccourcir le temps du séjour en milieu hospitalier et par conséquent les coûts financiers.

Les paramètres et les différentes échelles sont spécifiés ultérieurement dans le chapitre “8. Protocole de l'expérimentation”.

A travers ce MFE et en nous appuyant sur des études fiables [8, 32, 34, 35, 36, 37, 38, 40, 42, 46, 48], nous prétendons que :

- le DWR peut s'adapter et s'intégrer à une réadaptation cardiaque classique stationnaire en phase II à court terme.
- durant une réadaptation cardiaque stationnaire en stade II, les paramètres mesurés au “Test de 6 Minutes” sont à court terme, davantage améliorés lorsque le concept du DWR est inclus dans la réadaptation classique.

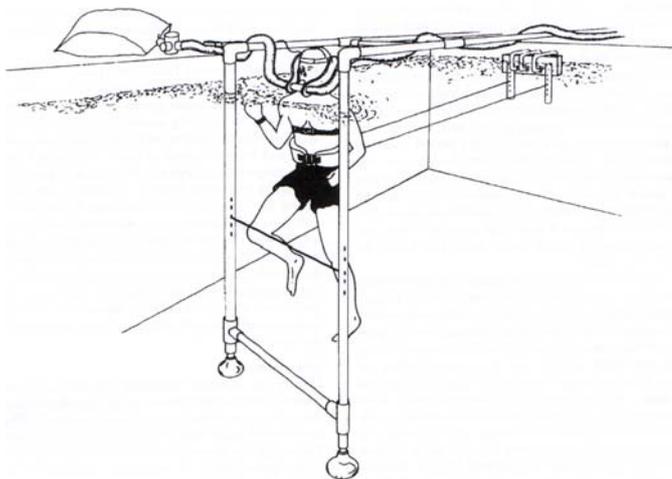


Image 1 : Exemple d'équipement nécessaire lors de l'étude de Michaud et al. [34]

### 3. Revue de littérature concernant la réadaptation cardiaque

Les études scientifiques concernant la réadaptation cardiaque sont fort nombreuses. Nous avons volontairement écarté les études médicales concernant les traitements médicamenteux tels que les anti-thrombotiques, les bêtabloquants et les anti-lipidiques. Les résultats de nos recherches dans la littérature attestent de manière unanime **l’efficacité de la réadaptation cardiaque classique basée sur les exercices physiques.**

Afin d’éviter toute redondance, nous présentons quatre publications se rapprochant au mieux de notre sujet. Il s’agit des méta-analyses de Taylor R.S. et al. [1] et des membres d’ExTraMatch [3], la revue systématique de McAlister F.A. et al. [2] et d’une étude de Austin J. et al. [4].

La **population sélectionnée** des parutions randomisées vise les personnes dès 50 ans, présentant des dysfonctionnements systoliques du ventricule gauche avec un volume d’éjection supérieur ou égal à 40% et/ou des pathologies cardiaques telles que des infarctus du myocarde, des pontages coronaires, des angioplasties coronaires percutanées (PTCA) ou l’angine de poitrine. Le risque attribué aux atteintes cardiaques varie de modéré à fort. Toutes les personnes sélectionnées sont en phase II ou III de la réadaptation cardiaque et suivent des traitements en ambulatoire ou en stationnaire. Les **paramètres d’exclusion** sont les suivants :

- co-morbidités significatives ou nombreuses
- stade terminal d’une maladie
- impossibilité d’exercice due à des problèmes de dysfonctionnement musculo-squelettique
- maladies cardiaques instables (ischémie, dysfonctionnement valvulaire avancé, insuffisance cardiaque sévère, dysfonctions diastoliques graves ou angine de poitrine)
- habitant à l’extérieur de la zone définie

Les **traitements** sont orientés vers une prise en charge multidisciplinaire comprenant des exercices physiques. Il est possible de les effectuer en mode ambulatoire ou stationnaire. Les groupes de contrôle suivent uniquement une prise en charge centrée sur des efforts physiques, tandis que les groupes expérimentaux participent en supplément aux interventions de

diététique, psychologie, éducation (style de vie) et des effets médicamenteux. Malheureusement, les suivis et la durée des traitements ne sont pas précisés.

Après les traitements, les **paramètres** suivants suivant démontrent clairement les **effets bénéfiques** de la réadaptation cardiaque par [1, 2, 3, 4] :

- Diminution du **cholestérol** en général (-0.37 mmol/l en moyenne) et des triglycérides (-0.23 mmol/l en moyenne) sans réduction significative du LDL et du HDL.
- Régression significative de la **tension artérielle systolique** (-3.2 mm Hg en moyenne) sans réduction significative de la pression artérielle diastolique.
- Amélioration partielle de la **qualité de vie** selon l'échelle de Jadad (Jadad scale), MLHF et EuroQol scores.
- Diminution du **nombre d'hospitalisation** ( $RR^1 = 0.87$ ) et de la **durée de séjour**.
- Réduction significative du **risque de réhospitalisation** à la suite de traitements multidisciplinaires et d'un suivi à long terme de 3 à 12 mois.
- Dès 18 mois de suivi, la **mortalité** ( $OR^2 0.74$ ,  $95\% CI^3$ ) des groupes d'intervention diffère de manière significative ( $p=0.02$ ).

Étant donné que notre MFE utilise le “6-MWT” comme moyen d'évaluation, nous portons un grand intérêt aux études [4, 12, 13, 14] qui mesurent les effets de la réadaptation cardiaque par ce test. Le 6-MWT est un test bon marché et pratique qui mesure l'effort sous-maximal des performances fonctionnelles équivalentes à une activité normale [14].

Les **résultats** du tableau suivant sont issus de l'étude de Austin J. et al. [4] et correspondent aux résultats d'autres études [12, 13]. Voici les résultats après 8 semaines de traitements multidisciplinaires décrits ci-dessus :

---

<sup>1</sup> RR = risk ratio (95% confidence interval)

<sup>2</sup> OR = odds ratios

<sup>3</sup> CI = confidence intervals

Résultats d'étude	Groupe de contrôle	Groupe expérimental
Distance de marche	Légèrement diminuée	+ 16%
Dyspnée post-test	Augmente légèrement	Diminue significativement
Amélioration scores échelle NYHA	11%	45%
Réadmissions hospitalières	20.2%	10.6%
Mortalité	6%	6%

Tableau 5 : Austin J. and al. [4]

### 3.1 Limites

Quelques **imprécisions** apparaissent dans les études mentionnées ci-dessus [1, 2, 3]. Il est difficile de cerner la représentation exacte d'une réadaptation cardiaque basée sur les exercices physiques. Aucune étude ne développe concrètement le **type d'exercices** (aérobie ou anaérobie), **l'intensité** (fréquence, durée et intensité) et les **activités** (jeux, vélo, tapis roulant, ...). Nous supposons que, d'une part cette imprécision est due au grand nombre de publications et que les auteurs n'ont pas pu prendre en compte toutes les activités proposées. D'autre part, il existe un consensus reconnu au niveau mondial sur la réadaptation cardiaque [5] qui définit exactement les lignes de conduite [42] telles que la fréquence, la durée et l'intensité d'entraînement à respecter. Cependant, la plupart des études mentionnent les principaux domaines de cette réadaptation, à savoir la médication, l'éducation à la santé et le soutien psychosocial.

Certains articles scientifiques [2, 3] sont **limités** par l'influence de facteurs externes et par conséquent, sont difficilement quantifiables. En effet, la posologie de médicaments, leurs impacts au niveau physiologique et les éventuelles adaptations au cours de l'étude jouent un rôle non négligeable.

D'autres études [1, 2] perdent leur **impact** par le faible nombre de participants et le manque de précision des interventions entreprises. D'autres n'ont pas été publiées, en raison de la non comparabilité de leurs paramètres ou du manque de données. Une durée d'expérimentation trop courte permet rarement de présenter des résultats fiables.

La littérature [18, 19] démontre également l'importance de la **fatigue** apparaissant après un infarctus du myocarde. Parfois elle est combinée à des **états dépressifs**. L'incidence de dépression varie fortement, passant de 18% à 68%, tandis que celle concernant l'état d'épuisement physique se retrouve dans environ 39% des cas.

### 3.2 Synthèse

Malgré un grand nombre d'imprécisions concernant le type et l'intensité des exercices physiques, les activités, la posologie des médicaments et leurs effets, les quatre publications présentées et les autres études retenues arrivent aux conclusions suivantes :

Ces études confirment les **effets bénéfiques d'une réadaptation cardiaque en phase II et III orientée sur une prise en charge multidisciplinaire comprenant des exercices physiques**. Le suivi à long terme maximise les effets positifs et agit précisément sur les facteurs de risque.

La réadaptation cardiaque en phase II et III axée sur la prise en charge multidisciplinaire et sur l'effort physique restreint :

- les facteurs de risques [1, 5, 20, 21, 22, 23, 24] tels que le cholestérol, la tension systolique, le nombre de fumeurs et le stress
- les symptômes [4, 12, 13, 15, 16]
- la durée d'hospitalisation [2, 15, 16]
- le nombre de réadmissions [2, 4, 15, 16, 17]
- le taux de mortalité [1, 2, 3, 5, 22, 23, 24]
- les coûts générés par l'hospitalisation, les thérapies et le manque à gagner [2, 15, 16]

Et augmente :

- La performance fonctionnelle à long terme dans les AVQ [1, 4, 12, 13, 15, 16]
- La qualité de vie et les activités quotidiennes [4, 12, 13, 15, 16]

Le potentiel de progrès est indépendant du diagnostic, du type d'intervention chirurgicale ou de l'intensité de l'exercice [1]. Le potentiel d'adaptation aux charges des entraînements des

patients âgés et atteints de pathologies cardiaques avec de sévères co-morbidités sont les mêmes que des personnes saines de même âge [4, 5, 12, 13].

Certains auteurs [1] conseillent d’élargir les réadaptations cardiaques comprenant des exercices à toutes les personnes souffrant de pathologies cardiaques.

D’autres études [4, 12, 13] conseillent le “6-MWT” comme moyen de mesure. Il est présenté dans le chapitre “5. Revue de littérature concernant le “Test de 6 Minutes””.

Notre étude est basée sur les lignes de conduite du GSRC [44] et sur les connaissances prouvées par la littérature décrite ci-dessus. Les concepts des traitements pour les groupes de contrôle et expérimentaux sont décrits avec précision dans le chapitre “8. Protocole de l’expérimentation”.

## 4. Revue de littérature concernant le Deep-Water Running ou DWR

*“Le DWR est une forme de course dans l’eau. Un gilet de flottement spécifique (nommé “Wet Vest”) empêche l’impact au sol. Les mouvements des membres supérieurs et inférieurs varient selon la technique et le mode d’entraînement choisi. Actuellement cette méthode est utilisée pour améliorer l’endurance, la force musculaire et la coordination.” [39]*

A notre connaissance et malgré nos nombreuses recherches, aucune étude ne développe le concept du DWR appliqué au domaine de la réadaptation cardiaque. Nous nommons volontairement les différents domaines où le DWR est validé et à partir de ces évidences scientifiques nous avançons que le concept du DWR est adaptable au domaine cardiaque.

- La **prévention et la réadaptation** de blessures des membres inférieurs [40, 48, 50].
- Prise en charge des pathologies **rhumatismales, dorsales et liées à l’obésité**, car la force de gravité est annulée par l’immersion et l’absence d’impact au sol permettent une réadaptation adaptée [40, 41, 48, 49, 50].
- La **réadaptation musculo-squelettique et orthopédique** pré- et postopératoire [32, 40, 41, 48, 59].
- L’accélération du **processus de réadaptation** par la mobilisation précoce des membres inférieurs [40, 47, 48, 50, 59] en l’absence de douleur [40, 47]. Par conséquent, l’entraînement spécifique de la force peut débuter prématurément [48].
- La réhabilitation des **personnes sédentaires ou déconditionnées** qui veulent **améliorer** leur force musculaire et leurs capacités aérobiques [35, 40, 41, 46, 50].
- Accélération, chez les sportifs, du processus de **récupération entre deux entraînements**. Particulièrement lors des sports d’étirements et de contractions musculaires permanentes (stretch-shortening muscle actions), des décélérations

abruptes, des changements rapides de directions et de sauts sont touchés. Ces sollicitations concernent surtout les sports d'équipes et de jeux de balles (football, hockey, volleyball, handball...) [40, 47, 50].

- **L'augmentation des volumes d'entraînements** chez les **athlètes** qui désirent réduire les impacts au sol lors de la course sur terre ferme [40].
- Maintient des performances physique acquises ou substitution à un entraînement conventionnel chez les sportif qui souhaite éviter un surentraînement [34, 40, 41, 48, 50, 59].
- Maintient des capacités cardiovasculaires des **sportifs d'élite blessés** aux membres inférieurs [40, 48, 50, 59].

Le Collège Américain de la Médecine du Sport affirme que l'entraînement par intervalles au DWR procure des résultats équivalents à d'autres formes d'entraînements aérobiques [42]. Le DWR et la course sur route améliorent de manière significative ( $p < 0.0001$ ) la  $VO_{2max}$  [35].

En revanche, dix semaines sans activité suffisent pour anéantir les efforts de quatre semaines d'entraînement au DWR à trois séances par semaine [35].

Afin de nous rapprocher au mieux de notre hypothèse, nous prenons en considération par la suite uniquement les articles scientifiques au sujet du DWR en lien avec les réactions physiologiques cardiovasculaires et s'intéressant aux personnes saines de sexes confondus, sédentaires et dont l'âge est supérieur à 40 ans. Nous avons également retenu les études d'auteurs considérés comme experts dans le domaine du DWR soit, Michaud, Brennan, Wilder, Brown, Svedenhag, Reilly, Chu et Rhodes.

En **comparant** les paramètres reflétant l'effort physique obtenus lors du **Deep-Water Running et du tapis roulant** (en anglais, treadmill running TMR), les différences sont marquées [32, 33, 35, 36, 38]. Cependant, les contraintes imposées par le milieu aquatique provoquent des réponses physiologiques très importantes [33, 34, 36, 38, 40] qui peuvent être reproduites sur terre ferme [33].

Afin de ne pas créer de confusion, nous présentons uniquement les résultats mesurés par Svendehag et Seger [37] qui correspondent à d’autres recherches. Les explications suivent au sous-chapitre “4.3 Explications proposées par les différentes études”.

Résultat d’étude	tapis roulant	DWR	différence
FC <sub>max</sub> (b/min)	188 +/- 2	172 +/- 3	- 16
O <sub>2</sub> pulsation (ml/O <sub>2</sub> )	24.5	23.4	- 1.1
Lactate (mmol)	10.0 +/- 0.6	12.4 +/- 1.3	+ 2.4

Tableau 6 : Svendehag et Seger [37]

#### 4.1 Influence de l’âge

Actuellement, **peu d’études ont réellement examiné** l’influence des altérations des réponses physiologiques liées au vieillissement [32, 33, 41]. Cependant, le chapitre “6. Physiologie cardiovasculaire du corps immergé au repos et à l’effort” révèle que les personnes âgées ont les mêmes capacités d’adaptation aux stimuli des entraînements que les jeunes.

En considérant la formule de la **FC<sub>max</sub>** (220b/min – l’âge +/- 20 b/min), l’influence de l’âge est incontestable. Il en est de même concernant la **VO<sub>2</sub>max**, car dès 25 ans elle diminue de 1% chaque année [25, 32, 45]. Si les résultats des paramètres reflétant la capacité cardiaque sont exprimés en fonction de l’âge, il n’y a pas de différences [25, 32, 33]. Malgré les changements physiologiques liés à l’âge, l’adaptation de la fréquence cardiaque et de la VO<sub>2</sub>max lors de l’immersion a lieu à tout âge [32, 33].

Malgré les conséquences du vieillissement, les personnes âgées pratiquant le DWR peuvent produire les mêmes adaptations physiques que les jeunes [32, 33, 41]. Les exercices en milieu aquatique empêchent des lésions des impacts au sol [35]. Donc, cette méthode convient parfaitement à cette tranche de population [41]. A ce jour, il n’existe pas encore de consensus pour la prescription d’un programme d’entraînement adapté aux besoins des aînés [41].

Malgré la régression linéaire de la fréquence cardiaque maximale et de la  $VO_2$ max liée à l’âge [25, 32, 33, 38], les **personnes âgées** pratiquant le DWR peuvent produire les mêmes adaptations physiques que les jeunes [32, 33, 41]. Les effets du vieillissement ne jouent aucun rôle, car les réactions physiologiques provoquées par l’immersion sont plus importantes [41].

#### 4.2 Influence du sexe

La plupart des études séparent la population selon le sexe, car ce facteur pourrait influencer les valeurs de départ, le potentiel d’amélioration et les valeurs finales. Il n’y a malheureusement **pas de consensus** à ce sujet [32, 33, 36, 38, 40, 41] (voire “6. Physiologie cardiovasculaire du corps immergé au repos et à l’effort”).

Les paramètres reflétant la capacité cardiovasculaire des femmes sont proportionnellement inférieures à celles des hommes [36, 38]. Certaines études [33, 36] affirment que le pourcentage de la  $VO_2$ max et de la  $FC_{max}$  sont influencés par le sexe. D’autres études [36, 38, 41] affirment que les réponses physiologiques ne sont aucunement influencées par le sexe ou le pourcentage de graisse corporelle.

#### 4.3 Explications proposées par les différentes études

Les études qui comparent les valeurs obtenues sur TMR ou au DWR mentionnent plusieurs raisons qui expliquent partiellement les divergences des résultats. Les différents mécanismes ainsi que les réactions physiologiques du corps à la **température de l’eau**, les **propriétés de l’eau**, les **répercussions respiratoires**, la **composition corporelle** et la **pression hydrostatique** seront décrits ultérieurement dans le chapitre “6. Physiologie cardiovasculaire du corps immergé au repos et à l’effort”.

Comme la **technique du DWR** est différente de la marche sur terre ferme [32, 34, 35, 36, 37, 38, 41, 49]:

- l’absence d’impact du talon au sol en début de phase d’appui [35, 49]

- comparé à la marche sur la terre ferme, les schémas de recrutements musculaires sont différents [32, 33, 34, 36, 37]
- lorsque les cadences du DWR augmentent, le déficit d’extension des articulations des hanches apparaît [36]
- temps de contraction musculaire supérieur [36, 37, 38]
- le travail des grandes masses musculaires des membres inférieurs et des ceintures scapulaires est fortement diminué au profit des petites masses musculaires des membres supérieurs [34, 35]
- demande d’énergie aérobie et anaérobie augmentée [36, 49]
- perfusion sanguine des membres inférieurs diminuée par la pression hydrostatique et la répartition spécifique du sang à l’effort [32]
- les muscles antigravitaires sont moins sollicités [36]

#### 4.4 Limitations

Le **moment du test** joue un rôle très important [33, 34, 35]. Certaines études évaluent les participants lors de la première séance de familiarisation au DWR. Il est évident que les progrès jusqu’à la fin de l’étude seront d’autant plus marqués, car ils maîtriseront la technique et auront déjà effectué le même test. Les différentes pratiques soulignent cet aspect.

**Les méthodes du test** varient considérablement entre les différentes études. Certaines recherches utilisent la méthode d’entraînement comme méthode de mesure. Ceci justifie incontestablement des résultats plus démonstratifs que ceux obtenus par une méthode neutre, inconnue aux participants. Brown et al. [33], Davidson et McNaughton [35] critiquent fermement cet élément.

Un facteur de limitation non négligeable et influençant le résultat final réside au moment des **séances de familiarisation au DWR**. En effet, certains participants ont suivi une séance de familiarisation [32, 33] et d’autres en ont suivi deux [34, 38]. Les participants ont été informés préalablement des buts du DWR, du port des vestes, et de la technique des différents pas. Ainsi, les personnes ont acquis une certaine coordination des mouvements entre les membres supérieurs et inférieurs. Ceci leur permet de trouver une longueur de pas optimale pour devenir plus efficaces. Les études [35, 36] ne mentionnant pas cet élément ont en général

exécuté les tests d’entrée avant la familiarisation avec la méthode du DWR. Par conséquent, la progression des paramètres sera plus marquée. Concernant notre étude et pour des raisons pratiques, nous avons d’abord effectué le test d’entrée, puis instruit le concept du DWR.

La **maîtrise de la technique** est un élément clé. Les sportifs et en particulier les coureurs sont avantagés, car ils sont habitués à la coordination des mouvements des membres lors de la course [35]. Chez les personnes âgées entre 50 et 70 ans, les problèmes d’équilibre et de proprioception sont plus marqués [33]. Elles consacrent donc, une grande partie de l’énergie à l’exécution correcte de la technique et la performance est ainsi diminuée [33]. Etant donné que l’âge de notre population varie de 40 à 60 ans, nous pouvons nous attendre à un investissement énergétique important pour la coordination.

Un grand nombre d’études [32, 33, 34, 36] effectuent les mesures sur les sujets exerçant le DWR dans des conditions relativement différentes de la pratique quotidienne. Les patients sont fortement limités dans leurs mouvements par l’appareillage de la spirométrie, les poids ajoutés imitant l’effort croissant, l’échafaudage et le métronome indiquant la cadence des pas (illustrés à la fin du chapitre). Hors des **conditions de laboratoire** les instruments de mesure ne sont pas forcément imperméables, l’appareil de spirométrie n’est pas transportable et les piscines ne sont pas équipées d’un échafaudage limitant l’amplitude des hanches et stabilisant le tronc. Concernant la mise en pratique de notre étude, nous vous prions de vous référer au chapitre “8. Protocole de l’expérimentation”.

A la suite de diverses discussions avec le concessionnaire du DWR en Suisse, les physiothérapeutes affirment qu’il n’existe pas **d’échelle de conversion** des paramètres (FC, VO<sub>2</sub>max) entre les valeurs obtenues sur terre ferme et celles réalisées dans l’eau. Pour cette raison, il est impossible de comparer des résultats mesurés lors d’un test (protocole de Wilder/Brennan, Balke, Butts, Graded Wilder Exercise Test) en milieu aquatique avec une méthode neutre sur terre ferme. On peut uniquement considérer la progression en pourcentage [32, 33]. La fréquence cardiaque maximale lors du DWR est d’environ 15 à 17 battements par minute inférieure lorsque l’effort est effectué sur terre ferme [34, 41].

Les **échantillons** décrits ne correspondent que rarement aux personnes participant à notre étude. À l’exception d’une enquête [33] où il s’agissait de femmes et d’hommes entre

cinquante et septante ans, les autres études ont généralement collaboré avec des jeunes, des sportifs, des étudiants volontaires dont l'anamnèse exclut les antécédents cardiaques, respiratoires, de gênes orthopédiques ou souffrant d'arthrose ou d'ostéoporose. Il est notoire qu'un grand nombre d'études se retrouvent avec des populations très similaires, qui ne correspond rarement à la réalité.

Reilly et al. [40] ainsi que Chu et Rhodes [41] déplorent le **manque de cohérence** des **techniques**, des **protocoles** et des **échantillons** entre les différentes études au sujet du DWR. Ils pensent que ce fait est dû au nombre d'auteurs qui considèrent le DWR comme unique méthode d'entraînement au lieu d'un complément aux entraînements conventionnels [40, 41]. Il en est de même pour la **durée** de l'étude et la **fréquence des entraînements** [32, 33]. Certaines interventions ont duré huit semaines [34] comprenant trois entraînements par semaine. D'autres ont duré quatre semaines dont la fréquence est également de trois séances hebdomadaires [35]. D'autres études suivent des protocoles dont ils ne précisent pas les détails [34, 35, 36]. Par conséquent, les **résultats ne sont pas comparables**.

Il est très difficile d'élaborer des **recommandations d'entraînements** efficaces au DWR. Selon les différentes études [35, 36, 40, 41, 42], les points suivants sont à respecter :

- La fréquence des entraînements est de trois à cinq séances hebdomadaires [34, 35, 42].
- La durée est de 20 à 60 minutes [34, 35, 42].
- Une haute intensité d'entraînements afin de stimuler le système cardiovasculaire [42].
- Relever les paramètres objectifs et subjectifs en évitant la fréquence cardiaque maximale, car elle atteint un plateau à 120 b/min [32, 36].
- Progresser par l'augmentation de l'intensité des exercices, de la fréquence et de la durée des séances [42].

#### 4.5 Synthèse

La littérature concernant le concept du DWR est abondante mais nécessite toutefois de plus amples recherches [40]. Le DWR est **indiqué** pour les affections rhumatismales et dorsales [40, 41, 48, 49, 50], orthopédiques [32, 40, 41, 48] et adapté aux personnes sédentaires [35, 40, 41, 46, 50] et obèses [40, 41, 48, 49, 50]. De plus, il accélère le processus de la

réadaptation [40, 47, 48, 50]. Les sportifs l'utilisent pour la récupération entre deux efforts [40, 47, 50], pour varier leurs entraînements [34, 40, 41, 48, 50], pour augmenter les volumes des entraînements [40] et pour maintenir les capacités physiques lors de blessures [40, 48, 50]. Le concept du DWR est également un moyen efficace pour la prévention de blessures [40, 48, 50]. C'est à partir de ces évidences scientifiques que nous avançons la possibilité d'intégrer le DWR à la réadaptation cardiaque stationnaire stade II.

Malgré la régression linéaire de la fréquence cardiaque maximale et de la  $VO_2$ max liées à l'âge [25, 32, 33, 38], les **personnes âgées** peuvent produire le même potentiel d'adaptations physiques que les jeunes lors du DWR [32, 33, 41]. Les causes du vieillissement ne jouent aucun rôle, car l'immersion provoque des réactions physiologiques plus fortes [41].

A notre connaissance, un consensus de l'influence du **sexe** n'existe pas [32, 33, 38, 40]. La seule certitude réside dans le fait que les paramètres reflétant la capacité cardiovasculaire des femmes sont proportionnellement inférieurs à celles hommes [36, 38].

La fréquence cardiaque, les volumes respiratoires, les échanges gazeux, la perfusion sanguine périphérique sont fortement **influencés** par différents facteurs environnants. Nous traiterons les effets tels que la température et les propriétés de l'eau, la pression hydrostatique et la composition corporelle dans le chapitre “6. Physiologie cardiovasculaire du corps immergé au repos et à l'effort”. Toutefois, la maîtrise de la technique spécifique au DWR [32, 34, 35, 36, 37, 38, 41, 49] reste un élément clé.

La revue de littérature est **limitée** par les fortes divergences entre les populations, les durées, les fréquences des entraînements, la familiarisation au DWR [32, 33, 34, 35, 36, 38], la maîtrise de la technique [33, 35], la méthode et le moment des relevés des paramètres [33, 35]. En réalité, l'application du DWR ne peut être pratiquée de manière aussi rigoureuse que dans certaines études (conditions laboratoires) [32, 33, 34, 36]. De plus il n'existe pas d'échelle de conversion pour les paramètres mesurés en milieu aquatique.

En général toutes les **valeurs reflétant la capacité cardiovasculaire sont inférieures** au DWR en comparaison à la course sur TMR [32, 34, 35, 36, 38]. Cependant, les contraintes

imposées par le milieu aquatique engendrent des réponses physiologiques aussi importantes qu’un entraînement supplémentaire hors de l’eau [34, 36, 38, 40].

#### 4.6 Application concrète du Deep-Water Running dans la réadaptation cardiaque

Le Collège Américain de la Médecine du Sport [42] recommande le DWR pour toutes les personnes désirant améliorer ou maintenir les capacités cardiorespiratoires. Il est conseillé d’introduire le concept du DWR dans un programme régulier d’endurance [40]. Pour cette raison, nous nous sommes vivement intéressées à l’introduire dans la réadaptation cardiaque en stade II [34, 35, 40]. Les précisions concernant les réactions physiologiques et l’application pratique sont énoncées aux chapitres “6. Physiologie cardiovasculaire du corps immergé au repos et à l’effort”.

Concernant le mode de test et les relevés des paramètres de notre projet, nous relevons uniquement la perception de l’effort par le patient selon l’échelle de Borg (voire “5. Revue de littérature concernant le “Test de 6 Minutes””) pendant les séances de DWR. Adapter le fonctionnement du fréquence-mètre pour chaque participant exige plusieurs manipulations peu pratiques ; d’autant plus que la réadaptation cardiaque conforte les patients à se fier à leurs perceptions corporelles [42], reflétées par le Borg, plutôt qu’aux chiffres.

En fonction des études lues et des possibilités pratiques, nous avons choisi d’utiliser le “6-MWT” comme méthode d’évaluation objective des capacités cardiovasculaires des participants. Pour les raisons suivantes nous avons retenu ce “Test de 6 Minutes”:

- Les appareils à disposition ne sont pas étanches à l’eau.
- La prise simultanée des paramètres de tous les patients au bord de la piscine est difficilement réalisable.
- Il n’y a pas d’échelle de conversion fiable pour la fréquence cardiaque hors de l’eau et dans l’eau.
- Pour des raisons de sécurité, certains participants du groupe de contrôle (surtout les sternotomisés) ne peuvent pas participer aux séances en piscine.

## 5. Revue de littérature concernant le “Test de 6 Minutes”

Le “Test de 6 Minutes” est un test **objectif très répandu** dans le milieu de la physiothérapie en Suisse et ailleurs. Enright et Sherill [7] affirment que sa popularité est due à la rapidité d’exécution et d’interprétation des résultats. De plus, ce test est un moyen pratique, accessible à tous les budgets et reflète parfaitement la réalité en mesurant les capacités aux activités de la vie quotidienne (AVQ) [6, 7, 14]. Comme la littérature scientifique du “Test de 6 Minutes” couvre de vastes domaines, nous limitons la revue littéraire aux pathologies cardiaques.

Toutes les études sélectionnées [6, 7, 8, 9] définissent le test de 6-MWT comme une mesure standard pour évaluer les capacités d’exercices des fonctions physiques chez les patients âgés souffrant d’insuffisances chroniques cardiaques et ou d’une broncho-pneumopathie obstructive chronique (BPOC).

Ce test mesure la réponse **globale des systèmes pulmonaires et cardiovasculaires** (circulation centrale et périphérique), **du sang, des unités neuromusculaires et du métabolisme musculaire** [6].

Cette méthode correspond à un **test d’effort sous-maximal** et sert à :

- déterminer la **capacité fonctionnelle dans les AVQ** [6, 9]
- évaluer le **statut fonctionnel** [6]
- prédire la **morbidité** [6, 7] et la **mortalité** [6, 7]
- définir la **progression des capacités fonctionnelles** des personnes âgées et atteintes de pathologies cardiaques au cours d’une intervention thérapeutique [7, 8, 9]
- **prescrire l’intensité des exercices** pour les programmes de réadaptation cardiaque [9]

L’ATS [6] prétend que les **indications** les plus prépondérantes pour le 6-MWT sont les patients âgés entre 40 et 80 ans, d’ethnie caucasienne et souffrant de défaillances cardiaques et/ou pulmonaires de stades modérés à sévères [6]. La fraction d’éjection systolique gauche dépasse 35% de la norme prédite [9]. Même les personnes âgées ou frêles, souffrant de problèmes coronaires et sérieusement limitées, qui ne sont plus en mesure de suivre un test d’effort maximal d’ergométrie sur vélo ou sur tapis roulant, peuvent être évaluées par ce test

[7, 9]. Les auteurs de plusieurs études [8, 9], d’une ligne de conduite [6] et de l’Association Française pour la Recherche et l’Evaluation en Kinésithérapie (AFREK) [28, 29, 30, 31] considèrent le 6-MWT comme un test :

- d’une **bonne sensibilité aux très petits écarts**;
- qui sert d’**instrument valide et fiable** [6]
- dont la **reproductibilité excellente à court terme** est validée pour
  - la  $VO_2\text{max}$  [9]
  - le  $V_{\text{exp}_{\text{max}}}$  ( $VE_{\text{peak}}$ ) [9]
  - la fréquence cardiaque [9]
  - la saturation du sang en oxygène [9]
  - la dyspnée mesurée par l’échelle de Borg [6, 9].

Selon les préférences, l’évolution entre deux tests de 6 minutes peut être exprimée en valeurs absolues, en pourcentages ou en pourcentages par rapport à la norme prédite [6].

Actuellement, il n’existe **aucun consensus concernant la norme de la distance à atteindre** pour les sujets sains et malades [6]. Les différences peuvent être dues aux choix de populations divergentes, aux variations des types et des fréquences d’encouragements, aux longueurs des corridors hors normes et aux nombres de tests effectués auprès du même patient [6]. Nous vous présentons deux formules agréées mais fortement divergentes :

**Enright [7] :**

**Hommes :**  $(7.57 \times \text{taille}_{\text{cm}}) - (5.02 \times \text{âge}) - (1.76 \times \text{poids}_{\text{kg}}) - 309 \text{ m} = \text{distance en m}$

**Femmes :**  $(2.11 \times \text{taille}_{\text{cm}}) - (5.78 \times \text{âge}) - (2.29 \times \text{poids}_{\text{kg}}) + 667 \text{ m} = \text{distance en m}$

**Bautmans [8]:**  $1192 - (6 \times \text{âge}) - (57 \times \text{catégorie}) - (69 \times \text{sexe}) = \text{distance en m}$

Catégories :

- 1 : en bonne santé
- 2 : présentant une santé médiocre sans prise de médicaments
- 3 : présentant une santé médiocre avec prise de médicaments
- 4 : présentant des problèmes cardiovasculaires et un ECG anormal

Sexe : masculin = 0, femme = 1

Erreur standard : 147 m

Les seuls **points communs** entre les deux formules sont les catégories d’âge et de sexe. La première formule [7] utilise la relation entre la taille et le poids corporel (BMI), tandis que la deuxième formule [8] se base essentiellement sur les catégories de santé. Bautmans et al. [8] plaident en faveur des catégories, car les corrélations entre les données anthropométriques et la distance sont faibles [7, 8]. Ces catégories doivent être déterminées préalablement par l’examineur, mais la littérature ne renseigne pas sur les critères qui permettent de classer le patient dans les catégories. Il se peut que cette distribution “aléatoire” s’appuie sur le diagnostic, les antécédents, la clinique et la posologie des médicaments.

Afin d’être le plus précis possible et d’utiliser les moyens de mesures les plus connus en physiothérapie, **nous utilisons la formule d’Enright P.L. et Sherrill D.L.** [7]. Les auteurs l’ont développée en 1998 à partir des variables indépendantes que sont les données anthropométriques (taille, âge, sexe et poids) et de la variable dépendante (distance parcourue) auprès de 458 personnes saines. Dans le chapitre “9. Résultats du “6-MWT”” nous comparons nos résultats à une étude [11] où les patients cardiaques ont amélioré leurs scores de 15%, soit 170 m, à la suite d’une réadaptation spécialisée et multidisciplinaire.

### 5.1 Limites

Les informations obtenues par ce 6-MWT ne sont pas spécifiques des systèmes impliqués et des fonctionnements de chaque organe à l’effort. Par conséquent, le concept du 6-MWT ne décerne ni un diagnostic ni un mécanisme responsable ou une cause pouvant limiter l’effort. Pour ces raisons, **le 6-MWT ne remplace en aucun cas des tests spécifiques**, mais peut être considéré comme complément aux tests d’efforts combinés avec ECG ou aux tests de fonctions pulmonaires [6]. Il peut être utilisé pour saisir le **statut fonctionnel** [6] ou la **progression des capacités fonctionnelles** au cours d’une intervention thérapeutique comme une réadaptation cardiaque [7, 8, 9 ].

Les personnes ayant subi un infarctus du myocarde ou ayant enduré une angine de poitrine instable le mois précédent appartiennent à la **population exclue**. Ces contre-indications sont définies de manière rigoureuse afin de garantir un niveau de sécurité maximale lors des tests [6].

Les **contre-indications relatives** sont composées d’une fréquence cardiaque au repos supérieure à 120 b/min, d’une pression systolique supérieure à 180 mm Hg, d’une pression diastolique supérieure à 100 mm Hg et d’une angine de poitrine stable [6]. Dans ce cas, les auteurs de l’ATS [6] conseillent aux physiothérapeutes d’effectuer le 6-MWT à condition d’avoir vérifié leurs capacités par ECG et la prise de médicaments anti-angor de poitrine. Les auteurs précisent que les personnes présentant des pathologies classées dans les contre-indications absolues et relatives peuvent en fonction du médecin effectuer le 6-MWT, car les patients choisissent de leur propre gré l’intensité de l’effort [6]. **La mise en pratique concrète** ainsi que la population sont décrits dans le chapitre “8. Protocole de l’expérimentation”.

Les performances mesurées au 6-MWT peuvent être **influencées** par **la technique de marche, les aides à la marche, les troubles orthopédiques, les limitations articulaires et les atteintes rhumatismales** (principalement l’arthrose) [4, 8]. La distance parcourue est également fortement dépendante du **niveau d’entraînement physique**, de la **force** et de la **masse musculaire** des membres inférieurs et secondairement des **muscles stabilisateurs** du tronc [8].

Les **facteurs** tels que **l’âge, le poids et la taille** (pour les hommes) sont associés aux résultats finaux, c’est-à-dire à la distance parcourue [7]. Pour une personne présentant une grande taille, la longueur des pas est supérieure à la norme et le résultat final dépassera également les prévisions. Lorsqu’au contraire, une personne obèse parcourt une plus petite distance que les personnes présentant un BMI normal, elle requiert une plus grande dépense énergétique pour une même distance [7].

L’influence des encouragements par les phrases types, la routine de l’examineur et la comparaison intra-observateur n’altèrent pas la **reproductibilité à court terme** [6]. Les facteurs influençant le choix de notre population sont détaillés dans le chapitre “8. Protocole de l’expérimentation”.

**L’accoutumance au 6-MWT** est difficilement mesurable. Si deux tests sont effectués en deux jours consécutifs, la moyenne de la performance est améliorée de 5.8% [6]. Cet effet

peut être expliqué par l’amélioration de la coordination, de l’optimisation de la longueur des pas et de la diminution de l’anxiété [6].

Malgré la reconnaissance scientifique du 6-MWT au niveau de la sensibilité, de la fiabilité et de la reproductibilité [28, 29, 30, 31], les **corrélations** entre la distance et les données anthropométrique sont très maigres. Les corrélations entre la distance et l’âge, le poids et le BMI sont négatives [8]. Uniquement la **taille** corrèle avec la distance chez les hommes [7].

La formule d’Enright et Sherill explique seulement 42% des résultats masculins et 38% des résultats féminins [7]. Ces résultats sont confirmés par Bautmans et al. [8], car ils **n’expliquent que 40%** de la distance parcourue en six minutes en fonction de la **taille**, du **poids** et du **sexe**. Lorsque les personnes sont plus âgées, elles présentent une taille plus petite et un embonpoint supérieur, le taux d’explication est inférieur à 40% [8].

## 5.2 Synthèse

Le 6-MWT est un excellent moyen de mesure pour les patients souffrant de pathologies cardiaques et/ou coronaires chroniques ou pour les personnes à capacités physiques limitées, car ces personnes présentent souvent des comorbidités et n’arrivent plus à effectuer un test d’effort maximal conventionnel [6, 7, 9]. Comme le 6-MWT est un test sous-maximal, il est très proche de la réalité, puisque les AVQ sont rarement effectuées à une intensité maximale [6, 9]. Ce test global [6, 7] évalue de manière très précise le statut des fonctions physiques, prédit de manière précise la morbidité, la mortalité et détermine les efforts que les patients sont en mesure de fournir [6, 7, 9]. L’excellente reproductibilité reconnue par les professionnels de la santé rend cette méthode de test d’autant plus attractive [6, 8, 9, 28, 29, 30, 31]. En aucun cas, il ne remplace des tests spécifiques [6].

En revanche, ce test est uniquement validé pour évaluer les personnes entre 40 et 80 ans dont l’ethnie est caucasienne [6]. Même les personnes présentant les contre-indications relatives citées ci-dessus peuvent être évaluées à condition de respecter les consignes élaborées par les consensus de conférences et d’analyses d’études [6]. Tous les auteurs ne partagent pas le même point de vue concernant l’influence des données anthropométriques, des atteintes orthopédiques, rhumatismales ou des facteurs externes tels que les encouragements verbaux,

”Est-ce que le Deep-Water Running adapté à une réadaptation cardiaque stationnaire stade II améliore davantage les paramètres du “6-MWT” à court terme ?”

---

les pauses, le recours à l’oxygène ou à l’aide orthopédique qui peuvent influencer les résultats [4, 6, 7, 8]. Finalement, les facteurs déterminants du 6-MWT sont très complexes et dépendent des facteurs cardiovasculaires et psychologiques [4, 8].

## 6. Physiologie cardiovasculaire du corps immergé au repos et à l’effort

Les explications physiologiques suivantes sont surtout développées à partir de deux études [40, 41] et de deux livres [25, 45] traitant ce sujet. Nous relatons uniquement les particularités liées aux réponses physiologiques liées à l’immersion.

### 6.1 Effet de la pression hydrostatique

Une cascade de réactions physiologiques a lieu aussitôt qu’une personne pénètre dans l’eau. La **pression hydrostatique** agit sur les parties immergées du corps. Le gradient de pression augmente proportionnellement avec le niveau d’immersion. Pour cette raison, la pression exercée sur les membres inférieurs est supérieure à celle des épaules à peine couvertes d’eau.

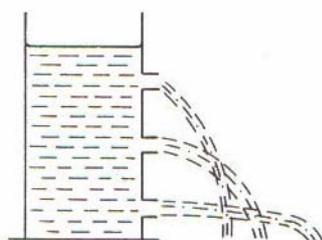


Image 2 : Pression hydrostatique [45]

Représentation des différentes pressions dans un récipient : la pression dépend du niveau d’eau au-dessus de l’ouverture.

La pression hydrostatique comprime les membres inférieurs et supérieurs, l’abdomen et la cage thoracique. Simultanément, elle réduit la perfusion sanguine périphérique [32, 36, 41, 48]. Chez l’adulte, ce phénomène accélère le retour veineux qui déplace environ **700 ml de sang** vers l’abdomen et le thorax [40, 48]. Le cœur réussit à évacuer seulement 200 ml de sang [40]. Le volume restant s’accumule et présente une **précharge cardiaque** [40]. Cette stase est entretenue par la pression hydrostatique qui exerce une pression d’environ 20 cm H<sub>2</sub>O (15 mmHg) sur la zone thoracique [40].

### 6.2 Régulation du volume d’éjection systolique

Comme décrit ci-dessus, la pression hydrostatique engendre une augmentation du volume sanguin thoracique. Ainsi, **la pression de l’oreillette droite augmente** de 12 à 18 mmHg [40]. Puis, le volume de sang migre vers les ventricules, s’accumule et étire les parois

ventriculaires (**précharge**) [40]. Selon la **loi de Starling** [25, 40, 48], plus les cellules myocardiques sont étirées au repos, plus la contraction est forte, car le nombre de ponts d'unions entre l'actine et la myosine augmentent. Ceci permet un accroissement du **volume d'éjection systolique de 30 à 35%** au repos lors de l'immersion [40].

Les auteurs [40] propose l'illustration suivante :

- L'immersion jusqu'aux hanches provoque une augmentation du volume d'éjection de 10 à 15% [40]. Si le niveau d'eau atteint le menton, les 30 à 35% sont atteints [40].
- Exprimée en volumes, l'immersion jusqu'au niveau des hanches provoque une fraction d'éjection systolique moyenne de 78 +/- 2.2 ml/pulsation. Lorsque le niveau d'eau atteint le processus xyphoïde 110 +/- 2.4 ml de sang sont pompés par contraction myocardique. L'immersion jusqu'à la mandibule pousse le cœur à propulser 120 +/- 2.5 ml/b [41].

Au repos, le cœur augmente le volume d'éjections cardiaques de 35%. Puis, à **l'effort sous-maximal et maximal** il reste stable. Cependant, quel que soit le niveau de l'effort physique, le volume d'éjections cardiaques sont supérieurs en milieu aquatique qu'à l'air ambiant [40]. Les scientifiques [40] supposent trois mécanismes responsables de l'adaptation du volume d'éjections systoliques à l'effort :

- La totalité du déplacement de sang périphérique a eu lieu au repos.
- La capacité de remplissage diastolique du ventricule gauche au repos atteint son maximum. Donc, une augmentation n'a pas lieu à l'effort.
- Dans l'eau le temps de remplissage cardiaque est fortement réduit et par conséquent, la capacité sanguine pompée par minute est également réduite.

Au repos, l'adaptation du volume d'éjections systoliques influencée par le niveau d'immersion, est régie selon la loi de Starling [25, 40, 48] et peut atteindre 135%. A l'effort sous-maximal ou maximal, le volume d'éjections systoliques reste stable [40]. A une même intensité d'effort physique, les volumes d'éjections systoliques sont toujours supérieurs dans l'eau que sur la terre ferme [40].

### 6.3 Régulation de la fréquence cardiaque

La fréquence cardiaque est réglée par les influx nerveux extrinsèques (système nerveux autonome) qui s’imposent sur le rythme intrinsèque [25, 45]. Les centres cardiovasculaires du bulbe rachidien reçoivent des impulsions sensorielles (feed-back) des **récepteurs périphériques** qui sont les [45] :

- **Barorécepteurs** situés dans les sinus carotidiens ainsi que dans l’aorte et dans les parois de presque toutes les grandes artères. Se sont des mécanorécepteurs sensibles qui s’étirent pour réagir aux fluctuations de la pression artérielle.
- **Chimiorécepteurs**, réagissant aux variations de concentration d’oxygène (PO<sub>2</sub>), de gaz carbonique (PCO<sub>2</sub>) et d’ions hydrogènes dans le sang (pH)

Lors du DWR la pression hydrostatique augmente la tension artérielle. Par conséquent, les barorécepteurs sont étirés et transmettent des influx aux **centres vasomoteurs** qui à leur tour diminuent la fréquence des influx vasomoteurs. Ceci entraîne une vasodilatation des artérioles et des veines, diminuant ainsi la résistance périphérique et la **pression artérielle**. Ainsi, le **retour veineux et le débit cardiaque diminuent** [25, 45].

Les influx afférents des barorécepteurs atteignent aussi les **centres cardiaques** où ils stimulent l’activité parasympathique et inhibent le centre sympathique (cardioaccélérateur). La **fréquence cardiaque et la force de contraction cardiaque diminuent** [25, 45].

Par l’intermédiaire de relais avec les centres du bulbe rachidien, les **centres cérébraux supérieurs** (cortex cérébral et hypothalamus) modifient la pression artérielle [25, 45].

Au début d’un **effort** d’une intensité basse à modérée, la fréquence cardiaque augmente par l’inhibition du système parasympathique [25, 45]. Durant un effort astreignant, la stimulation sympathique augmente la fréquence cardiaque (**effet chronotrope**) et la puissance de contraction myocardiaque (**effet inotrope**). L’importance du travail cardiaque est directement couplée avec l’intensité et la durée de l’activité physique et permet ainsi d’adapter le volume d’éjections systoliques aux besoins momentanés.

”Est-ce que le Deep-Water Running adapté à une réadaptation cardiaque stationnaire stade II améliore davantage les paramètres du “6-MWT” à court terme ?”

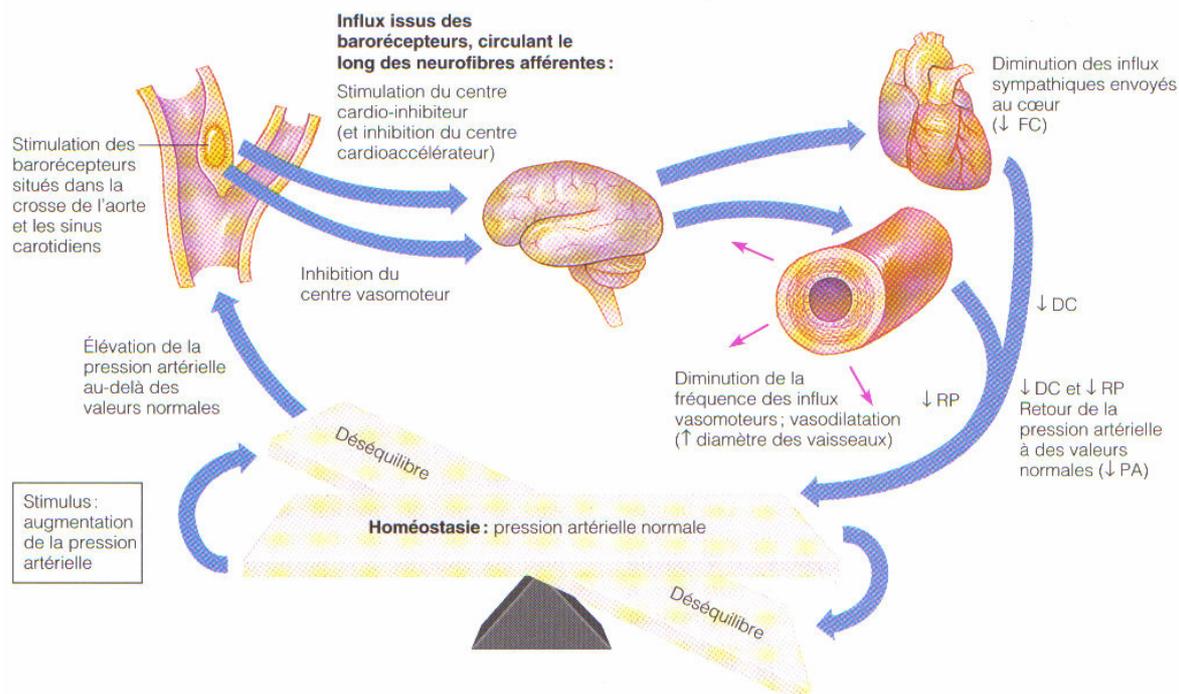


Image 3 : Régulation de la fréquence cardiaque [45]

Concrètement, la pression hydrostatique augmente la tension artérielle et stimule les barorécepteurs qui provoquent une diminution de la fréquence cardiaque. Ainsi, le temps de remplissage ventriculaire est prolongé. Par conséquent, le volume d'éjections systoliques est augmenté [25, 45].

La fréquence cardiaque d'un adulte en bonne santé immergé et au repos se stabilise après 20 minutes [41]. D'où l'importance d'habituer les patients cardiaques en phase II à effectuer un échauffement adapté tenant compte de cette adaptation cardiovasculaire lente.

#### 6.4 Répercussions au niveau pulmonaire

Les répercussions explicitées ci-dessous ont lieu à tout âge [32]. En milieu aquatique un fort gradient de pression intra et extrathoracique a lieu. La pression atmosphérique (1 atm) transmise par les voies aériennes aux bronchioles et aux alvéoles est contrecarrée par la pression hydrostatique [40]. La pression hydrostatique a donc tendance à collaber les alvéoles. La suite est bien connue :

- Les **échanges gazeux sont perturbés**, car les surfaces d'échanges de ventilation et de perfusions sont fortement réduites [40, 41].
- La pression hydrostatique presse le diaphragme en position de fin d'expiration et **diminue la capacité vitale de 3 à 9% [40], le volume courant, le volume de réserve expiratoire et inspiratoire, la capacité vitale, le volume résiduel et la capacité pulmonaire totale** sont également réduits [32, 40, 41].

Pour assurer le besoin en oxygène, la respiration exige un travail inspiratoire supplémentaire. Pour maintenir sa ventilation par minute, la personne doit augmenter sa fréquence respiratoire qui à son tour exige un supplément d'énergie. Il s'en suit une sorte de **cercle vicieux**, qui peut devenir une limitation à l'effort pour les personnes aux capacités respiratoires réduites [40].

La pression hydrostatique déplace le diaphragme en position de fin d'expiration. Tous les volumes et la surface d'échanges gazeux sont diminués. L'effort peut être limité par le facteur externe qu'est la pression hydrostatique [40].

### 6.5 Changements des fonctions rénales

Les reins servent normalement de régulateur de la tension artérielle à long terme. Cependant, ils subissent également les conséquences de la pression hydrostatique [40, 45]. Le mécanisme décrit ci-dessous correspond à la régulation directe.

La **pression nette de filtration** (PNF) dépend de la **pression hydrostatique glomérulaire** (PHG) qui exerce une poussée de 55 mmHg sur le sang. L'eau et les solutés traversent la membrane de filtration. La PHG s'oppose à deux forces qui tentent de ramener les liquides dans les capillaires glomérulaires. Il s'agit d'une part de la **pression osmotique glomérulaire** (POG) contenant des protéines plasmatiques (28 à 30 mmHg) et d'autre part de la **pression hydrostatique capsulaire** (PHC). La PHC exerce une pression de 15 mmHg due aux liquides contenus dans la chambre glomérulaire. Par conséquent, la pression nette de filtration est en conditions normales de 10 mmHg [45]:

Norme :	$PNF = PHG - (POG + PHC)$	$PNF = 55 \text{ mmHg} - (30 \text{ mmHg} + 15 \text{ mmHg})$
---------	---------------------------	---

”Est-ce que le Deep-Water Running adapté à une réadaptation cardiaque stationnaire stade II améliore davantage les paramètres du “6-MWT” à court terme ?”

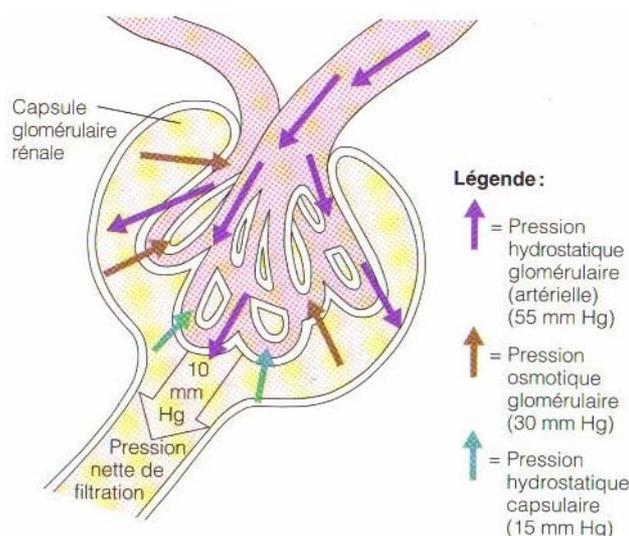


Image 4 : Régulation rénale [45]

Toute variation de pression est proportionnelle à la pression nette de filtration et au débit de filtration glomérulaire [45]. Lors de l'immersion, la pression hydrostatique comprime les parties immergées, déplace des volumes sanguins et **augmente la tension artérielle** et la pression des capillaires glomérulaires ( $> 55$  mmHg). **Le débit de filtration glomérulaire** accroît [45] et les participants du Deep-Water Running ressentent plus souvent le besoin de la miction.

Les études consultées [40, 41] font aussi état **d'autres causes** que nous n'approfondissons pas, car elles procurent des effets à plus long terme :

- Suppression de l'hormone antidiurétique
- Augmentation du taux d'aldostérone
- Altération du flux sanguin intra rénal
- Diminution d'activité du système nerveux sympathique

## 6.6 Propriété de l'eau

L'eau présente une **densité** huit cents fois supérieures à l'air [40]. A tout mouvement, elle présente une résistance [35, 37, 38, 48] inévitable. L'effort à fournir augmente proportionnellement à la surface de contact entre l'eau et la peau [40, 48]. Lors du DWR, la

personne est freinée et contracte plus longtemps les muscles stabilisateurs et les muscles produisant le mouvement [36, 37, 38, 48], adapte le schéma du mouvement à la résistance [32, 33, 34, 36, 37, 40] et diminue la vitesse [40]. Une étude [35] émet l'hypothèse que cette **résistance** remplace l'impact au sol de la marche, alors que la résistance de l'eau le compense.

L'eau a une **conduction** deux cents fois supérieures à l'air [25, 33, 34, 38, 48]. Par conséquent, la chaleur produite pendant l'effort est plus rapidement dissipée dans la piscine que dans l'air [25, 40, 48]. Finalement, le cœur peut se concentrer sur sa performance sans se soucier de l'évacuation de la chaleur [25, 45].

### 6.7 Température de l'eau

La **thermoneutralité** de l'eau dépend du taux d'activité de la personne. Si l'adulte est au repos, la température neutre se situe entre 33°C et 35°C [40, 48]. Au contraire, si la personne concernée exerce une activité, la thermoneutralité s'approche de 29°C [32] ou de 30°C [36] ou même inférieure si l'effort est intense.

La température de l'eau influence considérablement la réponse cardiovasculaire au repos et à l'effort. Si la température de l'eau dépasse la thermoneutralité, les **vaisseaux périphériques** subissent une vasodilatation, la **fréquence cardiaque** diminue et la diurèse est activée [32, 33, 35, 39, 48]. Par contre, si la température de l'eau est inférieure à la thermoneutralité on constate les phénomènes suivants : une vasoconstriction des vaisseaux périphériques, une tachycardie et la rétention rénale des fluides ont lieu [32, 33, 35, 39, 48].

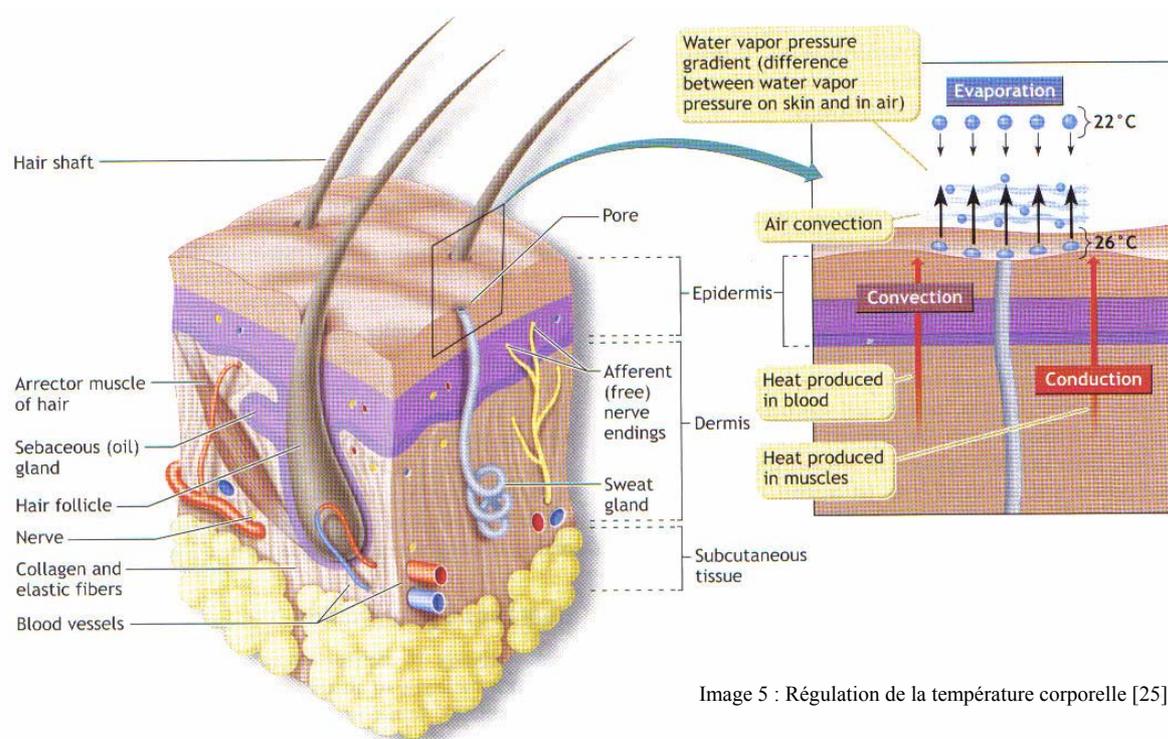
Cette réaction est due à la stimulation des **récepteurs du froid** qui stimulent les nerfs afférents, puis les centres cardiorespiratoires situés dans le bulbe rachidien. Ces derniers, par les nerfs efférents de la fréquence cardiaque, stimulent des vaisseaux périphériques et la régulation rénale [25, 40, 45]. Ces mécanismes sont décrits plus précisément dans les différents sous-chapitres de ce chapitre.

En général, les études ont lieu dans des piscines couvertes dont la température est de 28°C [32, 33, 34, 40]. Comme la thermoneutralité à l'effort est située vers 28°C, ces mécanismes interviennent dans une moindre mesure.

Certains conseillent d'exercer les activités physiques en milieu aquatique à une température inférieure à la thermoneutralité. Ainsi, la fréquence cardiaque diminue et les personnes profitent d'exercer le DWR à une intensité supérieure [35, 40, 41].

### 6.8 Régulation de la température corporelle au repos et à l'effort

L'hypothalamus est le centre coordinateur de la régulation de la température corporelle. Il exerce la fonction de “thermostat” en essayant de maintenir une température constante à  $37^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  [25]. Les récepteurs thermiques du derme et de la température sanguine transmettent l'information recueillie au centre de contrôle central qu'est l'hypothalamus. A son tour il active le système sympathique pour le réchauffement du corps et le parasympathique pour le refroidissement [25, 45].



• Schematic illustration of the skin and underlying structures. The blowup of the skin surface shows the dynamics of conduction, convection, and sweat evaporation for heat dissipation from the body. Each 1 L of water evaporated from the skin transfers 580 kcal of heat energy to the environment.

En rapport avec notre travail de fin d'étude, nous prenons compte uniquement la thermorégulation lors de l'effort physique dans l'eau. Le but est l'élimination de la chaleur produite pour protéger le corps du surchauffement (overheating). Comme le **processus de sudation commence quelques secondes après le début de l'effort et atteint l'équilibre à 30 minutes** [25], il est d'autant plus important d'éliminer rapidement la chaleur. Cette dernière est évacuée des 2 à 4 millions de glandes sudoripares et éliminée en continu par le

milieu environnant qu’est l’eau [25]. L’efficacité de ce processus dépend de la différence de température, des surfaces de contact, de la densité (qualité conductrice) et de la vitesse de la circulation de l’eau par rapport au corps humain [25, 48].

Les **personnes âgées** transpirent moins rapidement et en plus petit volume, car la sensibilité des thermorécepteurs du derme, la structure des glandes (nombre et qualité des glandes) et de la vascularisation périphérique est altérée. En ajoutant la déshydratation par le manque de stimuli de soif, les dépenses de l’effort ne sont pas compensées [25].

Comparées aux hommes, les **femmes** supportent mieux la chaleur [25]. Elles suent à une température plus élevée et produisent des volumes de sueur moins importants. Par contre, leur température corporelle baisse plus rapidement, car elles ont une plus grande surface corporelle [25].

Quand le **BMI est élevé**, la chaleur produite pour un même effort est supérieure à la norme. La thermorégulation est ralentie par l’épaisseur du tissu adipeux et la diminution de la surface d’échange. Plus le pourcentage du tissu adipeux est élevé, plus la chaleur développée à l’effort peine à atteindre la périphérie. La conséquence est que cette énergie reste emprisonnée et limite l’effort. Pour atteindre la thermoneutralité, l’eau environnante est inférieure, comparée à une personne avec un BMI correspondant à la norme [25].

Chez les personnes obèses la composition corporelle penche fortement en faveur de la graisse corporelle [32, 33, 34, 35, 37]. Ainsi, la force maximale, la force-endurance et la performance sont fortement diminuées [25, 45].

A l’effort physique, l’hypothalamus active le système parasympathique afin de produire une vasodilatation et d’éliminer la chaleur [25]. A température égale, la chaleur corporelle produite lors d’une activité est de 25 [25] à 200 fois [48] plus rapidement éliminée en milieu aquatique que hors de l’eau [48]. Pour cette raison, il est envisageable de produire un effort supérieur en milieu aquatique [35, 41].

Les femmes et les personnes âgées suent moins rapidement et en moins intensément [25]. Une surcharge corporelle isole la chaleur et limite la capacité d’effort [40].

## 6.9 Changements physiologiques liés à l'âge et les effets d'entraînements

Les hommes et les femmes atteignent leur **force musculaire** maximale entre 20 et 40 ans. En vieillissant, une partie de la masse musculaire et des connexions neuromusculaires régressent et sont remplacées par des corps adipeux [33]. La force concentrique et la force-endurance régressent avant la force excentrique et la force maximale [25]. De même, la force des membres inférieurs diminue plus rapidement que celle des membres supérieurs [25]. Ce déclin intervient pour les hommes dès 50 ans (pour les femmes ultérieurement), il commence lentement et finit par une dégradation rapide. Souvent, la perte de force coïncide avec la perte de poids ou l'apparition de maladies chroniques telles que le diabète, l'arthrose et des MCV [25]. Une perte de force auprès des personnes âgées limite leur mobilité et elles sont plus sujettes à des chutes [45]. L'atrophie musculaire et la dénervation irréversible sont les principales causes de la diminution de la **masse musculaire**. Surtout les fibres rapides de type II sont concernées [25].

Dès un âge moyen jusqu'à 90 ans, un **entraînement de résistance modéré** ralentit le processus de régression physiologique de la force et de la masse musculaires ainsi que la densité des os [25]. De plus, les exercices réclament des schémas d'innervations différents et le recrutement d'unités motrices différentes et permettent ainsi la prévention de chute [25].

Des entraînements aérobiques permettent aux personnes âgées d'atteindre les valeurs d'échanges gazeux (CPT, CV, VC, VR, VEMS) similaires aux jeunes adultes et d'éviter l'enraidissement de la cage thoracique et de freiner l'altération des poumons [25]. L'activité régulière d'exercices retarde le déclin des **fonctions pulmonaires** [25].

La **fonction cardiovasculaire** et la capacité aérobie n'échappent pas au vieillissement. La **VO<sub>2</sub>max** diminue de 1% chaque année [25, 32]. Avec l'âge et lors d'une prise de poids, le pourcentage de graisse corporelle augmente au détriment de la masse musculaire [25]. Toutefois, les hommes et les femmes actifs maintiennent une capacité aérobie supérieure à leurs homologues sédentaires [25].

Contrairement à la **fréquence cardiaque** de repos qui n'est pas influencée par le vieillissement, la fréquence cardiaque maximale en dépend fortement ( $220 - \text{âge}$ ) [25, 32].

Avec l'âge, l'activité du système nerveux sympathique diminue (stimulation des bêta-adrénergiques) et par conséquent la fréquence cardiaque maximale [25].

Cette dernière entraîne une diminution de la **fraction d'éjection systolique** et reflète ainsi la réduction de la performance du myocarde du ventricule gauche lié au vieillissement [25]. Cependant, les personnes en bonne santé compensent par la loi de Starling [25], expliquée au sous-chapitre 6.2.

Le vieillissement diminue la force et la masse musculaire, altère les fonctions pulmonaires, diminue la fréquence cardiaque maximale, la  $VO_2$ max et la fraction d'éjection systolique [25, 32]. Mais, l'effort physique régulier retarde les phénomènes liés à l'âge [25, 32]. Les personnes âgées ont les mêmes potentiels d'adaptation aux stimuli des entraînements que les jeunes [25].

### 6.10 Synthèse

La **pression hydrostatique** déclenche une cascade de réactions. Elle comprime les parties immergées provoquant ainsi une augmentation de la tension artérielle, du retour veineux (sept décilitres) et du volume d'éjections systoliques (130-135%) [25, 32, 36, 40, 41, 48]. Le retour veineux stimule les barorécepteurs, puis les centres vasomoteurs et cardiaques qui à leur tour diminuent la fréquence cardiaque de quinze à dix-sept battements par minute [25, 41, 45]. Les volumes respiratoires et les surfaces d'échanges gazeux diminuent et entraînent une altération de l'apport en oxygène [32, 40, 41]. Même les reins filtrent de plus grands volumes de sang [40, 45].

La fréquence cardiaque a un effet sur la **température de l'eau**, la capacité d'éjections systoliques, la motricité des vaisseaux et le taux de filtration des reins [32, 33, 35, 39, 48]. La **densité** de l'eau entraîne une résistance [35, 37, 38, 48] et modifie les schémas des mouvements [32, 33, 34, 36, 37, 40]. La conduction de l'eau élimine et dissipe la **chaleur** produite à l'effort de manière plus efficace que l'air [25, 33, 34, 38, 40, 48].

Le **vieillessement** physiologique entraîne une diminution de la fréquence cardiaque maximale, de la  $VO_2$ max, de la force et de la masse musculaire [25]. Par contre, la population mature voire âgée a les mêmes capacités d'adaptation que les jeunes [25].

## 7. Facteurs de risques cardiovasculaires, pathologies et effets de l’entraînement

Il est primordial de maîtriser les connaissances des facteurs de risques lorsqu’on veut développer un sujet en rapport avec la réadaptation cardiovasculaire. De plus, la diminution des facteurs de risques permet de prévenir certaines MCV ou de personnaliser la réadaptation cardiaque [1, 2, 3, 4, 5]. Pour ces raisons, nous nous attardons sur l’élément clé, qu’est la formation de la plaque athéromateuse.

### 7.1 Les facteurs de risques

Les recherches effectuées durant les quarante dernières années ont identifié différents facteurs environnementaux et comportementaux responsables de l’accroissement du risque cardiaque ou coronaire [25]. Il est encore difficile de déterminer l’amplitude de chaque facteur de risques, car certains sont interdépendants [25]. Lors de la réadaptation cardiaque, les patients prennent connaissance de leurs propres facteurs de risques modifiables. Dans un premier temps, nous définissons **les facteurs de risques non modifiables** [25] :

- **L’âge** est le facteur prépondérant, car il est corrélé avec l’hypertension, l’hyperlipidémie et l’intolérance au glucose.
- **Le sexe**, les femmes sont moins touchées que les hommes, car les hormones (surtout l’oestrogène) les protègent jusqu’à la ménopause.
- **L’ethnie**, les Caucasiens sont les plus vulnérables.
- **La prédisposition familiale**, les scientifiques observent une accumulation de cas dans certaines familles.

Dans un deuxième temps, nous présentons **les facteurs de risques modifiables** sur lesquels la réadaptation cardiaque essaie impérativement d’agir. Nous essayons de décrire précisément le rapport “cause à effet”.

La **graisse corporelle excessive** est l’un des facteurs de risques modifiables contribuant aux MCV chroniques. Cependant, la graisse corporelle excessive contribue à d’autres facteurs de risques tels que l’hypertension et le diabète type II. En combinaison avec le tabagisme elle crée des dégâts énormes [25]. La perte de poids engendre une réduction du pourcentage de graisse corporelle, normalise le taux de cholestérol et diminue la pression sanguine, le risque

de diabète type II [25]. Le risque d’atteinte cardiaque est alors également réduit, car les éléments contribuant à la plaque athéromateuse sont raréfiés [25, 45]. La pratique d’activité physique régulière selon les recommandations [35, 36, 40, 41, 42] évite la prise de poids liée à l’âge, améliore les rapports de la composition corporelle et évite le dépôt adipeux de type abdominale [25].

Poids insuffisant	$IMC < 18,5$
Poids normal	$18,5 \leq IMC < 25,0$
Excès de poids	$25,0 \leq IMC < 30,0$
Obésité	$IMC \geq 30,0$

Tableau 7 : Indice de masse corporelle (IMC) [26]

Le risque de MCV chroniques est aussi lié avec le **taux de cholestérol** (norme 2.9 – 5.0 mmol/l). Pour la prédiction des risques, il est avantageux de considérer les composantes en HDL (high density lipoprotein) et en LDL (low density lipoprotein) séparément. Une forte concentration sanguine en HDL (0.8 - 1.9 mmol/l) est plus favorable que celle de LDL (1.7 - 3.4 mmol/l), car le LDL est l’une des principales composantes à l’origine de la formation de l’athérosclérose [26]. Tandis que le HDL ramène le surplus en cholestérol déposé dans les tissus périphériques et les artères pour la formation de bile et l’évacuation par les intestins [25].

Le but premier d’une **alimentation** saine est d’éviter de contribuer au processus de la plaque athéromateuse. Pour les personnes atteintes d’hyperlipidémie et d’excès pondéral, il est conseillé de remplacer les protéines animales par des dérivés de soja ou des légumes. La consommation d’alcool ne devrait pas dépasser la limite quotidienne de deux verres d’alcool fort (max 4 cl), ou 3 verres de vin (max 3 dl) ou 3 chopes de bière (max 1.5 l). Une consommation modérée augmente la concentration des HDL et les polyphénols présents dans le vin rouge inhibent l’oxydation des LDL. En outre, l’excès d’alcool conduit à la dépendance et au risque de cancer [25].

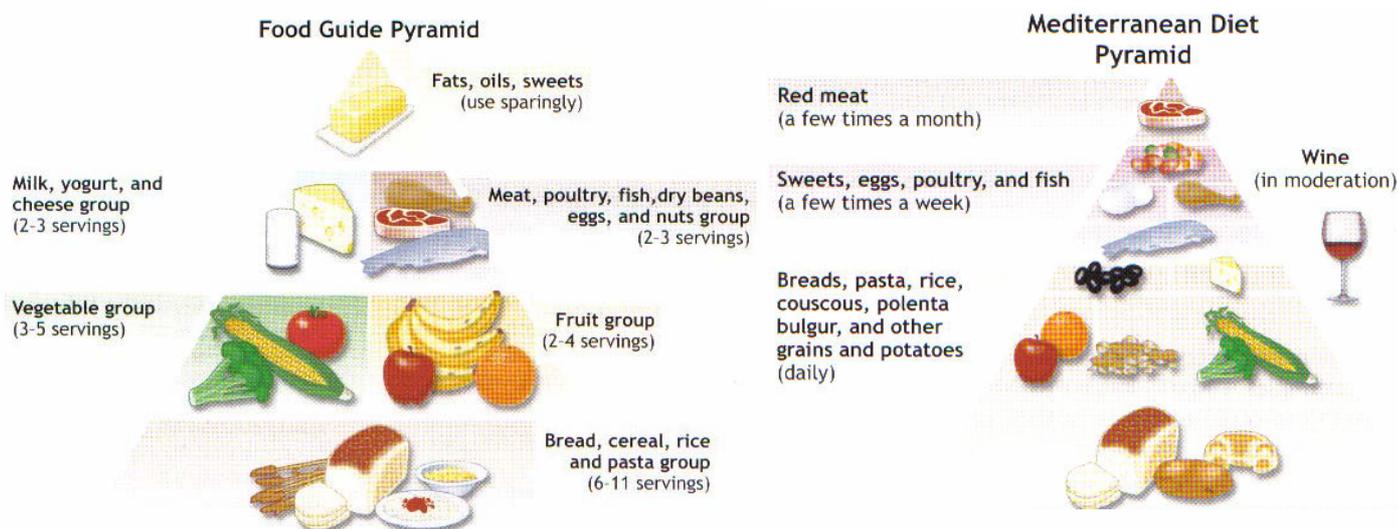


Image 6 : Pyramide de la nutrition idéale [25]

Le **tabagisme** actif ou passif est l'un des indicateurs les plus importants pour la détermination du risque de maladies cardiaques chroniques. Le risque augmente proportionnellement au nombre de cigarettes fumées par jour. Le taux en HDL d'un fumeur est fortement réduit et ainsi le risque d'incident cardiaque est également haut [25]. Si la personne est fumeuse, diabétique et souffre d'hypertension artérielle, le risque augmente encore d'un degré. 80% des personnes entre 30 et 40 ans ayant subi une attaque cardiaque sont fumeuses [25]. A 60 ans, les fumeurs ne présentent plus que 50% des patients [25]. Pour les fumeurs, le risque de mourir d'un cancer est supérieur à celui d'une pathologie cardiaque [25].

La prévalence d'**hypertension artérielle** augmente sensiblement avec l'âge. Les hommes et les Noirs sont plus fréquemment atteints que les femmes et les Caucasiens [25]. L'hypertension chronique abîme les vaisseaux artériels et est un facteur important contribuant à la formation d'athérosclérose provoquant l'infarctus du myocarde et l'insuffisance rénale [25]. L'exercice physique régulier sert de première ligne de défense contre l'hypertension légère (140-159 mmHg systolique, 90-99 mmHg diastolique) et moyenne (160-179 mmHg systolique, 100-109 mmHg). L'effort physique réduit l'activité du système nerveux sympathique et contribue à la normalisation de la morphologie des artérioles. La résistance périphérique au flux sanguin diminue et la tension artérielle générale diminue [25].

Tableau 8 : seuil d'hypertension artérielle [26]

Hypertension légère	TS $\geq$ 140 et/ou TD $\geq$ 90 mmHg
Hypertension modérée	TS $\geq$ 160 et/ou TD $\geq$ 100 mmHg
Hypertension sévère	TS $\geq$ 180 et/ou TD $\geq$ 110 mmHg

## 7.2 Influence de l’effort physique sur les facteurs de risques d’atteintes cardiovasculaires

La prise en charge de personnes présentant certains facteurs de risques modifiables passe en premier lieu par la pratique d’activité physique régulière et ensuite par la posologie correcte de médicaments. **Des études prospectives démontrent clairement que l’activité physique régulière protège contre les pathologies cardiaques CHD et la mortalité** [25]. L’effort physique améliore la vascularisation, augmente le flux sanguin coronaire et la résistance des vaisseaux coronaires [25, 26, 45]. La pratique régulière d’efforts physiques (aérobique si possible) [25] :

- normalise le taux de **lipides sanguins**.
- **inverse l’athérosclérose et prévient des calculs biliaires**. Les hommes sains nécessitent 1000 kcal/séance pour élever le taux de HDL, 1300 kcal/séance pour diminuer la concentration de LDL et 800 kcal/ séance pour diminuer le niveau des triglycérides.
- **diminue la tension artérielle de 6 à 10 mmHg** des personnes sédentaires de tous âges par la inhibition du système nerveux sympathique et la normalisation de la morphologie des artérioles. La résistance périphérique au flux sanguin diminue et la tension artérielle diminue.
- a une influence positive sur le **stress familial et professionnel**.

Malgré certaines prédispositions héréditaires non modifiables et défavorables, il faudrait pratiquer des activités physiques et être d’autant plus attentif aux facteurs de risques [25, 26, 45]

Inactivité	Pas de sport, gymnastique ou fitness, ni aucune activité physique qui fasse transpirer.
Activité partielle	Au moins une heure par semaine de sport, gymnastique ou fitness, mais de manière peu intensive (sans transpiration), ou au moins une fois par semaine une autre activité physique qui fasse transpirer.

Tableau 9 : définition de la sédentarité selon “swissheart”

### 7.3 Formation de la plaque athéromateuse

Nous décrivons ce processus dans sa complexité afin de démontrer l'importance d'une prise en charge précoce pour éviter ou diminuer les conséquences graves qu'elles entraînent.

Les causes sont d'origine multifactorielles (décrites au point 7.1). La formation de la plaque d'athérome peut être définie comme **une atteinte des artères par accumulation de lipides dans l'intima de la paroi artérielle, associée à une prolifération de fibres élastiques et à une calcification de la média conduisant à l'oblitération artérielle** [25]. Le facteur déclanchant n'est pas encore connu par les scientifiques [25].

Cependant, les chercheurs supposent que la **bactérie Chlamydia pneumoniae** est l'origine du processus inflammatoire marquant le début de la plaque athéromateuse [45]. Il semble que cette bactérie atteint les vaisseaux sanguins en proliférant dans les **macrophages** qui sont capables de la phagocyter mais pas de la digérer. Les **cellules endothéliales endommagées** libèrent des agents chimiotactiques et de croissance. Ensuite, celles-ci absorbent des quantités accrues de lipides sanguins et en particulier les lipoprotéines de basse densité (LDL) [25, 45].

Lorsque **la lipoprotéine séquestrée s'oxyde**, elle **endommage les cellules de l'intima** et attire les monocytes par des agents chimiotactiques [25]. Les monocytes s'accrochent aux lésions, migrent sous la tunique interne et se transforment en macrophages [25]. Normalement les macrophages assument un rôle protecteur. Mais dans ce cas, elles s'abreuvent des LDL oxydés, et regorgent des lipides. Ainsi, elles perdent leur propriété "nettoyante" [25].

Puis, les macrophages libèrent la bactérie Chlamydia et s'allient aux **cellules musculaires lisses**. Cette alliance transforme les cellules musculaires lisses en cellules spumeuses (**stade des stries lipidiques**) qui sécrètent à leur tour du collagène et de l'élastine [25].

Par conséquent, **la tunique interne s'épaissit** de cellules spumeuses mortes ou en décomposition (**plaques athéroscléreuses**) [25]. Finalement, les parois artérielles s'usent et s'ulcèrent. Le tissu cicatriciel non élastique comble les lésions. Ces dépôts lipidiques de cellules musculaires lisses et de fibres font saillie dans la lumière du vaisseau [25]. Ainsi l'adhésion plaquettaire et la formation de caillots sont favorisées.

Le développement de la plaque d'athérome aboutit à une **obstruction** de plus en plus importante de la lumière artérielle. Il engendre la formation d'un caillot obstruant complètement l'artère (**sténose**) et causant des troubles de vascularisation dans le territoire en aval [25].

Cette plaque d'athérome est longtemps fragile en surface. Dans certains cas, des fragments de thrombus se détachent et obstruent ainsi des artères plus petites (**embolie**) [25].

Les plaques gênent la **diffusion des nutriments** dans les tissus profonds des parois artérielles. L'athérosclérose perturbe la **libération d'agents vasodilatateurs et antiagrégants**, ce qui accélère la formation de caillots. Ceci a pour conséquence de rigidifier les parois vasculaires et cause ainsi l'hypertension artérielle [25].

Les **conséquences** varient selon la localisation du thrombus et du temps nécessaire avant l'intervention médicale.

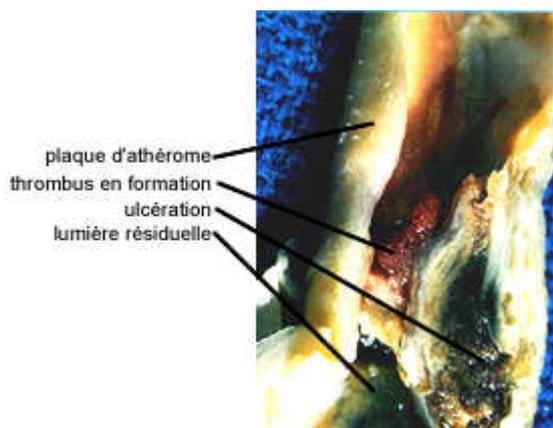


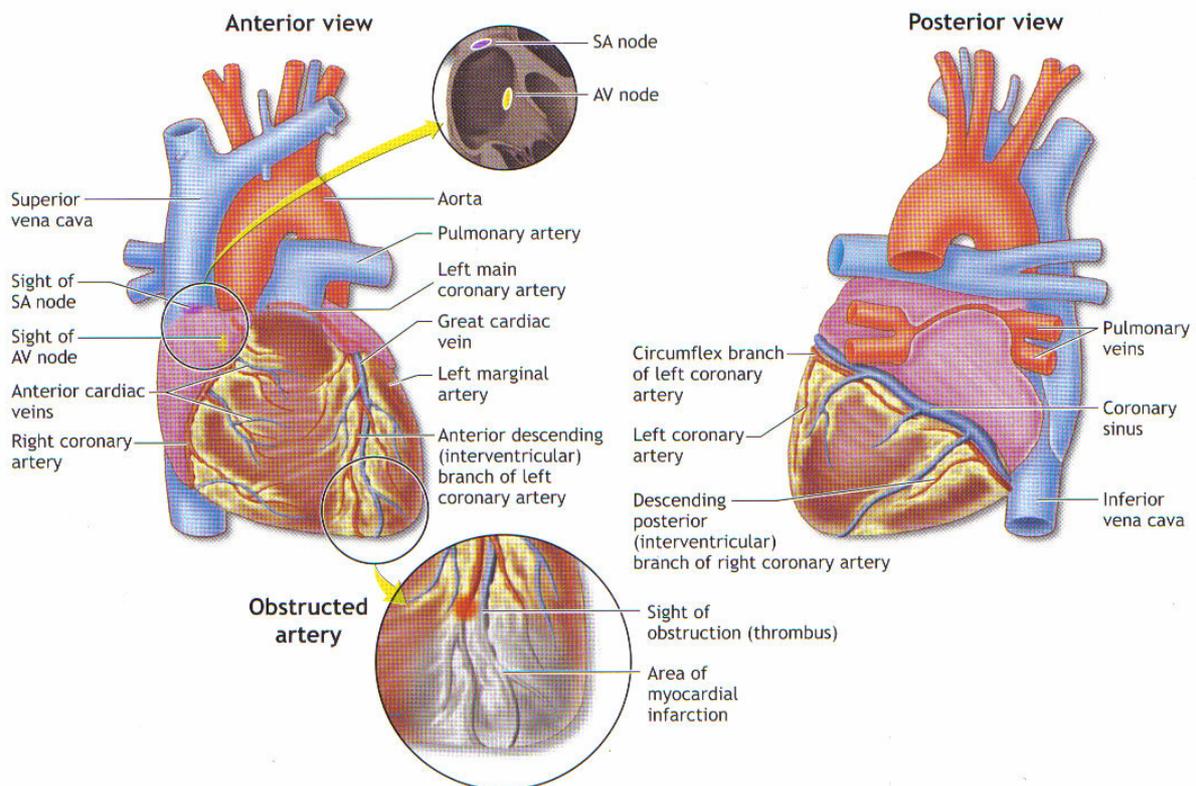
Image 7 : Illustration de la plaque d'athérome [65]

#### 7.4 Pathologies

Les pathologies du système cardiovasculaire sont nombreuses. Nous nous limitons à présenter uniquement les pathologies que présentent les patients ayant participé à notre MFE. Afin de rester précis et d'éviter toute redondance, nous synthétisons fortement les informations.

### 7.4.1 Infarctus du myocarde

Dans la majorité des cas, l'infarctus du myocarde est la conséquence directe de la plaque d'athérome et de plusieurs facteurs de risques accumulés. Par conséquent, **les tissus en aval de la sténose partielle ou complète sont mal vascularisés et peuvent se nécroser et finalement perdre leurs fonctions** [25]. S'il s'agit d'un infarctus du myocarde, les coronaires sont concernées. Selon la localisation, l'ampleur et le temps nécessaire à l'intervention chirurgicale, la mortalité peut être évitée. Étant donné que le groupe expérimental ne présente pas de pontage ou de chirurgie thoracique, nous ne développons pas ce sujet.



Anterior and posterior views of the coronary circulation including site of SA and AV nodes (upper inset). Arteries are shaded red and veins blue, with the exception of the pulmonary circulation where colors reverse. The lower inset illustrates a myocardial infarction from the blockage of a coronary vessel.

Image 8 : Illustration d'un infarctus myocardique [25]

## 7.4.2 Remplacement de la valve aortique, mitrale et bicuspidale

Les conditions médicales [25, 45] requises pour affirmer des anomalies des valves cardiaques sont :

- **La sténose** est une constriction partielle ou complète de l'artère empêchant l'ouverture complète des valves cardiaques. Des dépôts calcaires anormaux ou des cicatrices à la suite d'une infection bactérienne aux streptocoques sont souvent responsables de déformations valvulaires cardiaques et de cicatrices.
- **L'insuffisance valvulaire** a lieu quand la valve cardiaque ne se referme pas complètement et un certain volume de sang retourne dans l'oreillette ou le ventricule (phénomène de reflux).
- **Le prolapse** est une conséquence d'une valve élargie dont le feuillet atteint l'oreillette pendant la systole.

Les anomalies valvulaires **augmentent le travail cardiaque**. Quand la valve est sténosée, le myocarde exerce une grande pression afin d'éjecter le volume de sang. À l'inverse, si la valve présente une insuffisance, il essaie de maintenir le volume d'éjection systolique constant.

Le **prolapse de la valve mitrale** (Barlow-Syndrome) touche 10% de la population et principalement les femmes [64]. Il apparaît généralement en combinaison avec l'endocardite, l'athérosclérose et ou la dystrophie myocardique. Le prolapse est souvent dû à une **anomalie des feuillets valvulaires**. Pendant la systole, les feuillets de la valve mitrale sont bombés vers l'oreillette gauche. Cette pathologie est souvent combinée avec une insuffisance mitrale légère à sévère [64]. Au stéthoscope le prolapse crée des claquements audibles suivis de bruits cardiaques de fin de systole. En général, les patients ne présentent aucun symptôme ou alors des palpitations ou des arythmies [64].

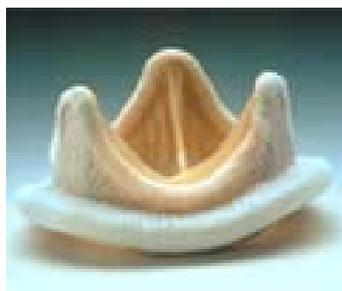


Image 9: Valve cardiaque [66]

De nos jours, il existe plusieurs types de remplacement de valves cardiaques. Les valves artificielles ont une durée moyenne de vie de 20 à 30 ans [66], tandis que les bioprothèses d'origine animale durent 13 ans en position mitrale [66] ou 8 ans en position aortique [66]. Afin d'éviter un remplacement valvulaire ultérieur, il est primordial de tenir compte de l'âge et de l'espérance de vie du patient [64, 66].

### 7.4.3 Angioplastie transluminale coronaire percutanée (PTCA) et pose de stent

Quand une artère présente une occlusion partielle à la suite d'une plaque d'athérome, l'angioplastie transluminale coronaire percutanée (percutaneous transluminal coronary angioplasty, PTCA) peut être envisagée [25, 45, 67]. **Cette technique chirurgicale non invasive sert à désobstruer l'artère et permet ainsi la revascularisation de la zone en aval de la sténose à long terme** [25, 45].

Un cathéter avec un ballonnet dégonflé à son extrémité est inséré au niveau de l'artère fémorale ou brachiale. Le diamètre des instruments opératoires ne dépasse pas 2 mm. Le ballonnet est dirigé vers la zone concernée, gonflé pendant une minute entre 1 et 20 atm. Puis, le ballonnet est à nouveau dégonflé et le stent se déploie contre les parois de l'artère. Finalement, le cathéter et le ballonnet sont retirés [25, 45, 67].



Image 11: Pose de stent [67]

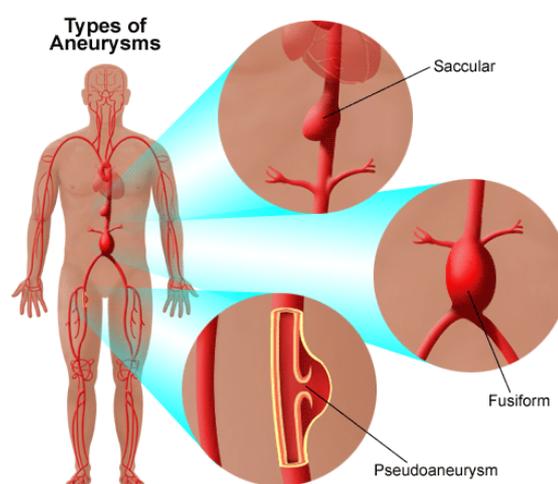


Image 10: Illustration d'anévrisme [68]

### 7.4.4 Anévrisme

L'anévrisme caractérise **une dilatation anormale de la paroi artérielle, de naissance ou acquise (plaque d'athérome)**. Elle peut prendre différentes formes (voir graphique ci-dessous). [25, 64]. Le développement est lent et affaiblit petit à petit les parois. L'origine peut être un traumatisme, une infection, une athérosclérose ou une maladie cardiaque chronique. Souvent la pathologie s'installe sans manifester de symptôme et elle est détectée à la suite d'une coronarographie [25].

## 8. Protocole de l’expérimentation

### 8.1 Contacts et délais

La partie pratique de ce travail se déroule à la Clinique Le Noirmont, Centre de réadaptation cardiovasculaire [63]. Le premier contact était fixé au début mai 2005 avec Monsieur Steve Farine, physiothérapeute, qui a informé le chef des programmes et maître de sport, M. Jean-Willy Wüthrich, ainsi que le Dr. Roger Weber, cardiologue, Médecin-chef.

Après divers échanges d’e-mails et entretiens téléphoniques avec M. Farine, une entrevue a été organisée (5 mois avant la mise en pratique) pour présenter de vive voix cette étude au Médecin-chef de la clinique. Deux semaines avant cette rencontre, nous leur avons fait parvenir une ébauche du travail de mémoire contenant les objectifs, l’hypothèse et la procédure prévue avec une revue de littérature appuyant notre démarche. Cet entretien nous a permis de cadrer ce travail et d’élucider certaines zones d’ombre.

Nous avons donc modifié la procédure de l’étude en fonction des faisabilités pratiques. Dans le but de faciliter la mise en pratique, des échanges d’informations avec le chef des programmes et maître de sport ont eu lieu. Nous avons mis en relation Monsieur Farine avec l’entreprise Ryffel Running [27, 39] pour le prêt de gilets “Wet-Vest” et M. Farine s’est engagé à contacter le responsable du Centre de Loisirs de Saignelégier pour les séances de DWR. Nous tenons à préciser que la Clinique Le Noirmont s’est engagée activement dans l’élaboration de ce mémoire et en a couvert la totalité des frais financiers. Nous remercions très sincèrement ces instances dirigeantes, notamment M. le Directeur Cédric Bossard.

En février 2006, une rencontre avec M. Farine et les maîtres de sport a lieu. Nous avons présenté notre hypothèse, nos objectifs, le protocole du “6-MWT” et défini l’échelle de Borg modifiée. [Annexe 13.7 : “Echelle de Borg”]. La procédure envisagée pour les séances de DWR (échauffement, 3 techniques de pas, retour au calme) fut également explicitée. Les postures erronées les plus fréquentes ont été commentées avec des photos à l’appui. De plus, les horaires ont été convenus pour le transport des patients entre la clinique et la piscine. Cette rencontre nous a permis d’adapter notre protocole du “6-MWT”. Par mesure de sécurité, la présence d’une infirmière avec le matériel nécessaire (défibrillateur, médicaments, radio...) à été décidée.

## 8.2 Sélection des groupes

La première sélection des patients susceptibles de prendre part à l'étude s'effectue, dès les premiers jours, par les maîtres de sport. La participation est ensuite proposée au médecin, qui donne son accord pour suivre les séances de DWR deux fois par semaine. Les patients ont quatre jours pour accepter ou de décliner leur collaboration à l'étude. C'est uniquement lors de la première séance en piscine qu'ils mettent par écrit leur consentement. [Annexe 13.2 : “Consentement éclairé du patient”]. Ils ont toujours la possibilité de mettre fin à leur participation pour quelque raison que ce soit et sans conséquence pour la suite du traitement.

### 8.2.1 Choix de la population

Toutes les participations au groupe d'intervention ont été agréées par les médecins de la clinique. La population du groupe de contrôle est choisie en fonction du groupe expérimental. Les facteurs de risque tels que le tabac, l'hypertension artérielle, la surcharge pondérale (BMI), l'hyperlipidémie, les antécédents familiaux et la sédentarité servent de base de répartition.

Malheureusement l'application sur le terrain ne correspond pas entièrement aux recherches théoriques effectuées antérieurement. En fonction des patients disponibles et des facteurs de risques cités précédemment, nous avons essayé de rapprocher au mieux la population des deux groupes. C'est pour cette raison que la population des deux groupes est similaire mais non randomisée.

Les femmes et les hommes de plus de 40 ans nous intéressent particulièrement, car à partir de cette tranche d'âge la probabilité d'un incident cardiaque est importante [52-56]. D'autre part, les études sélectionnées analysent particulièrement cette population [7, 9, 33, 35, 42]. Cet intérêt est renforcé par le fait que certains cardiologues mettent en doute la capacité des patients en stade II, à fournir les efforts nécessaires. Pour ces raisons et selon ces études [52-56, 7, 9, 33, 35, 42] nous avons fixé les **critères d'inclusion** pour l'admission au projet comme suit :

- patients en réadaptation cardiaque stationnaire au stade II
- âge supérieur à 40 ans
- fraction d'éjection systolique gauche supérieure à 40%
- patients stables sans risques d'angine de poitrine

- le “6-MWT” doit remplir les conditions des guidelines
- le médecin responsable doit autoriser le patient à participer à cette étude
- le sexe n’est pas un critère influençant l’étude
- participation volontaire des patients

Concernant les **critères d’exclusion**, nous nous permettons d’écarter certaines pathologies associées qui pourraient influencer les résultats finaux [1-4, 6, 9-12, 21, 24, 29, 30, 31]. Il nous est donc nécessaire de créer des situations similaires à ces dernières études afin de pouvoir comparer les résultats. Voici les différents critères :

- angine de poitrine instable
- diabète type I et II
- canal lombaire étroit
- insuffisances vasculaires périphériques
- atteintes neurologiques telles que l’hémiplégie, l’ataxie ou autres
- amputation de membre(s) supérieur ou inférieur
- problèmes locomoteurs (musculo-squelettique) graves
- stade terminal d’une maladie
- patients non collaborant ou refusant la participation

La majorité des participants ont subi des poses de stent ou des remplacements valvulaires à la suite d’infarctus du myocarde ou de cardiopathies coronariennes. Les mécanismes et les particularités liés à ces pathologies sont décrits au chapitre “6. Physiologie cardiovasculaire du corps immergé au repos et à l’effort”.

### 8.3 Prétest

Une fois la sélection des groupes définie, les participants accomplissent un “Prétest de 6 minutes” (test d’entrée). Ce moyen de mesure a été choisi, car il est validé et utilisé très fréquemment lors d’études dans le domaine cardiovasculaire [6-11, 14, 28-31, 46]. Un support commun a été élaboré selon la guideline de American Thoracic Society [6]. Les “prétests de 6-MWT” ont tous été effectués par les maîtres de sport [Annexe 13.1: “Test 6 minutes”] à partir de la première semaine du séjour.

Le test s’effectue toujours au même endroit dans la clinique ; ceci facilite les mesures d’urgences. En effet, un téléphone, des médicaments, de l’oxygène et un défibrillateur se situent à proximité.

Selon les études citées [6, 7, 8, 9] dans la revue de la littérature, le test devrait être réalisé le long d’un couloir gradué tous les 3 mètres. Pour des raisons pratiques, il a eu lieu dans une grande salle de sport marquée par des cônes aux points tournants. Le patient porte des habits confortables et des souliers adaptés. Dans cette étude, aucun participant ne marche avec une orthèse ou de l’oxygène. Le patient a la possibilité de prendre un léger repas dans la demi-journée qui précède le test, mais doit éviter tout effort astreignant durant les deux heures précédentes.

Le professionnel explique au préalable le but du test, soit : “marcher le plus loin possible pendant 6 minutes”, et ensuite le principe de fonctionnement de l’échelle de Borg [Annexe 13.7:]. Les paramètres (fréquence cardiaque, SpO2 et Borg) sont mesurés au repos avant le test, puis à chaque minute durant le test et à 2 minutes post-effort [Annexe 13.1]. Pour des raisons pratiques, la distance parcourue à chaque minute n’a pas pu être retranscrite, nous utilisons uniquement la distance totale. Il en est de même pour la tension artérielle qui n’a pas été mesurée préalablement.

Le matériel utilisé durant les tests (saturomètre et échelle de Borg) reste identique sur toute la durée de l’étude afin de limiter les facteurs d’erreurs. Dans la mesure du possible, le même intervenant effectue le “Test de 6 Minutes” à l’entrée et à la sortie du patient.

#### 8.4 Programme des deux groupes

Une fois le test effectué, les participants poursuivent leurs programmes hebdomadaires en fonction de leur planning et de leur groupe. Étant donné que les patients effectuent un séjour de trois semaines dans la clinique, nous avons étendu notre étude sur plusieurs périodes de séjour (de mars à mai 2006) afin d’obtenir un nombre de participants suffisant, soit trente-six patients au total.

#### 8.4.1 Groupe de contrôle

Les patients du **groupe de contrôle** ont suivi le programme habituel proposé par la clinique et adapté aux besoins individuels de chaque participant. Les activités physiques sont réparties par séances d'environ une heure et ne comportent pas de séance au DWR. Elles tiennent compte des guidelines émises par l'ATS et GSRC [44]. La durée de l'effort principal peut varier et être adaptée aux capacités du groupe. Les participants accomplissent des entraînements de force et d'endurance spécifiques et ludiques tels que des jeux à l'intérieur ou à l'extérieur, de la marche, du vélo, du Nordic Walking.... Pour des raisons de sécurité et pour un suivi optimal, les physiothérapeutes notent la fréquence cardiaque, la saturation et le Borg à chaque entraînement.

#### 8.4.2 Groupe d'intervention

Le **groupe d'intervention** accomplit deux séances par semaine (mardi et jeudi) de DWR de 50 minutes. En moyenne, chaque participant devrait avoir suivi cinq séances d'aquajogging durant son séjour de trois semaines. Les traitements sont réalisés à l'extérieur de la clinique où une piscine suffisamment profonde est mise à disposition. Le trajet d'environ 10 minutes s'effectue par un minibus, ce qui permet aux professionnels accompagnants de prendre contact avec le groupe de patients.

Les séances du mardi sont assurées par Francine Crettaz et Aline Gyger accompagnées d'une infirmière, alors que les séances du jeudi sont réalisées par les maîtres de sport également soutenus par une infirmière. En effet, pour cause de distance et d'obligation envers la HEVS, il nous était impossible de nous rendre plus d'une fois par semaine à la Clinique Le Noirmont. Toute l'équipe de la clinique, très intéressée par l'étude nous a soutenu activement. La présence de l'infirmière avec le défibrillateur, les médicaments et la radio sont nécessaires pour une sécurité optimale.

En reprenant un plan de traitement pour les deux groupes, nous remarquons que chaque jour plusieurs activités sont proposées :

<b>Groupe de contrôle</b>		<b>Groupe d'intervention</b>	
Dates	Activités	Dates	Activités
Lundi	Exercices de force Gymnastique Atelier d'expression	Lundi	Exercices de force Gestion du stress Cours d'alimentation
Mardi	Gymnastique Conseils sportifs Excursion <b>Vélo d'appartement</b>	Mardi	Excursion Exercices de force <b>Aquajogging</b>
Mercredi	Gymnastique Exercices de force Activités extérieures Exercices de relaxations	Mercredi	Le système cardiovasculaire Exercices dans l'eau Activités extérieures Exercices de relaxation
Jeudi	Excursion <b>Activités extérieures</b>	Jeudi	Excursion <b>Aquajogging</b>
Vendredi	Vélo d'appartement Exercices de relaxation Excursion Vélo d'appartement	Vendredi	Vélo d'appartement Exercices de force Excursion Vélo d'appartement
Samedi	Gymnastique	Samedi	Gymnastique

Tableau 10 : La Clinique Le Noirmont "Programme hebdomadaire des patients" [63]

Les tableaux ci-dessus représentent un planning hebdomadaire pour les deux groupes. Il apparaît que le groupe expérimental suit deux séances de DWR par semaine. Pour le groupe de contrôle, ces séances sont compensées par une autre activité, à des conditions et à des durées égales. Aucun participant ne se sent lésé par rapport au groupe dans lequel il est réparti, car chaque programme est conçu avant tout en fonction de la capacité et de l'intérêt du patient.

### 8.5 Instruments de mesure

Concernant la validité du "Test de 6 minute", nous vous prions de vous référer au chapitre "revue de littérature du "Test de 6 Minutes". Les études citées dans ce chapitre, démontrent également la validité de l'échelle de Borg modifiée.

La fréquence cardiaque n’a pas été mesurée étant donné que la majorité des participants sont sous traitement médicamenteux de bêtabloquants. Ces médicaments ont un effet bradycardisant et par conséquent la fréquence cardiaque n’a plus la même valeur objective [57]. De plus, cette dernière est également diminuée d’environ 15 à 17 battements/min, lors de l’immersion dans l’eau [34].

## 8.6 Déroulement des séances de DWR

Les séances de DWR ont été définies selon des études spécifiques [15, 16, 21-23, 25, 32-34, 36, 37, 42, 44, 47, 48, 62] et une guideline [59]. Cependant, quelques adaptations étaient nécessaires, car la mise en pratique a eu lieu dans une piscine publique. En effet, les séances des entraînements se sont déroulées sans musique, ceci permet de donner des corrections orales, audibles pour les participants, tout en ne contraignant pas le large public venu faire usage du lieu. Ceci permet également aux patients de se concentrer sur la perception de leur corps.

### 8.6.1 Introduction au DWR (durée 5 minutes)

Les “habitues” entament l’échauffement après avoir choisi une veste, alors que les nouveaux participants suivent l’introduction :

- Explication de l’**échelle de Borg** qui est évaluée par le patient au repos, à l’effort et post-effort [Annexe 13.6 : “Récolte des paramètres”].
- Explication des gilets “Wet-Vest” :



Le modèle “Aqua-fit Wet-Vest II”, procure dans l’eau une poussée d’Archimède idéale, car le néoprène est réparti sur le côté dorsal et ventral de manière homogène. De plus, ses trois fixations (deux latérales et une caudale) soutiennent les muscles stabilisateurs des parties inférieures et supérieures du tronc.



Le modèle « Aqua-fit Sport » est composé de deux fixations latérales s’attachant à la hauteur du nombril. Il permet une facilité d’adaptation et un plus grand confort. Les patients, ayant une masse abdominale importante, peuvent se mouvoir librement. Par contre les muscles stabilisateurs de la partie supérieure du tronc sont peu soutenus.

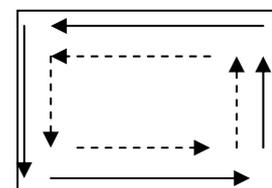
Le **choix des vestes** se fait, dans un premier temps en fonction de la corpulence des patients ainsi que de leur capacité à stabiliser leur tronc dans l’eau. Étant donné que nous ne pouvons tester ceci, le patient prend le modèle “Aqua-fit Wet-Vest II” lors de la première séance. Par la suite et en fonction de ces capacités, il peut choisir le modèle “Aqua-fit Sport”. Dans la pratique, quelques participants ne se sentent pas à l’aise avec le premier modèle, c’est pourquoi ils ont commencé avec “l’Aqua-fit Sport”.

Ces différentes vestes procurent une **poussée d’Archimède dans l’eau** jusqu’à l’incision jugulaire. En fonction de la stature différente de notre population, l’immersion est plus prononcée chez quelques personnes (image à droite). Pour ce type de population il est recommandé d’ajouter des renforcements sous forme d’auto-adhésifs. Ce type de matériel n’est malheureusement pas en notre possession et, par conséquent, quelques patients sont davantage immergés.



Image 13 : Immersion [58]

- Le professionnel demande l’accord oral des participants pour la prise de photos. Nous les utilisons uniquement dans le cadre de ce mémoire.
- Explication du **parcours** dans l’eau. Les participants ayant un rythme rapide se mettent sur l’extérieur de la piscine alors que les participants ayant un rythme plus lent avancent à l’intérieur.
- L’**instructeur** reste hors de l’eau pour montrer les différents pas et pour donner les corrections orales durant l’activité. Le deuxième accompagnant est dans l’eau pour positionner le patient conformément aux techniques souhaitées et le corriger. Si un patient



ne se sent pas à l’aise, il prend immédiatement contact avec un des responsables de la séance et, si nécessaire, arrête l’effort.

- Pour des raisons d’hygiène le participant et la veste prennent une douche avant et après la séance en piscine.

### 8.6.2 Échauffement dans l’eau

Après ces quelques explications, les participants s’immergent pour s’habituer au gilet (10 minutes). Les divers exercices d’échauffement servent à :

- Prendre conscience de l’équilibre en station debout avec et sans contact au sol.
- Introduire les différents style de pas :
  - Marche sur place en fléchissant les hanches et les genoux jusqu’à 90°. Utiliser également les membres supérieurs.
  - Mobiliser activement les épaules de 45° de flexion à 30° d’extension en tenant les coudes soit à 90° soit 0° de flexion.
- Apprentissage des trois techniques de pas pour les nouveaux participants. Le thérapeute se situe hors de l’eau et instruit la **position de base du corps** :
  1. La ligne médiane du corps est inclinée d’environ 5-10° vers l’avant.
  2. Les pieds ne touchent pas le sol, la tête et le menton restent hors de l’eau.
  3. Les membres supérieurs bougent en alternance avec les membres inférieurs.
  4. Les coudes sont fléchis à environ 90°, les mains sont décontractées en serrant le poing et posant le pouce sur l’index.



Image 14 : Position de base de corps, Ryffel Running [39]

L’instruction des **trois techniques de pas** (décrite précisément dans la partie principale ci-dessous), se fait par l’instructeur hors de l’eau et à travers des informations orales et visuelles des mouvements décomposés. Si le patient ne parvient pas à réaliser les exercices de manière indépendante, le thérapeute dans l’eau intervient pour une correction tactile.

L’instruction des **mouvements de la cheville** se fait pour toute les techniques de pas. En stabilisant activement cette articulation, les mouvements de compensation des membres inférieurs et du tronc sont moindres [39]. Des positionnements correctement réalisés permettent une exécution plus rapide des différents mouvements. Les mouvements de la cheville sont particulièrement importants pour stabiliser les membres inférieurs.

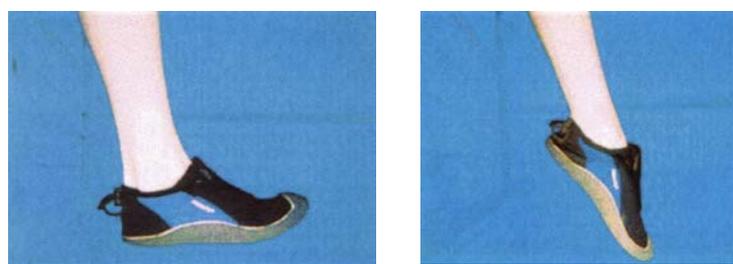


Image 15 : mouvement des chevilles, Ryffel Running [39]

La technique de **respiration** la mieux adaptée à l’effort dans l’eau est une respiration combinée. Une inspiration par le nez permet de filtrer et d’humidifier l’air, tandis que l’expiration par la bouche facilite une évacuation maximum de l’air usée [25, 45]. Chaque participant instaure son propre rythme respiratoire en fonction de la cadence de ses foulées.

Les autres participants commencent avec la technique au choix en gardant un rythme faible, donné par le physiothérapeute dans l’eau.

### 8.6.3 Partie principale : Initiation aux 3 styles de pas dans l’eau

Après un échauffement de légère intensité, les participants suivent un entraînement de force-endurance. Il s’agit d’un entraînement de 45 minutes avec la résistance de l’eau sur les parties immergées du corps.

## Course de Fond :

Nous avons sélectionné cette technique, car elle s’approche de la technique de marche dans la vie quotidienne. Cette méthode de course est utilisée pour un entraînement en endurance.

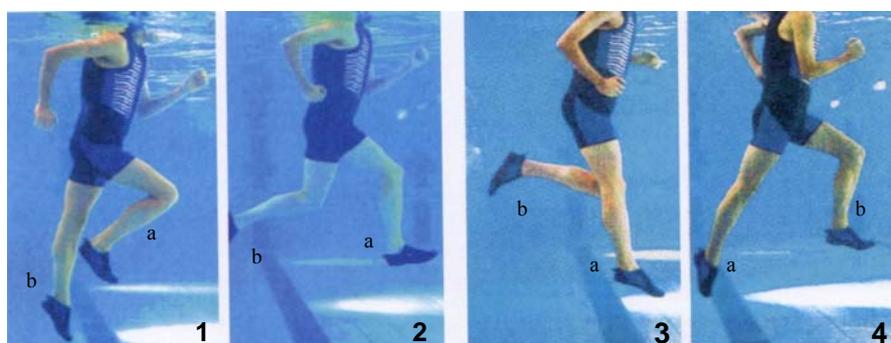


Image 16 : Modèle de pas Course de Fond selon Ryffel Running [39]

Explication de la méthode :

1. a. flexion de hanche à  $70^\circ$  et de genou à  $120^\circ$  + extension dorsale du pied  
b. extensions totales de hanche et de genou + flexion plantaire du pied
2. a. le membre inférieur tend vers l’extension de hanche et de genou.  
b. flexion de genou et de hanche.
3. a. le membre inférieur tend vers l’extension de hanche et de genou + flexion plantaire du pied  
b. flexion de hanche et de genou + extension dorsale du pied
4. a. extension totales de hanche et de genou + flexion plantaire du pied  
b. flexion de hanche jusqu’à  $70^\circ$  et de genou à  $120^\circ$  + extension dorsale du pied

Les épaules balancent de  $45^\circ$  de flexion à  $30^\circ$  d’extension, le coude reste en permanence à  $90^\circ$  de flexion, alternance entre les membres supérieurs et inférieurs. Les mains non crispées forment un poing avec le pouce posé sur l’index.

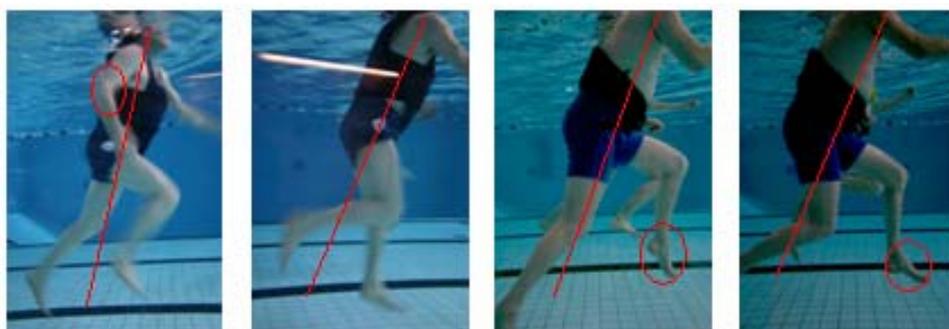


Image 17 : Erreurs observées chez les patients [58]

D’après la norme ci-dessus (Image 5), on observe que ce patient a :

- la ligne médiane légèrement trop inclinée vers ventral
- les mouvements des membres supérieurs ne s’effectuent pas avec un angle de  $90^\circ$  au coude
- l’extension dorsale du pied gauche est absente

Cependant, le patient effectue un mouvement fluide et les erreurs observées ne l’empêchent pas d’effectuer un effort d’endurance



Image 18 : Erreurs observées [58]

La ligne médiane du corps est énormément penchée en avant. La foulée est trop longue et le patient avance plus rapidement. Mais attention le but du DWR n'est pas de faire de la concurrence aux nageurs !

→ Correction du patient nécessaire

Image 19 : Erreurs observées [58]

Sur ce troisième exemple, le patient est en position assise (rétroversion du bassin) si bien qu'il ne puisse pas faire les différents pas correctement. Il est principalement limité dans les mouvements d'extension des hanches et des genoux.

→ Correction du patient nécessaire



## Skipping

Ce style de pas est d'une exécution facile mais s'effectue à un rythme plus rapide que le précédent. Le patient trotte avec une légère inclinaison antérieure.

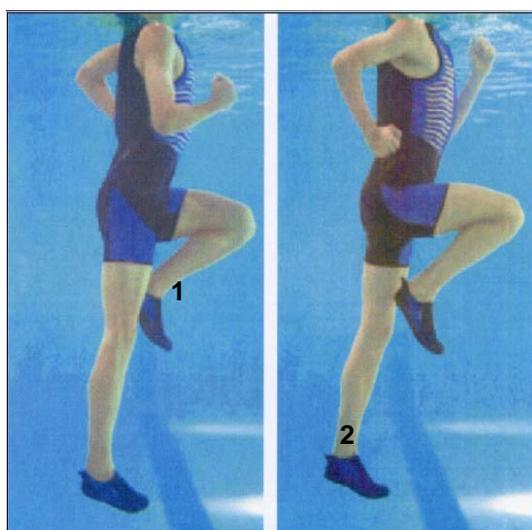


Image 20 : Modèle de Skipping selon Ryffel Running [39]

Explication de la méthode :

1. flexion de hanche à  $90^\circ$  et flexion maximale de genou + extension dorsale du pied.
2. extensions totales de hanche et de genou en gardant l'extension dorsale du pied.

Les épaules balancent de  $45^\circ$  de flexion à  $30^\circ$  d'extension en alternance avec les membres inférieurs. Les coudes restent fléchis à  $90^\circ$ . Les mains non crispées forment un poing et le pouce est posé sur l'index.

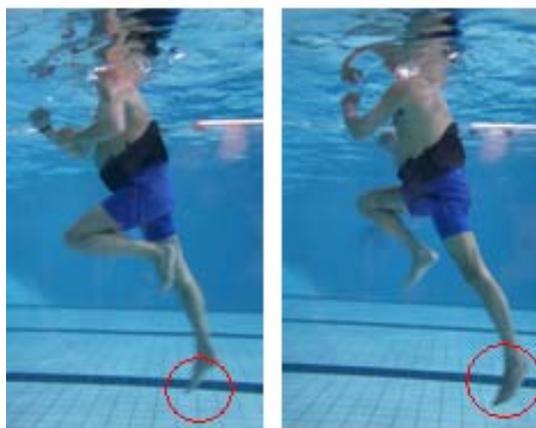


Image 21 : Erreurs observées [58]

Le patient ci-contre a un alignement du corps correct, l'inclinaison ventrale est légèrement prononcée mais reste dans la norme.

Les mouvements des bras s'effectuent avec une flexion de 90° aux coudes. Par contre l'extension dorsale du pied distal n'est pas maintenue lors de l'extension de hanche.

## Walking

Cette technique de pas est semblable au ski de fond. Elle associe également un travail des membres supérieurs et inférieurs. Nous avons choisi ce pas, car il est facile à l'exécution, mais plus lent que les précédents. Cependant il demande un travail intensif, car le corps a une grande surface de frottement avec l'eau et donc une plus grande résistance aux mouvements.

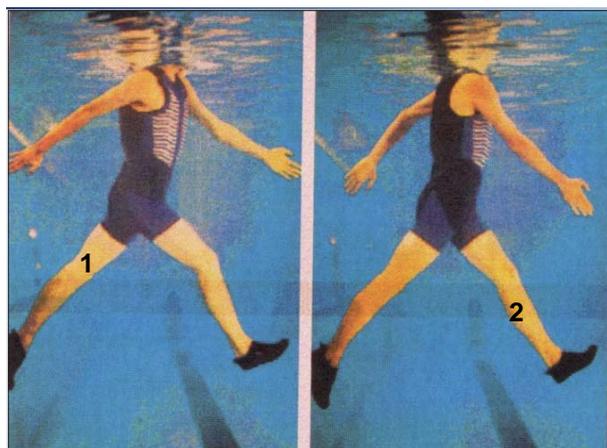


Image 22 : Modèle de Walking selon Ryffel Running [39]

Explication de la méthode :

1. les membres inférieurs sont en extension permanente:
  - extensions totales de hanche et de genou
  - flexion plantaire pied
2. extension dorsale du pied puis flexion de hanche jusqu'à 30° en gardant le genou en extension

Les membres supérieurs en extension, balancent en symétrie inversée aux pieds.

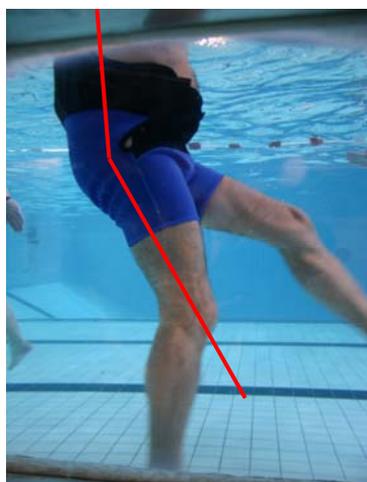


Image 23 : Erreurs observées chez le patient [58]

Le patient projette les membres inférieurs vers antérieur. Par rapport aux membres inférieurs, le tronc est légèrement incliné vers postérieur. Le participant n'avance pas, car il est davantage en position de marche arrière. Les pieds et les membres supérieurs ne sont malheureusement pas visibles sur cette photo.

→ Correction du patient nécessaire

#### 8.6.4 Retour au calme

Les cinq dernières minutes de la séance sont réservées pour le retour au calme, tous les participants baissent la cadence jusqu’à l’arrêt complet. Ensuite divers exercices de mobilisation de toutes les articulations sont proposés, tels que : nage sur le dos, exercices d’étirement.

A chaque entraînement, la **température de l’eau** est retranscrite, car d’après les différentes études [32-36, 40, 60, 61], nous avons remarqué que cet élément n’est pas négligeable. Durant les séances des DWR, la température de l’eau, est toujours identique, soit 28-29°. L’effet de la température de l’eau sur la physiologie du corps à l’effort est détaillé dans le chapitre “6. Physiologie cardiovasculaire du corps immergé au repos et à l’effort”.

De plus, chaque participant évalue l’intensité de l’effort produit par **l’échelle de Borg**. Ceci a lieu au repos avant l’effort maximum, pendant l’effort et à deux minutes posteffort. L’échelle de Borg utilisée est la même qu’au “6-MWT”. [Annexe 13.6 et 13.7]

Après les séances de DWR, le temps du retour en minibus est utilisé comme feedback. Chaque participant ainsi que l’infirmière nous font part de leurs impressions et de leurs éventuelles propositions d’amélioration. C’est également durant le trajet que nous distribuons aux patients un dépliant informatif des séances et le consentement qui leur est proposé à signer [Annexe 13.2 et 13.4]

#### 8.7 Posttest

Pendant la dernière semaine du séjour, un deuxième “6-MWT” est effectué auprès de tous les participants des groupes de contrôle et d’intervention. Le test suit exactement la même démarche et les mêmes paramètres de sécurité utilisés lors du premier test. Le matériel, le lieu et le moment sont les mêmes. Selon les possibilités, le responsable du test est le même que lors du premier test.

## 8.8 Principes éthiques

L'étude respecte les “Principes Ethiques applicables aux recherches médicales sur des sujets humains” de la Déclaration d'Helsinki [43]. Les données personnelles des patients sont codées pour garantir l'anonymat des participants. Les résultats des tests et les informations médicales sont protégés par le secret médical et la **confidentialité** est pleinement assurée.

Un formulaire d'information et un consentement éclairé à la participation à l'étude ont été distribués aux patients. Ce dernier leur donne l'assurance de la confidentialité des données. La participation à cette étude est libre et peut être interrompue à tout moment.

Aucune photo ne sera utilisée à d'autres fins que celles de ce MFE. Les données obtenues sont étudiées uniquement à but médical. La transmission ou la publication des données a lieu exclusivement à des buts scientifiques tout en garantissant un anonymat total des participants.

## 9. Résultats du “6-MWT”

### 9.1 Modèles et instruments d’analyse

Comme décrit dans le chapitre “8. Protocole de l’expérimentation”, les paramètres du pré- et posttests ont été relevés par les maîtres de sport sur une grille préalablement rédigée [Annexe 13.1]. Ce document a été préparé selon une ligne directrice [6] et adaptés aux faisabilités pratiques.

A la fin de la période pratique, ces différents paramètres obtenus ont été retranscrits sur le programme Microsoft Office Excel, version 2003. Par la suite, les données brutes ont été importées dans le logiciel SPSS 14.0, outil avec lequel ont été analysés :

- La répartition de la population en fonction des variables qualitatives (sexe, diagnostic, tabagisme, antécédents familiaux, hypertension artérielle, hyperlipidémie, stress, bradycardisants et anticoagulants) exprimées en pourcentage et des variables quantitatives (indice de masse corporelle et âge) exprimées par les moyennes, les médianes, l’écart type, le 25-75<sup>ème</sup> percentile, ainsi que les valeurs minimales et maximales.
- Le critère principal de jugement est la différence intergroupe de la distance parcourue. Un diagramme d’interaction (d’analyse de variance) et une boîte à moustaches ont été utilisés pour définir ce paramètre.
- Les critères secondaires de jugement sont :
  - la différence intergroupe de la saturation et du Borg entre le pré- et posttests
  - la récupération intergroupe entre les six minutes d’effort et les deux minutes de récupération pour la saturation et le Borg lors des pré- et posttests.

Initialement cette étude comprenait quarante participants, distribués en nombres égaux dans le groupe de contrôle et d’intervention. Malencontreusement, quatre patients ont été contraints à arrêter prématurément les séances de DWR. En effet, deux avaient de fortes douleurs connues aux genoux qui les ont empêché de poursuivre les séances. Le troisième adhérent au DWR a stoppé volontairement ses séances en piscine par manque d’intérêt et le quatrième pour cause de départ précipité de la clinique. Ces quatre participants n’ont pas été pris en compte dans les statistiques, car ils n’ont pas suivi les deux 6-MWT.

## 9.2 Résultats

### 9.2.1 Echantillon

Durant les trois mois d'intervention, trente-six patients, répartis en deux groupes ont participé à l'étude. Le groupe de contrôle compte vingt participants, dont une femme et dix-neuf hommes. Par contre le groupe d'intervention est composé de seize hommes. La médiane des âges est de 56 ans pour le groupe de contrôle et de 53 ans pour le second.

Un certain nombre de **facteurs de risques** sont répartis de manière homogène. En effet, le pourcentage de fumeurs est de 50 % dans les deux groupes. Il en est de même pour les variables telles que la sédentarité, le stress et les antécédents familiaux. Par contre l'hyperlipidémie, l'hypertension artérielle et la prise de médicaments ne sont pas réparties de façon homogène. La distribution de la population intra- et intergroupe est similaire, mais non homogène, c'est pour cette principale raison que la médiane et la moyenne sont définies dans le tableau 12.

**Tableau 11 : Baseline : Répartition de la population selon les facteurs de risques et les médicaments dans les groupes de contrôle et d'intervention**

facteurs de risques	Groupe contrôle		Groupe d'intervention	
	n	%	n	%
fumeurs actifs	10	50%	8	50%
cholestérol	12	60%	13	81.25%
HTA	11	55%	8	50%
stress	15	75%	12	75%
sédentaire	10	50%	8	50%
ATCD familiaux	10	50%	8	50%
<b>médicaments</b>				
anticoagulants	7	35%	3	15%
bradycardisants	15	15%	15	93.75%

HTA = hypertension artérielle  
ATCD = antécédents

**Tableau 12 : Baseline : Répartition de la population selon les diagnostics, l'âge, le sexe et l'indice de masse corporelle dans les groupes de contrôle et d'intervention**

diagnostic	Groupe contrôle		Groupe d'intervention	
	n (n=20)	%	n (n=16)	%
infarctus MC			1	6.25%
infar MC + PTCA	12	60%	9	56.25%
infar MC + valve			1	6.25%
uniqumt PTCA	1	5%	3	18.75%
rplmt valve	6	30%	1	6.25%
autres	1	5%	1	6.25%
<b>sexe</b>				
masculin	19	95%	16	100%
féminin	1	5%	0	0%
<b>âge</b>				
moyenne	54.9		52.9	
médiane	56		53	
écart type	8		7	
25-75 <sup>ème</sup> centile	49-63		47-60	
min-max	39-66		44-63	
<b>BMI</b>				
moyenne	26.9		28.9	
médiane	26		27	
écart type	3		5	
25-75 <sup>ème</sup> centile	25-28		26-31	
min-max	23.8-34.6		23.2-40.4	

Infarctus MC = infarctus du myocarde  
PTCA = angioplastie transluminale coronaire percutanée  
Rplmt valve = remplacement des valves cardiaques

## 9.2.2 Paramètres pré- et posttests

Le tableau 13 met en évidence les données quantitatives calculées par la moyenne, la médiane, l'écart type, le 25-75<sup>ème</sup> percentile et le minimum-maximum à six minutes de marche et à deux minutes post effort lors du prétest pour la distance parcourue, la norme prédite, la perception de l'effort par le patient [Annexe 13.7], la saturation et la fréquence cardiaque.

La norme des distances à parcourir est calculée en fonction de l'étude d'Enright [7] (explicitée dans le chapitre “5. Revue de littérature concernant le “Test de 6 Minutes””).

**Tableau 13 : Valeurs quantitatives lors du prétest dans les groupes de contrôle et d'intervention**

Prétest	Distance [m]		Norme [m]		Borg [1-10]		SpO2 [%]		FC [b/min]	
	GC	GI	GC	GI	GC	GI	GC	GI	GC	GI
<b>à 6 min.</b>										
<b>moyenne</b>	487	534.1	595.66	600.08	2.88	2.81	94.85	92.81	106.6	101.6
<b>médiane</b>	470	520	589.49	590.47	3	3	95	94	104	104.5
<b>écart-type</b>	95.19	51.1	71.35	51.31	0.93	1.28	1.69	5.22	15.72	24.72
<b>25 - 75 percentiles</b>	431-583	496-585	529.38-634.77	557.94-638.40	2-3	2-3	94-96	93-95	95-118	88-119
<b>min-max</b>	300-640	475-625	499.09-746.86	532.64-697.21	1-5	0-5	91-98	75-96	83-140	58-136
GC = groupe contrôle GI = groupe d'intervention Norme = distance calculé selon Enright [7]			<b>à 2 min post-effort du prétest</b>							
			<b>moyenne</b>	0.43	0.84	96.9	96.5	87.9	77.88	
			<b>médiane</b>	0	0.25	97	97	84.5	78	
			<b>écart-type</b>	0.91	1.09	1.33	1.26	18.6	11.93	
			<b>25 - 75 percentiles</b>	0-1	0-2	96-98	96-97	73-104	68-88	
			<b>min-max</b>	0-3.5	0-3	94-99	93-98	62-123	56-100	

Les **distances** minimales (300 m) et maximales (640 m) parcourues sont situées dans le groupe de contrôle. Il est notoire de relever un écart type plus important dans le groupe de contrôle (95.19 m) que dans le groupe d'intervention (51.1 m). La médiane de la distance parcourue, du groupe d'intervention, est de 50 mètres supérieure à celle du groupe de contrôle. Cette différence n'est pas autant marquée dans les valeurs calculées de la norme.

Les médianes des valeurs de **l'échelle de Borg**, entre les deux groupes, sont identiques à la sixième minute de marche. De plus, les écart-types sont également semblables.

La **saturation** minimale du groupe d'intervention, à six minutes est de 75 % alors que dans le groupe de contrôle elle correspond à 91%.

**Tableau 14 : Valeurs quantitatives lors du posttest auprès des groupes de contrôle et d'intervention**

Test 2	Distance [m]		Norme [m]		Borg [1-10]		SpO2 [%]		FC [b/min]	
	GC	GI	GC	GI	GC	GI	GC	GI	GC	GI
<b>à 6 min.</b>										
<b>moyenne</b>	573.5	626.25	595.66	600.08	2.8	3.22	95	93.125	113	115.81
<b>médiane</b>	577.5	622.5	589.49	590.47	2.75	3	96	94.5	114	120.5
<b>écart-type</b>	81.92	73.27	71.35	51.31	1.4	1.17	2.92	4.99	19.64	18.65
<b>25 - 75 percentiles</b>	525-653	566-664	529.38-634.77	557.94-638.40	2-4	2-4	94-97	93-95	105-126	97-130
<b>min-max</b>	410-685	525-795	499.09-746.86	532.64-697.21	1-7	2-6	84-97	75-96	62-153	79-146
GC = groupe contrôle GI = groupe d'intervention Norme = distance calculé selon Enright [7]			<b>à 2 min post-effort</b>							
			<b>moyenne</b>	0.9	1.22	96.7	97.1	90.15	79.19	
			<b>médiane</b>	0.75	1	97	97	89.5	79.5	
			<b>écart-type</b>	0.91	1.44	1.3	0.93	20.27	11.21	
			<b>25 - 75 percentiles</b>	0-2	0-2	96-97	96-98	74-100	71-85	
			<b>min-max</b>	0-3	0-5	92-98	95-98	59-134	56-97	

En tenant compte des résultats ci-dessus, il apparaît que les médianes de la **distance parcourue** sont de 577.5 mètres (norme : 589.48 m) pour le groupe de contrôle et de 622.5 m (norme : 590.47 m) pour le groupe d'intervention. Il est notable que la distance parcourue du groupe d'intervention est supérieure (de 26.17 m) à la norme calculée, alors qu'elle est inférieure pour le groupe de contrôle (de 22.16 m).

Pour la distance parcourue, les écarts à la moyenne sont de 81.92 m pour le groupe de contrôle et de 73.27 m dans le groupe d'intervention.

A six minutes d'effort, les valeurs minimales de **l'échelle de Borg** sont supérieures dans le groupe d'intervention (2) que dans le groupe de contrôle (1). Par contre les valeurs maximales se montrent supérieures dans le groupe de contrôle (7).

La **saturation** à six minutes d'effort, montre une valeur minimale à 84% pour le groupe de contrôle, alors qu'elle se situe à 75% pour le groupe d'intervention. Cette désaturation observée dans le posttest est revenue à la norme après deux minutes de repos, car la valeur minimale est à 92 % pour le groupe de contrôle et à 95 % pour le groupe d'intervention.

Le tableau 15 représente notre “**outcome**” principal, soit l’amélioration ou la péjoration de la distance intergroupe. Il contient également les critères secondaires de jugement cités préalablement (chapitre 8.2). Ces critères ont été définis par le test de Mann-Whitney (non paramétrique), “l’effect size” (ES) et la p-value.

En général, les études médicales fixent le seuil de significativité à 0.05, ce qui laisse 5% de risque d’erreur. L’ES définit l’impact de l’effet. Un effet important est lorsqu’il est égal ou supérieur à 0.8, modéré à 0.5 et faible lorsqu’il est égal ou inférieur à 0.2.

**Tableau 15 : Outcome p-value intersujet**

	amélioration	ES	p-value
Δ distance	5	0.07	0.718
Δ Borg	0	0	0.498
Δ SpO2	1	1	0.109
Borg post 2	0	0	0.158
Borg post 3	0	0	0.519
SpO2 post 2	2	0.66	0.262
SpO2 post 3	2	0.57	0.002

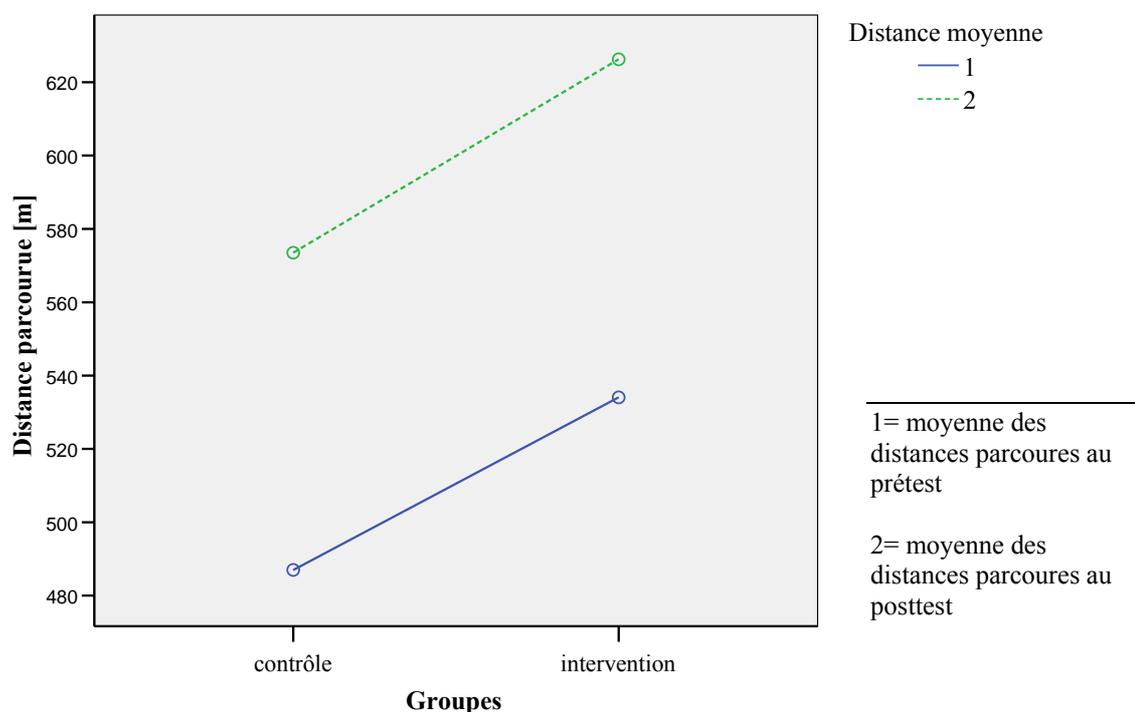
Δ distance = distance post - prétest [m]  
Δ Borg = Borg post - prétest [0-10]  
Borg post 2 = Borg récupération prétest [0-10]  
Borg post 3 = Borg récupération posttest [0-10]  
Δ SpO2 = SpO2 post - prétest [%]  
SpO2 post 2 = SpO2 récupération prétest [%]  
SpO2 post 3 = SpO2 récupération posttest 2 [%]

En observant la différence intergroupe entre la **distance** du pré- et posttest, on remarque une amélioration de 5 mètres. Malheureusement l’importance de l’effet est faible (ES = 0.07), et n’est pas significatif (p = 0.718).

Si l’on considère uniquement la **p-value**, on remarque qu’un seul outcome est significatif, soit la récupération de la saturation, entre les groupes, lors des deux minutes posteffort au posttest (ES = 0.57, p = 0.002).

Les résultats obtenus par l’ES (ES = 1) affichent uniquement une valeur importante pour la différence intergroupe de la saturation entre le pré- et posttests. Malheureusement, elle n’est pas significative, (p = 0.109). Le temps de récupération au pré- (p = 0.66) et posttest (p = 0.57) dévoile des effets moyens et non significatifs.

**Figure 1 : Analyse de variance entre la distance parcourue lors du pré- et posttests pour le groupe de contrôle et d'intervention**

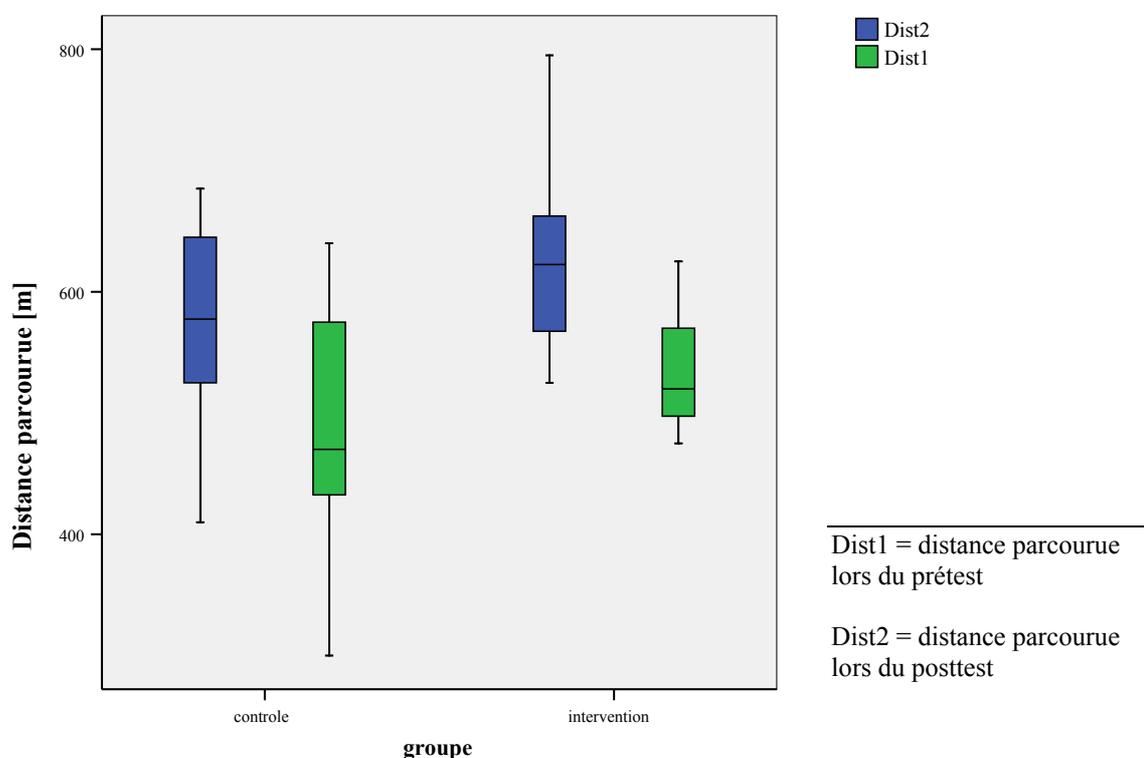


La figure 1 ci-dessus démontre l'absence d'interaction entre les deux groupes. Dans un premier temps, la **distance moyenne du prétest** (en bleu) démontre la différence existante à l'entrée entre les deux groupes. En effet, à partir du prétest, on remarque que la moyenne des distances parcourues est loin d'être semblable, soit 47.1 mètres en plus pour le groupe d'intervention.

À travers la moyenne des **distances parcourues au posttest** (en vert), le graphique révèle que l'intervention du DWR provoque une réaction proche de celle produite par les séances classiques de la réadaptation cardiaque stationnaire en stade II. Le groupe d'intervention affiche 5 mètres parcouru en plus que le groupe de contrôle, car le groupe de contrôle a parcouru 86.5 mètres en plus au post alors que le groupe d'intervention s'est amélioré de 92.15 m.

Les figures 1 et 2 démontrent donc que les deux groupes ont parcouru une plus grande distance au posttest qu'au prétest.

**Figure 2 : Distribution des distances parcourues lors des pré- et posttests pour les groupes de contrôle et d'intervention**



La figure 2 représente schématiquement la distribution des distances atteintes lors des deux 6-MWT par les groupes de contrôle et d'intervention. Sont figurés sur cette boîte à moustaches les valeurs minimales et maximales, l'écart interquartile et la médiane des distances effectuées.

On constate que les deux groupes ont parcouru une plus grande **distance** lors du posttest.

Les **médianes** du groupe de contrôle se situent à 470 mètres (prétest) et à 577.5 m (posttest). Dans le groupe d'intervention la valeur des médianes est de 520 m (prétest) et 622.5 m (posttest).

Dans le groupe de contrôle, les valeurs **des distances minimales et maximales** se situent entre 300 à 640 mètres lors du prétest et entre 410 et 685 mètres lors du posttest. Dans le groupe d'intervention ce même paramètre varie entre 475 et 625 mètres pour le prétest et de 525 à 765 m lors du posttest.

## 10. Interprétation des résultats, discussion et conclusion

Avant l’interprétation et la discussion des résultats, rappelons les hypothèses :

- le DWR peut s’adapter et s’intégrer à une réadaptation cardiaque classique stationnaire en phase II à court terme.
- durant une réadaptation cardiaque stationnaire en stade II, les paramètres mesurés au “Test de 6 Minutes” sont à court terme, davantage améliorés lorsque le concept du DWR est inclus dans la réadaptation classique.

Concernant la **première hypothèse**, la réponse est sans aucun doute **confirmée**. Pendant la phase pratique, aucun problème lié au concept du DWR n’est apparu. Il est apparu que les personnes présentant un BMI supérieur à la norme se sentent à l’aise en milieu aquatique. La pression de la pesanteur diminue sur les articulations et amoindrit les douleurs. De plus, elles ont “l’impression d’être protégées” des regards d’autrui. En général, ces personnes s’investissent à faire des efforts supplémentaires. L’expérience nous montre, qu’une séance d’initiation est satisfaisante pour apprendre cette méthode, elle peut donc très bien être intégrée dans un séjour de réadaptation de courte durée (trois semaines).

Les nombreuses discussions avec les patients et les employés de la clinique ont révélé que le **DWR représente une alternative équivalente** aux autres activités proposées. En effet, les patients participent activement, demandent s’il est possible de suivre une séance d’initiation et réclament des adresses de groupes pratiquant le DWR proche de leur domicile.

La **deuxième hypothèse est infirmée**. Néanmoins, nous sommes satisfaites d’annoncer que la méthode du DWR adaptée équivaut à un entraînement de réadaptation cardiaque stationnaire en phase II. En effet, le groupe de contrôle ainsi que le groupe d’intervention ont amélioré pendant leur séjour la **distance de marche de 17% entre le test d’entrée et de sortie**.

En moyenne, le groupe d’intervention a progressé de 5 mètres en plus que le groupe de contrôle. Cependant, cette différence est de faible ampleur ( $ES = 0.07$ ) et n’est pas significative ( $p = 0.718$ ). De plus, ce progrès minime n’influence guère le potentiel des

activités quotidiennes et n’a pas d’effet clinique. Les différentes causes de ces outcomes non significatifs sont :

- Comme la p-value dépend fortement de la **taille de l’échantillon**, il serait souhaitable d’avoir un plus grand nombre de patients à disposition afin d’obtenir des résultats significatifs. Malheureusement, nous n’avons uniquement 36 participants.
- Pendant le séjour de trois semaines, les participants ont suivi **en moyenne cinq séances de DWR**. Si l’on déduit une séance de familiarisation, ce nombre n’est pas suffisant pour produire une différence marquante.
- Pour qu’une thérapie fasse effet, il faut remplacer un nombre suffisant de traitements conventionnels par le traitement innovateur. Dans notre cas précis et pour des raisons d’organisation, nous avons uniquement **remplacé deux des dix-huit thérapies** hebdomadaires, ce qui correspond à 11.11% du traitement hebdomadaire. Il est évident que cet impact est trop faible pour provoquer des réactions notoires.

Par curiosité, nous avons calculé le  $\Delta$  entre la **distance parcourue** au test de sortie et la norme prédite selon Enright P.L. et Sherrill D.L. [7]. Le groupe d’intervention est 26.17 mètres supérieurs à la norme, tandis que le groupe de contrôle est de 22.16 m inférieurs à la norme. Cette énorme différence (48.32 m) entre les deux groupes ne permet pas le calcul d’une p-value ou d’un ES, car les données initiales (baselines) sont trop différentes. Cependant, cette grande différence était déjà présente au test d’entrée, soit 108.66 mètres pour le groupe de contrôle et 65.98 m pour le groupe expérimental inférieurs à la norme.

Malgré la (trop) courte durée de la phase pratique et le remplacement de 11.11% des traitements hebdomadaires, une progression identique de la distance marchée en six minutes a été observée (17%). Nous supposons qu’avec un plus grand échantillon et un plus grand nombre de séances substituées, les résultats pourraient devenir significatifs et révélateurs d’une amélioration plus importante.

Concernant l’interprétation des paramètres tels que la saturation sanguine en oxygène ( $SpO_2$ ) et le Borg qui reflètent les **critères secondaires à l’évaluation de la deuxième partie de l’hypothèse**, nous nous basons sur les données du chapitre “9. Résultats du 6-MWT”.

Le groupe d'intervention a amélioré le taux de **la saturation à la fin de l'effort** entre le test d'entrée et de sortie de 1% supplémentaire par rapport au groupe de contrôle. Malgré l'ampleur importante (ES = 1) le résultat n'est pas significatif (p = 0.109). Toutefois, les valeurs de la SpO<sub>2</sub> du groupe d'intervention sont inférieures à toutes les mesures.

Lors des tests d'entrée et de sortie, la **récupération d'oxygène** (SpO<sub>2</sub>) du groupe d'intervention est de 2% supplémentaires comparé au groupe de contrôle. L'ampleur des deux tests est qualifiée de moyenne, car l'effect size est de 0.66 pour le premier test et de 0.57 pour le deuxième. Tandis que les résultats du premier test sont dus au hasard (p = 0.262), les effets du test de sortie sont significatifs (p = 0.002). Il est nécessaire d'apporter quelques explications à ce sujet :

- Certains patients du groupe d'intervention **désaturent lentement et progressivement dès les premières minutes de l'effort** et plongent jusqu'à 87% et 75% à la fin des tests. Il est évident que ces personnes faussent la suite des résultats.
- Curieusement, ces personnes ont une **forte capacité de resaturer et d'atteindre la norme inférieure** du taux d'oxygène en un laps de temps très court (deux minutes). Ainsi l'amélioration de la SpO<sub>2</sub> de 1%, respectivement de 2% ne représente que l'écart entre une forte désaturation et la norme, ce qui fausse la réalité.

Malgré un meilleur taux de saturation à la fin de l'effort et à la récupération, ainsi que des p-values partiellement significatives pour le groupe d'intervention, les résultats trompent. En effet, l'analyse révèle que, pendant l'effort, le groupe d'intervention désature dans une plus grande mesure que le groupe de référence. Pourtant les personnes qui désaturent fortement à l'effort ont le potentiel de quasi normaliser leur SpO<sub>2</sub> en quelques minutes.

Comme vous pouvez constater au tableau 12, l'amélioration du Borg est nulle (0/10) à la fin de l'effort et lors de la phase de récupération des tests d'entrée et de sortie. Ainsi, les **outcomes du Borg ne renseignent guère sur les effets du DWR** au cours de la réadaptation cardiaque stationnaire en phase II. L'effect size de toutes les mesures est 0 et la p-value est non significative. A nouveau, les causes peuvent surgir de différents horizons :

- Des disparités apparaissent forcément, car chaque **intervenant** explique cette échelle de manière différente et la compréhension des patients diffère.

- Bien que l'échelle de Borg soit validée et reconnue, elle se base sur des **perceptions subjectives**. Chaque participant évalue l'effort fourni en fonction de ses propres sensations. Il est certain qu'à une intensité égale, toutes les personnes n'ont pas la même perception de leur corps. **D'autres faussent les résultats** pour garder une “apparence de bonne santé” envers les participants et les thérapeutes.

### 10.1 Influence de l'échantillon

Le choix de la population est un élément clé pour toute étude. Etant donné que notre étude porte sur les personnes en réadaptation cardiaque stationnaire en phase II et qu'en Suisse il n'existe qu'un nombre restreint de cliniques spécialisées, l'échantillon **de notre population a été fortement influencé**. En effet, créer une collaboration avec ces partenaires potentiels est très difficile. Soit les cliniques spécialisées présentent un échantillon minime de personnes, soit elles participent simultanément à plusieurs projets. Nous avons eu la chance de pouvoir instaurer un climat de confiance avec la Clinique Le Noirmont et d'échanger nos connaissances par la mise en pratique de ce MFE. Dans notre cas de figure, il est important de préciser l'échantillon des participants qui devraient refléter la population, ce qui n'est pas le cas pour notre échantillon.

### 10.2 Influence de la randomisation

Pendant ce laps de temps court (dix semaines), la répartition des participants était relativement difficile. Les patients présentaient des **grandes différences au niveau des capacités physiques, des facteurs de risques et des données anthropométriques**. Les écarts types et les médianes divergents fortement témoignent de cette condition difficile de départ. Pour ces raisons et grâce à l'aide des intervenants médicaux, nous avons sélectionné et réparti de notre mieux les participants volontaires selon les paramètres d'inclusion et d'exclusion décrits au chapitre “8.2.1 Choix de la population”. Dans le cas présent, il n'existe pas de randomisation entre les deux groupes, il s'agit plutôt d'une **étude de cohorte prospective contrôlée**. En effet, les patients aptes à supporter les conséquences de l'effet hydrostatique ont été attribués au groupe d'intervention. Les autres ont servi de référence (groupe de contrôle). A partir de la forte disparité des données disponibles entre les deux groupes, nous

avons essayé de minimiser les biais liés aux facteurs de risques et aux performances personnelles.

### 10.3 Confrontation avec le littérature scientifique

Pour les motifs décrits ci-dessous, notre projet est **difficilement comparable** avec d’autres études élucidées aux chapitres “3. Revue de littérature concernant la réadaptation cardiaque”, “4. Revue de littérature concernant le Deep-Water Running ou DWR”, “4.4 limitation des études” :

- Les propriétés des gilets de DWR varient selon le fabricant. Par conséquent, il est difficile de connaître son impact.
- Les protocoles d’entraînements de DWR ne sont pas précisés.
- La technique du DWR utilisée n’est pas précisée ou varie fortement.
- Les durées des études varient entre quelques semaines et plusieurs années.
- Les tests d’entrée et de sortie sont parfois effectués dans l’eau ou hors de l’eau, selon des protocoles très différents et rarement précisés.
- Les outcomes varient de la mortalité aux coûts sociaux générés, passant par la quantification exacte des facteurs de risques et l’intensité des symptômes, chose impossible à réaliser pour nous étudiantes avec un budget et le temps limités.
- La spécificité et la sensibilité des tests mesurant les outcomes ci-dessus ne sont nullement précisées.

Une seule étude [4] mentionnée au chapitre “3. Revue de littérature concernant la réadaptation cardiaque” atteint des résultats similaires aux nôtres. Les patients âgés de plus de soixante ans ont suivi pendant huit semaines une réadaptation cardiaque ambulatoire en phase II ou III dans un centre spécialisé. En effet, des **similitudes** sont visibles :

- La **prise en charge multidisciplinaire** des deux études (Austin et nous) comprend des prescriptions d’exercices physiques, des ateliers, un conseil diététique et un suivi psychosocial.
- Les participants ont amélioré leur **distance de marche** au 6-MWT de 16%, tandis que nos patients des groupes d’intervention et de contrôle ont progressé de 17%.

- Il est intéressant de relever que les données anthropométriques, les atteintes cardiovasculaires ainsi que la distance parcourue à la fin de l’intervention ne sont pas significatifs ni dans l’étude d’Austin [4] ni dans la notre.

Les auteurs [4] concluent que ce mode d’intervention diminue le nombre de réadmissions hospitalières (11 vs. 33,  $p < 0.01$ ) et la durée de séjour en milieu hospitalier (41 vs 187,  $p < 0.001$ ). Comme nous avons des baselines et des outcomes quasi similaires, nous pouvons déduire qu’au futur les participants de notre étude nécessiteront également d’une fréquence et d’une durée de réhospitalisation moindre.

#### 10.4 Limitations rencontrées et pistes pour des recherches futures

L’**échantillon de convenance** ne permet pas une sélection et une répartition de personnes présentant des critères homogènes. En réalité, il faut accepter les personnes volontaires et correspondant aux critères d’inclusion et d’exclusion. Par conséquent, les patients participants affichent des **fortes différences aux baselines**. Etant réalistes et si l’on considère le nombre de patients cardiaques en phase II en Suisse, il est difficile de trouver plus de patients sur un site dans le même laps de temps (dix semaines). Par conséquent, il est difficile à savoir si les outcomes sont dus aux effets de l’intervention ou à notre échantillon dont les caractéristiques varient fortement.

Idéalement, il aurait fallu **augmenter le nombre de séances hebdomadaires de DWR** et être présentes sur le terrain afin de suivre individuellement les patients pendant leur séjour. Pour satisfaire cette exigence, d’une part, il faudrait travailler sur place ou avoir le temps nécessaire à disposition. D’autre part, il ne faudrait pas être confrontées à une date butoir afin de prolonger la **durée** de la mise en pratique et ainsi obtenir un nombre satisfaisant de participants.

Pour la réalisation de l’étude nous avons eu la chance de pouvoir **compter sur l’aide** des collaborateurs de la clinique. Malheureusement, l’instruction de la technique du DWR et la réalisation du 6-MWT présentent des sources permanentes d’erreurs. **L’absence de tierces personnes** permet de sélectionner un patient dès l’accomplissement du test d’entrée et ainsi

gagner une ou plusieurs participations aux séances de DWR. Ce serait idéal si une seule personne pouvait coordonner les tests et la mise en pratique du DWR et ainsi éviter ces biais liés aux différents intervenants.

La mise en pratique a fortement été restreinte, car nous avons été limitées pour plusieurs raisons. Nous n’avons pas les **appareils** très performants et fiables (spirométrie et mesure de lactate étanches) à disposition. De plus, la **fréquence cardiaque** n’a pas pu être considérée comme un paramètre reflétant la performance cardiovasculaire. L’effet des médicaments et les adaptations de posologie pendant le séjour sont difficilement quantifiables. En outre, l’immersion exige une forte adaptation de la fréquence cardiaque. Il est notoire qu’à ce jour il n’existe pas **d’échelle de conversion** des fréquences cardiaques dans différents milieux.,

A partir des sources littéraires, il nous était très difficile de rassembler les éléments nécessaires à l’élaboration de la **physiologie et des effets du DWR** (voir “6. Physiologie cardiovasculaire du corps immergé au repos et à l’effort” et “4. Revue de littérature concernant le Deep-Water Running ou DWR”) sur des patients en réadaptation cardiaque. Certaines études expriment clairement le besoin de **plus amples recherches** concernant les capacités physiques des personnes âgées [32, 41], les influences des médicaments [3], les modèles d’approches les plus efficaces de la réadaptation cardiaque [5].

**Comparé à d’autres études traitant la réadaptation cardiaque**, nous avons rencontré des limites similaires aux études scientifiques. Il nous est presque impossible de comparer nos résultats avec celles du chapitre “3. Revue de littérature concernant la réadaptation cardiaque”, car les différences suivantes subsistent :

- Les études ne précisent guère le type d’exercice, l’intensité et la fréquence des thérapies ou les activités effectuées [1, 2, 3]
- L’effet des médicaments et les changements de posologie durant le séjour sont difficilement quantifiables [2, 3].
- La faible participation ne permet pas de tirer des conclusions significatives (p-value) et d’une ampleur importante [1, 2].

Notre conseil aux futures recherches incluant une partie pratique est simple mais de grande importance: mieux vaut discuter avec des professionnels, partager leurs expériences et les

confronter à nos idées (parfois trop idéalistes) afin de pouvoir **élaborer une hypothèse proche de la réalité et pouvant avoir un impact important au sein de la profession.**

### 10.5 Transfert des résultats dans la pratique professionnelle

Le **transfert des résultats dans la pratique professionnelle est entièrement envisageable.** En tant que physiothérapeutes, nous avons les bases nécessaires pour comprendre la physiopathologie et pour adapter les traitements aux besoins individuels et momentanés des bénéficiaires de soins. Cependant, il est conseillé de se procurer la littérature spécifique [27, 39] et de suivre le cours d'instructeur de Deep-Water Running [27] afin de maîtriser cette technique. De plus, ce concept est actuellement reconnu par les scientifiques dans les domaines décrits au chapitre “Revue de littérature concernant le Deep-Water Running ou DWR”.

### 10.6 Conclusion

Malgré la progression équivalente entre le groupe de contrôle et le groupe d'intervention, le MFE fut une période réjouissante et très instructive. Les recherches de la littérature et notre expérience nous laissent croire en l'effet bénéfique du DWR adapté à la réadaptation cardiaque stationnaire en phase II, à condition d'un échantillon randomisé et une fréquence d'entraînement supérieure à deux séances hebdomadaires.

Certaines études expriment également le besoin de **plus amples recherches** en milieu cardiaque pour déterminer la charge idéale et de rendre ce processus plus efficace [3, 5, 42], en DWR [32, 40, 41] et spécialement auprès des personnes d'âge mûr [32, 33, 36]. Pour assurer la pérennité de notre jeune profession, il est absolument nécessaire d'approfondir par des recherches l'importance de nos interventions afin de pouvoir justifier nos traitements selon l'“Evidence-Based Medicine” et s'affirmer en tant que spécialistes. De même, dans l'optique de l'ouverture des marchés (**concurrence**) entre cliniques de réadaptation, cette alternative de traitement peut devenir un critère de choix. Seuls les cliniques et les cabinets sérieux, innovateurs et s'appuyant sur l'“Evidence-Based Medicine” réussiront à s'affirmer et à accroître leur part de marché.

## 11. Bibliographie

1. Taylor RS [et al.], “Exercise-based rehabilitation for patients with coronary heart disease: systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials”, *Am J Med*, 2004, 116, 682-692
2. McAlister FA [et al.], “A systematic review of randomised trials of disease management programs in heart failure”, *Am J Med*, 2001, 110, 378-384
3. Members of the Exercise Training Meta Analysis of Trials in Chronic Heart Failure Patients (ExTraMATCH), “Exercise training meta-analysis of trails in patients with chronic heart failure”, *BMJ*, 2004, 328, 189-195
4. Austin J [et al.], “Randomised controlled trial of cardiac rehabilitation in elderly patients with heart failure”, *The European Journal of Heart Failure*, 2005, 7, 411-417
5. Gordon NF [et al.], “Physical activity and exercise recommendations for stroke survivors: an American Heart Association scientific statement from the Council on Clinical Cardiology, Subcommittee on Exercise, Cardiac Rehabilitation, and Prevention; the Council on Cardiovascular Nursing; the Council on Nutrition, Physical Activity, and Metabolism; and the Stroke Council.”, *Circulation*, 2004, 109, 2031-2041
6. American Thoracic Society, “ATS Statement : guidelines for the six-minute walk test”, *Am J Respir Crit Car Med*, 2002, 166, 111-117
7. Enright PL, Sherrill DL, “Reference equations for the six-minute walk in healthy adults”, *Am J Respir Crit Care Med*, 1998, 158, 1384-1387
8. Bautmans I, Lambert M, Mets T, “The six-minute walk test in community dwelling elderly: influence of health status”, *BMC Geriatrics*, 2004, 4, 6

9. Gayda M [et al.], ''Cardiorespiratory requirements and reproducibility of the six-minute walk test in elderly patients with coronary artery disease'', Arch Phys Med Rehabil, 2004, 85, 1538-1543
10. Guyatt GH [et al.], ''The 6-minute walk: a new measure of exercise capacity in patients with chronic heart failure'', Can Med Assoc J, 1985, 132, 919-23
11. Bittner V [et al.], ''Assessing functional capacity as an outcome in cardiac rehabilitation: role of the 6 minute walk test'', Clinical Exercise Physiology, 2000
12. Cowie MR [et al.], ''Incidence and aetiology of heart failure: a population based study'', Eur Heart J, 1999, 20, 421-8
13. Fox D [et al.], ''A rapid access heart failure clinic provides a prompt diagnosis and appropriate management of new heart failure presenting in the community'', Eur J Heart Fail, 2000, 2, 423-9
14. Lucas C [et al.], ''The six-min walk and peak oxygen consumption in advanced heart failure: aerobic capacity and survival'', Am Heart J, 1999, 138, 618-624
15. Cline CM [et al.], ''Cost effective management programme for heart failure reduces hospitalisation'', Heart, 1998, 80, 430-1
16. Stewart S, Marley JE, Horowitz JD, ''Effects of a multidisciplinary home-based intervention on unplanned readmissions and survival among patients with chronic congestive heart failure: a randomised controlled trial'', Lancet 1999, 354, 1077-83
17. Blue L [et al.], ''Randomised controlled trial of specialist nurse intervention in heart failure'', BMJ, 2001, 323, 715-8
18. Gresham GE, Stason WB, ''Rehabilitation of the stroke survivor'' In : Barnett HJM [et al.], ''Stroke: Pathophysiology, diagnosis and management'', 3<sup>rd</sup> edition, New-York, Churchill Livingstone, 1998, 1389-1399

19. Glader EL, Stegmayr B, Splund K, ''Poststroke fatigue: a 2-year follow-up study of stroke patients in Sweden'', Stroke, 2001, 33, 1327-1333
20. Wolf PA [et al.], ''Preventing ischemic stroke in patients with prior stroke and transient ischemic attack: a statement for healthcare professionals from the Stroke Council of the American Heart Association'', Stroke, 1999, 30, 1991-1994
21. Smith Sc Jr [et al.], ''AHA/ACC guidelines for preventing heart attack and death in patients with atherosclerotic cardiovascular disease: 2001 update: a statement for healthcare professionals from the American Heart Association and the American College of Cardiology'', Circulation, 2001, 104, 1577-1579
22. Thompson PD [et al.], ''Exercise and physical activity in the prevention and treatment of atherosclerotic cardiovascular disease: a statement from the Council on Clinical Cardiology (Subcommittee on Exercise, Rehabilitation and Prevention) and the Council on Nutrition, Physical Activity and Metabolism (Subcommittee on Physical Activity)'', Circulation, 2003, 107, 3109-3116
23. Lee CD, Blair SN, ''Cardiorespiratory fitness and stroke mortality in men'', Med Sci Sports Exerc, 2002, 34, 592-595
24. Sacco RL [et al.], ''Leisure-time physical activity and ischemic stroke risk: the Northern Manhattan Stroke Study'', Stroke, 1998, 29, 380-387
25. McArdle WD, Katch FI, Katch VL, ''The Cardiovascular System'', ''Cardiovascular Regulation and Integration'', ''Functional Capacity of the Cardiovascular System'' In : ''Exercise Physiology – Energy, Nutrition, and Human Performance'', 5<sup>ème</sup> édition, Baltimore, Philadelphia, Lippincott Williams & Wilkins, 2001, 305-357, p. 347-348, 624-633, 878-887
26. Fondation Suisse de Cardiologie, ''Chiffres et données sur les maladies cardiovasculaires en Suisse'' [en ligne], date de publication 2004, adresse URL :

---

<http://www.swissheart.ch/media/f/pdf/service/statistikbroschuere-fr.pdf>, consultée le 10.07.2006

27. Ryffel Running GmbH, “AQUA-FIT Wet Vest” [en ligne], date de publications 2005, adresse URL : <http://www.ryffel.ch/shop/default.asp>, consultée le 10.07.2006
28. Cahalin L [et al.], “The relationship of the 6-min walk test to maximal oxygen consumption in transplant candidates with end-stage lung disease”, Chest, 1995, 108, 452-59
29. Knox AJ, Morisson JFJ, “Reproducibility of walking test results in chronic obstructive airways disease”, Thorax, 1998, 43, 388-392
30. Redelmeier DA [et al.], “Interpreting small differences in functional status: the six minute walk test in chronic lung disease patients”, Am J Respir Crit Care Med, 1997, 155, 1278-1282
31. Troosters T, Gosselink R, Decramer M, “Six minute walking distance in healthy subjects”, Europ respirat J, 1999, 270-274
32. Chu KS [et al.], “Maximal Physiological Responses to Deep-Water and Treadmill Running in Young and Older Woman”, Journal of Aging and Physical Activity, 2002, 10, 306-313
33. Brown SP [et al.], “Relationship of heart rate and oxygen uptake kinetics during Deep Water Running in the adult population – ages 50 to 70 years”, Journal of Aging and Physical Acitivity, 1998, 6, 248-255
34. Michaud TJ [et al.], ”Aquarunning and Gains in Cardiorespiratory Fitness”, J Strength Cond Res, 1995, 9(2), 78-84
35. Davidson K, McNaughton L, “Deep-Water Running Training an Road Running Training improve VO<sub>2</sub>max in untrained women”, J Strength Cond Res, 2000, 14(2), 191-195

36. Brown SP [et al.], ''Deep Water Running physiologic responses: gender differences at treadmill-matched walking/running cadences'', J Strength Cond Res, 1997, 11(2), 107-114
37. Svedenhag J, Seger J, ''Running on land and in water: comparative exercise physiology'', Medicine and Science in Sports and Exercise, 1992, 24, 1155-1160
38. Brown SP [et al.], ''Predicting oxygen consumption during Deep Water Running: gender differences'', J Strength Cond Res, 1997, 11, 188-193
39. Wessinghage T, Ryffel M, Belz V, ''Aqua-Fit in der Praxis'' In : ''Aqua-Fit schonendes Ganzkörpertraining für Kraft, Ausdauer, Koordination und Beweglichkeit'', Kreuzlingen, München, Hugendubel Heinrich Verlag, 2005, p. 33-36, 59-77
40. Reilly T [et al.], ''The physiology of Deep-Water Running'', Journal of Sports Sciences, 2003, 21, 959-972
41. Chu KS, Rhodes EC, ''Physiological and cardiovascular changes associated with Deep Water Running in the young, possible implications for the elderly'', Sports Med, 2001, 31(1), 33-46
42. American College of Sports Medicine, ''The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness in healthy adults: Position statement'', Med Sci Sports Exerc, 1993, 2, 265-271
43. ''Déclaration d'Helsinki de l'Association Médicale Mondiale, Principes éthiques applicables aux recherches médicales sur des sujets humains'' [en ligne], date de publication 2004, adresse URL : <http://www.wma.net/f/policy/pdf/17c.pdf>, consultée le 10.07.2006
44. Groupe Suisse de Travail pour la Réadaptation Cardiovasculaire, ''Recommandations du GSRC pour les indications et la réalisation de la réadaptation cardiovasculaire'' [en ligne],

- 
- date de publication 2006, adresse URL :
- <http://www.sakr.ch/rehabf/empfehlungen/empfehlungen.html>, consultée le 10.07.2006
45. Marieb EN, ''Système cardiovasculaire : le coeur'', ''système cardiovasculaire : les vaisseaux sanguins'', ''le système urinaire'' In ''Anatomie et physiologie humaines'', traduction de la 4ème édition américaine, Paris, Bruxelles, de Boeck Université, 1999, p. 658-717, 704-708, 982-985
46. Reilly T [et al.], ''The effect of a 6-week land- and water-running training programme on aerobic, anaerobic and muscle strength measures'', Journal of Sports Sciences, 2002, 21, 333-334
47. Reilly T, Cable NT, Dowzer CN, ''Does Deep-Water Running aid recovery from stretch-shortening cycle exercise?'', Communication to the Sixth Annual Conference of the European College of Sport Science, Köln, July 2001
48. Zenhäusern R, Frey WO, ''Aquajogging in rehabilitation'', Orthopäde, 1997, 26, 926-929
49. Dowzer CN [et al.], ''Maximal physiological responses to Deep and Shallow Water Running'', Ergonomics, 1999, 42, 275-281
50. Cable T, ''Deep-Water Running'', The Football Association's Coaching Association Journal, 2000, 3(2), 45
51. Fondation Suisse de Cardiologie, ''Liste des groupes de maintenances en Suisse'' [en ligne], date de publication 2005, adresse URL : [http://www.swissheartgroups.ch/content/herzgruppen/liste\\_herzgruppen-fr.php](http://www.swissheartgroups.ch/content/herzgruppen/liste_herzgruppen-fr.php), consultée le 10.07.2006
52. Zellweger U. and al, ''Au rendez-vous du cœur, une campagne de prévention de la Fondation Suisse de Cardiologie : les risques d'infarctus du myocarde sont fréquents en Suisse'', Institut de médecine sociale et préventive de l'Université de Zurich, 2006, 27

53. Organisation Mondiale de la Santé, “Chapitre 6 : épidémies mondiales négligées” [en ligne], date de publication 2003, adresse URL : <http://www.who.int/whr/2003>, consultée le 10.07.2006
54. Organisation Mondiale de la Santé, “Statistique Sanitaire Mondiale 2006” [en ligne], date de publication 2006, adresse URL : [http://www.who.int/whosis/whostat2006\\_fr.pdt](http://www.who.int/whosis/whostat2006_fr.pdt), consultée le 10.07.2006
55. Organisation Mondiale de la Santé, “Rapport sur la santé en Europe 2002” [en ligne], date de publication 2002, adresse URL : [www.euro.who.int/document/ehr/e780760.pdf](http://www.euro.who.int/document/ehr/e780760.pdf), consultée le 10.07.2006
56. Organisation Mondiale de la Santé, Comité Régional de l’Europe, “Rapport sur la cinquante-quatrième session : la stratégie européenne sur les maladies non transmissibles” [en ligne], date de publication 2004, adresse URL : [www.euro.who.int/document/E84951.pdf](http://www.euro.who.int/document/E84951.pdf), consultée le 10.07.2006
57. Witham MD [et al.], “Age is not a significant risk factor for failed trial of beta-blocker therapy in older patients with chronic heart failure”, Age and Ageing, 2004, 33, 5, 467-472
58. Photos prises par Francine Crettaz et Gyger Aline, lors des séances d’entraînement au DWR, dernières modifications 10.07.2006
59. Jerry JM [et al.], “Practical guidelines for the use of Deep-Water Running”, National Strength and Conditioning Association, 2002, 22,1, 26-29
60. Reilly T, Dowzer CN, “Deep-Water Running”, Sports Exercise and Injury, 1998, 4, 56-61
61. Nakanishi Y [et al.], “Maximal physiological responses to Deep Water Running at thermoneutral temperature”, Journal of Physiological Anthropology, 1999, 18, 31-35

62. Alliance Canadienne des instructeurs d'aquaforme inc. (CALA), “Course aquatique, mise en forme sans pareille” [en ligne], date de publication 2006, adresse URL : [http://www.calainc.org/Handouts/Participant\\_handouts](http://www.calainc.org/Handouts/Participant_handouts), consultée le 10.07.2006
63. Clinique Le Noirmont, Centre Jurassien de Réadaptation Cardiovasculaire [en ligne], date de publication 2005, adresse URL : <http://www.clen.ch>, consultée le 10.07.2006
64. Pschyrembel, 259. Auflage, Berlin, New-York, Walter de Gruyter Verlag, 2002
65. Fondation Lucien Dreyfus, ”L’Athérosclérose, responsable des sténoses artérielles” [en ligne], date de publication 2005, adresse URL : <http://www.cardiodiac.net/chirvasc4.htm>, consultée le 10.07.2006
66. ADETEC, “Les différents types de prothèse valvulaire” [en ligne], date de publication, adresse URL : <http://www.adetec.net/chirurgie/index.php?page=chirurgie>, consultée le 10.07.2006
67. Università degli Studi di Padova, “Non-invasive coronary surgery: PTCA & stenting” [en ligne], date de publication 15.11.2005, adresse URL : [http://www.unipv.it/dms/auricchio/Research/Bio/bio\\_PTCA\\_stent.htm](http://www.unipv.it/dms/auricchio/Research/Bio/bio_PTCA_stent.htm), consultée le 10.07.2006
68. The University of Chicago Hospitals, “What is an aneurysm?” [en ligne], date de publication 2006, adresse URL : <http://www.uchospitals.edu/online-library/content=P00193>, consultée le 10.07.2006

## 13. Annexes

### 13.1 Le Test de 6 minutes ou le 6-MWT

''Est-ce que le Deep-Water Running adapté équivaut un entraînement de réadaptation cardiaque stade II à court terme ?''

---

**Le Test de 6 Minutes ou le 6-MWT**

Physiothérapeute : \_\_\_\_\_

Nom et prénom patient/e : \_\_\_\_\_

Sexe :  féminin  masculin

Date de naissance et âge : \_\_\_\_\_

Ethnie :  caucasien  non-caucasien

Taille : \_\_\_\_\_ m Poids : \_\_\_\_\_ kg

Aide orthopédique : \_\_\_\_\_

Médicamentatation précédent le test (dose et heure) : \_\_\_\_\_

Besoin d'oxygène :  non  oui, \_\_\_\_\_ l/min

Encouragement toutes les 30 sec :  non  oui

	Distance parcourue en m	FC en b/min	SaO <sub>2</sub> en %	Borg (0-10)
départ	-----			
1 min				
2 min				
3 min				
4 min				
5 min				
6 min				
2 min Post-effort				

Distance totale parcourue : \_\_\_\_\_ m

Distance prédite : \_\_\_\_\_ m \_\_\_\_\_ % prédit

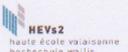
Pause nécessaire ?  non  oui

Symptômes à la fin du test ?  non  oui, lesquels \_\_\_\_\_

Commentaire de l'examineur : \_\_\_\_\_

---

Travail de fin d'étude à la HES, filière physiothérapie, Loèche-les-Bains  
**Aline GYGER et Francine CRETТАZ**



## 13.2 Annexe – formulaire d'information et de consentement éclairé en français

''Est-ce que le Deep-Water Running adapté équivaut un entraînement de réadaptation cardiaque stade II à court terme ?''

---

**Information au patient et consentement à l'étude**

''Est-ce que le Deep-Water Running adapté équivaut un entraînement de réadaptation cardiaque stade II à court terme ?''

Madame, Monsieur,

vous avez été contacté/e pour une participation à une étude scientifique. La collaboration a lieu entre Aline Gyger et Francine Crettaz, étudiantes en physiothérapie à la Haute Ecole Spécialisée et la Clinique Le Noirmont.

Le but principal de l'étude est d'évaluer si le concept du Deep-Water Running DWR (courir en eau profonde avec une veste flottante) convient aux personnes ayant souffert d'un problème cardiaque.

Vous avez été victime d'une atteinte cardiaque et vous suivez actuellement un programme de réhabilitation cardiaque. En participant à l'étude, vous nous aidez à diversifier les traitements pour des gens comme vous.

L'étude a lieu du 21 mars 2006 (semaine 12) au 30 mai 2006 (semaine 22).  
Les buts précis de l'étude vous sont communiqués ci-dessous et devraient vous permettre de prendre une décision en connaissance de cause.

**But de l'étude**

Notre travail doit servir à approfondir les connaissances scientifiques concernant les techniques d'entraînement pour les patients atteintes d'une pathologie cardiaque.

**Participation volontaire à l'étude**

La participation à l'étude se fait sur une base volontaire et selon les principes éthiques respectant la '' Déclaration d'Helsinki''. A tout moment et sans fournir d'excuse, vous pouvez renoncer à participer, ce qui n'aura pas de conséquence pour la suite de votre traitement médical.

**Déroulement de l'étude**

Si vous décidez de participer à l'étude et vous signez le formulaire de consentement ci-joint, vous vous engagez à suivre régulièrement les entraînements et à être présent, dans la mesure de vos possibilités à toutes les séances en groupes pendant votre séjour à la Clinique Le Noirmont. La régularité est primordiale pour que nos résultats soient fiables. Lors de la première et de la dernière séance de cette étude, vous effectuez un test effort de 6 minutes. Le test sera adapté à votre performance personnelle et un/e professionnel/le de la santé (physiothérapeute, infirmière ou médecin) sera présent à tout temps.

1/4

---

Travail de fin d'étude à la HES, filière physiothérapie, Loèche-les-Bains  
**Aline GYGER et Francine CRETТАZ**



''Est-ce que le Deep-Water Running adapté équivaut un entraînement de réadaptation cardiaque stade II à court terme ?''

---

A la fin de l'étude, nous vous communiquerons les résultats de l'étude. Si vous le désirez, vous pourrez obtenir une copie de votre résultat du test.

#### Avantages / risques pour les participants

La participation à cette étude vous permet de :

- Connaître une nouvelle méthode d'entraînement
- Elargir vos connaissances en anatomie et physiologie cardio-vasculaire
- Connaître vos valeurs personnelles d'un test à l'effort
- Evaluer si votre ressenti correspond à l'évolution de vos paramètres de tests
- Observer l'évolution de votre résistance à l'effort pendant votre séjour
- A tout moment, vous êtes accompagnés par un/e professionnel/le de la santé (physiothérapeute, infirmière ou médecin) connaissant les mesures d'urgence à prendre.

#### Utilisation et confidentialité des données

Vos données personnelles seront traitées de manière anonyme et confidentielle. Seuls les professionnels de la santé auront accès aux données. Ils s'engagent à vous respecter selon toutes les règles éthiques en vigueur.

#### Personnes de référence

Si des questions subsistent ou pour toute autre raison, vous pouvez nous contacter à tout moment :

Aline Gyger	078/ 666 39 15	<a href="mailto:aline_gy@yahoo.fr">aline_gy@yahoo.fr</a>
Francine Crettaz	079/ 743 44 91	<a href="mailto:francinecrettaz@hotmail.com">francinecrettaz@hotmail.com</a>
Geneviève Pasche	Haute Ecole Spécialisée Filière santé et travail social Loèche-les-Bains	<a href="mailto:genevieve.pasche@hevs.ch">genevieve.pasche@hevs.ch</a>
Steve Farine	physiothérapeute-chef Clinique Le Noirmont	<a href="mailto:steve.farine@clem.ch">steve.farine@clem.ch</a> 032/ 957 56 44
Dr. Weber Roger	médecin-chef, cardiologue FMH Clinique Le Noirmont	

2/4

''Est-ce que le Deep-Water Running adapté équivaut un entraînement de réadaptation cardiaque stade II à court terme ?''

### Consentement écrit du volontaire à la participation de l'étude

''Est-ce que le Deep-Water Running adapté équivaut un entraînement de réadaptation cardiaque stade II à court terme ?''

- Nous vous prions de relire le formulaire et les explications ci-dessus
- Posez-nous les questions en suspend ou les informations que vous aimeriez savoir

''Est-ce que le Deep-Water Running adapté équivaut un entraînement de réadaptation cardiaque stade II à court terme ?''

Clinique Le Noirmont, Centre de Réadaptation Cardio-vasculaire

Responsables du projet :

Francine Crettaz et Aline Gyger, étudiantes à la Haute Ecole Spécialisée, filière physiothérapie

Médecin responsable :

Dr. Weber Roger

Physiothérapeute responsable:

Steve Farine

Nom et prénom du/de la participant/e :

Date de naissance :

sexe :

Le/la soussigné/e, Mme / Monsieur \_\_\_\_\_ a été informé des buts, du déroulement de l'étude, des effets attendus, des possibles avantages, désavantages et des risques par la personne responsable.

Les réponses à mes questions en lien avec la participation à cette étude sont satisfaisantes.

Le temps de décision est suffisant.

Si je nécessite de plus amples informations, je sais à quelle personne je peux m'adresser.

Je suis conscient que tout au long de l'étude les exigences et les restrictions sont à respecter.

3/4

''Est-ce que le Deep-Water Running adapté équivaut un entraînement de réadaptation cardiaque stade II à court terme ?''

---

Lieu et date	signature du/de la participant/e
Lieu et date	signature des responsables de l'étude
Lieu et date	signature du médecin responsable
Lieu et date	signature du physiothérapeute responsable

Une copie recto verso au participant/e svp!

4/4

### 13.3 Annexe –formulaire d'information et de consentement éclairé en allemand

''Entspricht ein angepasstes Deep-Water Running (DWR) dem kurzfristigen Training der Phase II der kardiovaskulären Rehabilitation''

---

**Patienteninformation und Einverständniserklärung zur Studie**

''Entspricht ein angepasstes Deep-Water Running (DWR) dem kurzfristigen Training der Phase II der kardiovaskulären Rehabilitation''

Sehr geehrte Probandin, sehr geehrter Proband,

Sie wurden angefragt, ob sie an einer wissenschaftlichen Studie teilnehmen möchten, die in Zusammenarbeit mit der Klinik Le Noirmont und den Physiotherapiestudentinnen Aline Gyger und Francine Cretta, der Fachhochschule Wallis, Bereich Gesundheit und Soziale Arbeit, durchgeführt wird.

Das Hauptziel dieser Studie ist, herauszufinden, ob das Deep-Water Running Konzept (Rennen im tiefen Wasser mit einer Schwimmweste) für Personen geeignet ist, die an Herzbeschwerden leiden.

Sie wurden angefragt, da Sie bereits unter Herzproblemen litten und weil Sie bis jetzt am ganzen Rehabilitationsprozess teilgenommen haben. Durch Ihr Mitmachen helfen Sie uns, die Therapiemöglichkeiten für Patienten wie Sie zu verbessern.

Diese Studie findet in der Zeit vom 21. März 2006 (Woche 12) bis 30. Mai 2006 (Woche 22) statt. Nachfolgend werden die genauen Ziele der Studie und weitere wichtige Informationen erläutert, die Ihnen helfen sollen, eine Entscheidung bezüglich der Studienteilnahme zu treffen.

**Ziel der Studie**

Sie haben die Möglichkeit an einer Studie teilzunehmen, die versucht, die wissenschaftlichen Kenntnisse betreffend der Trainingsmöglichkeiten für Patienten mit Herzbeschwerden zu erweitern.

**Freiwillige Teilnahme an der Studie**

Ihre Teilnahme an dieser Studie ist vollkommen freiwillig und entspricht den ethischen Prinzipien der ''Deklaration von Helsinki''. Sie können Ihr Einverständnis zur Teilnahme ablehnen oder jederzeit und ohne Angabe von Gründen abbrechen, ohne dass Ihnen dadurch Nachteile entstehen. Ein Widerruf Ihres Einverständnisses oder ein Abbruch der Studie hat keinen Einfluss auf die weitere medizinische Behandlung.

**Durchführung der Studie**

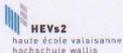
Falls Sie sich für eine Teilnahme an der Studie entscheiden und die beiliegende Einverständniserklärung unterschreiben, verpflichten Sie sich, während Ihres Aufenthaltes

---

1/4



Travail de fin d'étude à la HES, filière physiothérapie, Loèche-les-Bains  
**Aline GYGER et Francine CRETТАZ**



''Entspricht ein angepasstes Deep-Water Running (DWR) dem kurzfristigen Training der Phase II der kardiovaskulären Rehabilitation''

regelmässig an den zweiwöchentlichen Trainings teilzunehmen. Die Regelmässigkeit ist sehr wichtig, denn wir brauchen Parameter, die der Wirklichkeit so nahe wie möglich sind. Sie werden beim Eintritt und Austritt einen 6 Minuten Lauftest absolvieren, den wir auswerten. Bei diesem Leistungstest, der an Ihre persönliche Leistung angepasst wird, werden Sie von Professionellen (Physiotherapeut und Sportlehrer) betreut. Somit gehen Sie keine Risiken ein.

Falls Sie am Ende der Studie Ihre persönlichen Messwerte kennen möchten, werden Sie eine Kopie der Anfangs- und Endresultate erhalten.

### Nutzen für die Teilnehmer

Die Teilnahme an dieser Studie kann Ihnen folgenden Nutzen bringen:

- Eine neue Trainingsmethode kennen lernen
- Ihre Kenntnisse in Anatomie und Herzkreislauf erweitern
- Ihre persönlichen Werte des 6 Minuten Lauftests kennen lernen
- Vergleichen, ob Ihre Empfindungen den objektiven Testwerten entsprechen
- Beobachten Ihrer Leistungskurve während des Klinikaufenthaltes
- Jederzeit werden Sie von Professionellen betreut (Physiotherapeut, Sportlehrer, Krankenschwester oder Arzt), die die Notfallmassnahmen kennen.

### Vertraulichkeit der Daten

In dieser Studie werden Ihre persönlichen Daten erfasst. Diese Daten werden anonym gehalten. Sie sind nur Fachleuten zur wissenschaftlichen Auswertung zugänglich. Während der ganzen Studie und bei den erwähnten Kontrollen wird die Vertraulichkeit nach den gültigen ethischen Richtlinien strikt gewahrt.

### Kontaktpersonen

Sollten sich nach Durchsicht dieser Information noch Fragen haben oder Unklarheiten bestehen, können Sie sich jederzeit an die untenstehenden Kontaktpersonen wenden:

Aline Gyger	078 666 39 15	<a href="mailto:aline_gy@yahoo.com">aline_gy@yahoo.com</a>
Francine Crettaz	079 743 44 91	<a href="mailto:francinecrettaz@hotmail.com">francinecrettaz@hotmail.com</a>
Geneviève Pasche	Fachhochschule Wallis, Bereich Gesundheit und Soziale Arbeit	<a href="mailto:genevieve.pasche@hevs.ch">genevieve.pasche@hevs.ch</a>
Steve Farine	Chef-Physiotherapeut Klinik Le Noirmont	<a href="mailto:steve.farine@clen.ch">steve.farine@clen.ch</a> 032 957 56 44
Dr. Weber Roger	Leitender Arzt, Kardiologie FMH Klinik Le Noirmont	

2/4



''Entspricht ein angepasstes Deep-Water Running (DWR) dem kurzfristigen Training der Phase II der kardiovaskulären Rehabilitation''

---

Ich bin mir bewusst, dass die Anforderungen und Einschränkungen, die in der Patienteninformation genannten wurden, einzuhalten sind.

Ort und Datum	Unterschrift des Probanden/in
Ort und Datum	Unterschrift der Projektleiterinnen
Ort und Datum	Unterschrift des leitenden Physiotherapeuten
Ort und Datum	Unterschrift des Arztes

Bitte dem Probanden eine Kopie nach Unterschrift aushändigen!

4/4

## 13.4 Annexe – dépliant d'informations concernant la technique en français

### Informations aux patient(e)s

Nous vous souhaitons la bienvenue à la Clinique Le Noirmont et aux séances d'Aquajogging aussi appelées "course en eau profonde" ou en anglais "deep-water running".

Cette méthode est très populaire aux Etats-Unis d'Amérique où elle a été inventée par le soldat Glenn McWaters blessé lors de la guerre du Vietnam (1965-1973). Par la suite, elle a été commercialisée et introduite en Suisse par Markus Ryffel, médaillé d'argent aux Jeux Olympiques de Los Angeles en 1984.

A ce jour, ce concept est utilisé auprès des athlètes comme méthode d'entraînement complémentaire. En physiothérapie nous l'utilisons en tant que méthode préventive et de réadaptation. Les domaines concernés sont la rhumatologie, la chirurgie, l'orthopédie et la médecine interne. Le public y prend aussi plaisir. Les nombreuses manifestations, notamment les traversés de différents lacs suisses le confirment.

### Qui est-ce que l'Aquajogging ?

C'est une forme modifiée de la course sur terre ferme qui se passe dans l'eau. La méthode se pratique en piscine au moyen d'une veste de flottement. Les mouvements des bras et des jambes simulent le ski de fond, le jogging ou une course de côte.



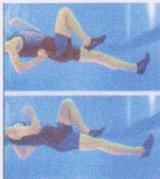
**Informations aux participants de séances d'Aquajogging - 25.06.2006**



### 2<sup>ème</sup> pas : Skipping

Ce style de pas s'effectue à un rythme plus rapide que le précédent, mais est plus facile à exécuter.

- Fléchissement maximaux de hanche et du genou et tirer les ortrels vers le haut
- Tendre la hanche et le genou au maximum vers l'arrière et tirer les ortrels vers le haut



### 3<sup>ème</sup> pas : Walking

Technique de pas très semblable au ski de fond qui permet un travail autant des bras que des jambes.

- Toujours garder les genoux et les coudes tendus
- Amener la jambe vers l'avant et tirer les ortrels vers le haut
- Tirer la jambe vers l'arrière et amener les ortrels vers le bas



Pour toute question ou autre information complémentaire, les physiothérapeutes et les maîtres de sport de la Clinique Le Noirmont sont à votre disposition.

Qui peut faire de l'Aquajogging ?

Les personnes de tous âges désireuses d'améliorer leurs capacités en endurance (marche, jogging, ski...) pratiquent cette méthode. Si vous avez été sélectionné/e par le médecin et si vous avez effectué le test de 6 minutes, vous pouvez participer sans crainte. Si vous deviez ressentir les symptômes comme des douleurs de poitrine irradiant jusqu'au bras ou au cou ou une sensation de compression du thorax, vous stoppez l'activité immédiatement et vous informez le/la responsable de la séance d'Aquajogging.

Quelques astuces pour l'exécution des mouvements en piscine

Il suffit de suivre les conseils verbaux, visuels et tactiles des physiothérapeutes et des maîtres de sports présents pendant les séances. Voici quelques règles et illustrations :

- Commencer lentement à une cadence inférieure à 60 pas/min
- La colonne vertébrale est légèrement inclinée vers l'avant
- Garder le regard droit devant vous et fixer un élément au loin
- Maintenir les épaules basses et détendues
- La tête est dans l'axe des épaules
- Les coudes restent fléchis à 90° (angle droit)
- Fermer légèrement les mains, les pouces sont sur le poing
- Les bras et les jambes procèdent toujours en croisé, c'est-à-dire, si la jambe gauche est avancée, alors le bras droit est avancé
- Toujours dérouler le pas comme en marchant



Quels sont les effets positifs de l'Aquajogging ?

- Pour un même niveau de perception de l'effort, la fréquence  $\nabla$  et la consommation en oxygène sont diminués durant la course aquatique comparé à la course sur terre ferme.
- La pression hydrostatique stimule la circulation sanguine et soutient le retour veineux des liquides (sang et lymphes) vers le cœur
- L'étude de Michaud T.J. et al. (1995) prouve que 3 séances hebdomadaires d'entraînement progressif en durée et en intensité exercé pendant 8 semaines améliorent la  $VO_2$ max (reflète l'état cardiovasculaire) de 20.1%.

⇒ **Les vertus de l'eau et l'exercice en milieu aquatique accélèrent les adaptations cardiovasculaires à l'effort.**

Description de 3 pas exercés pendant les séances d'Aquajogging

1<sup>er</sup> pas : Course de fond

Cette technique est très proche de la course hors de l'eau et facile à apprendre (voir photo).

- Avancer une jambe en pliant le genou et la hanche et en tirant les orteils vers le haut
- Tendre la jambe et poser en premier le talon, puis la plante du pied
- Tirer la jambe entière vers l'arrière tout en gardant le genou tendu



## 13.5 Annexe – dépliant d'informations concernant la technique en allemand

**Patienteninformation**

Wir wünschen Ihnen einen angenehmen Aufenthalt in der Klinik Le Noirmont.

Ein besonderes Angebot unserer Klinik während Ihres Aufenthaltes sind die Aquajoggingkurse. Sie werden auf Englisch „Aquanrunning“, „Deep Water Running“, und auf französisch „course en eau profonde“, genannt.

Diese Methode ist in den Vereinigten Staaten von Amerika sehr bekannt. Sie wurde von Glenn McWaters, der einen Helikopterabsturz im Vietnamkrieg (1965-1973) überlebt hat, entwickelt und vermarktet. In der Schweiz hat sie Markus Ryffel eingeführt, der bei den Olympischen Spielen von Los Angeles von 1984 eine Silbermedaille gewonnen hat.

Heutzutage wird dieses Konzept bei Sportlern als zusätzliche Trainingsmethode angewendet. In der Physiotherapie brauchen wir Aquajogging in der Prävention und in der Rehabilitation in Rheumatologie, Chirurgie, Orthopädie und innerer Medizin. Die jährlichen Durchquerungen der Schweizer Seen beweisen die Popularität dieses Konzepts.

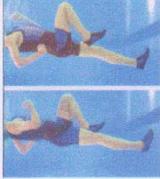
**Was ist Aquajogging ?**

Aquajogging ist eine abgeänderte Form des gewöhnlichen Laufens. Dieses Training wird im Schwimmbad mittels einer speziellen Schwimmweste durchgeführt. Die Bewegungen der Arme und der Beine simulieren einen Langlauf, Jogging oder ein Rennen.

**2. Schritt : Skipping**

Dieser Schritt wird etwas rascher als der 1. Schritt durchgeführt und ist meistens leichter zum Erlernen.

- Maximales Biegen der Hüfte, des Knies und gleichzeitig die Zehen nach oben ziehen.
- Maximale Streckung der Hüfte und des Knies nach hinten und die Zehen gleichzeitig nach oben ziehen.



**3. Schritt: Walking**

Ähnliche Technik wie das Langlaufen. Diese Technik erfordert eine gleichwertige Arbeit der Arme und der Beine.

- Immer die Knie und die Ellbogen gestreckt halten.
- Die Beine nach vorne bringen und die Zehen nach oben richten.
- Die Beine nach hinten ziehen und die Zehen nach unten richten.



Für jegliche Fragen oder zusätzliche Information stehen Ihnen jederzeit die Physiotherapeuten und die Sportlehrer der Klinik Le Noirmont zur Verfügung.

LE NOIRMONT

HEVS  
Haut- und Sportmedizin  
1000 Courmayeur

HEVS  
Haut- und Sportmedizin  
1000 Courmayeur

HEVS  
Haut- und Sportmedizin  
1000 Courmayeur

Informationen für die Teilnehmer/innen an Aquajoggingkursen - 25.06.2006

Wer kann an Aquajoggingkursen teilnehmen ?

Alle Personen, die ihre eigenen Ausdauerfähigkeiten (laufen, joggen, Ski fahren....) verbessern möchten.  
Wenn Sie vom Arzt darauf angesprochen wurden und den 6-Minuten-Lauftest absolviert haben, dann können Sie ohne Bedenken mitmachen. Falls Sie Symptome, wie Brustschmerzen, die in die Arme oder bis zum Hals ausstrahlen oder ein einengendes Gefühl in der Brust verspüren, dann stoppen Sie sofort ihre Aktivität und informieren die/den Verantwortlichen des Aquajoggingkurses.

Einige Tipps zur Durchführung der Bewegungen im Wasser

Während der Kurse reicht es, den mündlichen, visuellen und taktilen Anweisungen der Physiotherapeuten und der Sportlehrer zu folgen. Hier sind einige Regeln und Abbildungen:

- Mit einer langsamen Trefffrequenz unter 60 Schritten/Min beginnen.
- Die Wirbelsäule ist leicht nach vorne geneigt.
- Der Blick bleibt nach vorne auf einen fixen Punkt gerichtet.
- Die Schultern tief und entspannt halten.
- Die Ellbogen sind um 90° (rechter Winkel) gebeugt.
- Beidseits Fäuste bilden, die Daumen ruhen auf den Fäusten.
- Die Arme und Beine kreuzen ständig, das heisst, wenn das linke Bein nach vorne steht, dann ist der rechte Arm ebenfalls nach vorne.
- Wie beim Laufen immer den Fuss ganz abrollen.



Welches sind die positiven Wirkungen des Aquajoggings ?

- Bei einem Aquajoggingkurs und bei gleichem Empfinden der Anstrengung ist die Herzfrequenz und der Sauerstoffverbrauch gegenüber dem normalen Laufen vermindert.
- Der Wasserdruck stimuliert den Blutkreislauf und unterstützt den venösen Rückfluss der Flüssigkeiten (Blut und Lymphe).
- Die Studie von Michaud T.J. und al (1995) beweist, dass drei wöchentliche Trainings mit einer Steigerung der Dauer und Intensität während 8 Wochen die  $\dot{V}O_2\text{max}$  (Ausdruck des kardiovaskulären Zustandes) um 20,1% verbessert.

⇒ Die Wirkungen des Wassers und des Trainings tragen zur schnelleren Gewöhnung der kardiovaskulären Fähigkeiten bei.

Beschreibung von drei angewendeten Aquajoggingsschritten

1. Schritt: Dauerlaufschritt

Diese Technik ist den Rennschritten auf dem Festland sehr ähnlich und ist leicht zu erlernen (siehe Bild).

- Mittels einer Hüft- und Kniebeugung ein Bein nach vorne bringen.
- Das Bein strecken, die Ferse aufsetzen, danach die Fusssohle.
- Das ganze Bein nach hinten ziehen, das Knie bleibt gestreckt.



LE NOIRMONT

HEVS  
HAUTE ÉCOLE VALENNIENNE  
INSTITUT DE SANTÉ

HEVS2  
HAUTE ÉCOLE VALENNIENNE  
INSTITUT DE SANTÉ

Informationen für die Teilnehmer/innen an Aquajoggingkursen - 25.06.2006





### 13.7 ''Echelle de Borg'' et ''Borgskala''

## Echelle de Borg

Degré de difficulté	Perception de l'effort
0	nul
0.5	très, très léger
1	très léger
2	léger
3	modéré
4	assez dur
5	dur
6	
7	très dur
8	
9	très, très dur
10	maximal

## Borgskala

Schwierigkeitsgrad	Leistungswahrnehmung
0	gar keine
0.5	praktisch keine
1	sehr leicht
2	leicht
3	mässig
4	ziemlich stark
5	stark
6	
7	sehr stark
8	
9	sehr, sehr stark
10	maximal