UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL

COMPARAISON DE TROIS MÉTHODES D'ÉVALUATION DE LA MORPHOLOGIE DU BRAS AFFECTÉ PAR LE LYMPHOEDÈME CHEZ DES FEMMES AYANT ÉTÉ ATTEINTES DU CANCER DU SEIN

MÉMOIRE

PRÉSENTÉ

COMME EXIGENCE PARTIELLE

DE LA MAITRISE EN KINANTHROPOLOGIE

PAR

SANDRA MORALES

JUILLET 2018

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL
Service des bibliothèques

Avertissement

La diffusion de ce mémoire se fait dans le respect des droits de son auteur, qui a signé le formulaire *Autorisation de reproduire et de diffuser un travail de recherche de cycles supérieurs* (SDU-522 – Rév.10-2015). Cette autorisation stipule que «conformément à l'article 11 du Règlement no 8 des études de cycles supérieurs, [l'auteur] concède à l'Université du Québec à Montréal une licence non exclusive d'utilisation et de publication de la totalité ou d'une partie importante de [son] travail de recherche pour des fins pédagogiques et non commerciales. Plus précisément, [l'auteur] autorise l'Université du Québec à Montréal à reproduire, diffuser, prêter, distribuer ou vendre des copies de [son] travail de recherche à des fins non commerciales sur quelque support que ce soit, y compris l'Internet. Cette licence et cette autorisation n'entraînent pas une renonciation de [la] part [de l'auteur] à [ses] droits moraux ni à [ses] droits de propriété intellectuelle. Sauf entente contraire, [l'auteur] conserve la liberté de diffuser et de commercialiser ou non ce travail dont [il] possède un exemplaire.»

REMERCIEMENTS

La réalisation de ce mémoire a été possible grâce au concours de plusieurs personnes à qui j'aimerais témoigner toute ma reconnaissance. Je voudrais tout d'abord l'exprimer à l'endroit de M. Alain Steve Comtois, Ph.D., Directeur du Département des sciences de l'activité physique, mon directeur de recherche, pour sa patience, sa disponibilité, son encouragement et surtout ses judicieux conseils, qui ont contribué à alimenter ma réflexion.

Je tiens également à remercier la D^{r}e Anna Towers, directrice de la Clinique de lymphœdème du centre universitaire de santé McGill (CUSM) et à son équipe de travail, soit Mme Shirin Shallwani et Mme Natasha Grant, physiothérapeute en lymphœdème, pour leur soutien moral et intellectuel tout au long de ma démarche, ainsi que tous les patients qui ont participé à mon étude. Votre aide m'a été absolument indispensable.

Je voudrais exprimer ma reconnaissance envers mes collègues kinésiologues du département de Physiologie de l'exercice, qui m'ont fourni les outils nécessaires à la réussite de mes recherches et m'ont aidée à trouver des solutions pour avancer. Le travail au sein de cette équipe m'a réellement aidée à m'améliorer en tant que chercheuse voulant avoir un impact réel sur la performance des athlètes et des gens actifs.

Enfin, je remercie tout spécialement ma famille : mes parents, mon mari Francisco, mes enfants Juan, Natalia et Pedrito, mes beaux-parents et tous mes proches et amis qui ont toujours été là pour moi et m'ont accompagnée, aidés, soutenus et encouragés tout au long de mes études.

À toutes les personnes qui ont participé à la réalisation de ce mémoire, je présente mes remerciements, mon respect et ma reconnaissance.

TABLE DES MATIÈRES

Liste des Figures vi
Liste des tableaux vii
RÉSUMÉ viii
INTRODUCTION 1
CHAPITRE I CONTEXTE GENERAL 5
1.1 Contexte général *5*
1.1.1 Objet de la recherche 5
1.1.2 Connaissance spécifique 5
1.1.3 La méthode par bio impédance électrique (BIE) compare et/ou jumelé aux autres mesures 6
1.2 Énoncé du problème *9*
1.2.1 Hypothèse 9
1.2.2 Limites 10
1.3 Importance *11*
1.4 Définitions *12*
CHAPITRE II REVUE DE LA LITTÉRATURE 13
2.1 Les compartiments du corps humain *17*
2.1.1 Les compartiments hydriques 18
2.1.2 Le compartiment extracellulaire 19
2.1.3 Le compartiment intracellulaire 20
2.2 Techniques d'estimation de la composition corporelle *22*
2.2.1 Les méthodes de dilution 23
2.2.2 La méthode anthropométrique pour mesurer des volumes d'eau corporelle 23
2.2.3 Les méthodes de bio-impédance électrique 25
2.2.4 Méthodes anthropométriques pour évaluer les tissus corporels 39
2.2.5 Évaluation de la composition corporelle par ultrasonographie 40
2.2.6 Méthode de l'absorptiométrie à rayons X ou DXA (*Dual Energy X-Ray Absorptiometry*) 43
2.3 Comparaison des méthodes pour l'évaluation de la composition corporelle *44*
CHAPITRE III MÉTHODOLOGIE 47
3.1 Introduction *47*
3.2 Sujets *47*
3.2.1 Critères d'inclusion 48
3.2.2 Critères d'exclusion 48
3.3 Conditions (variables indépendantes) *51*

3.4 Matériel *52*
3.5 Procédures *53*
3.5.1 Méthode de mesure avec la bio impédance électrique (BIE) 53
3.5.2 Méthode de mesures avec l'ultrason (US) 54
3.5.3 Mesures par circonférences 56
3.6 Quantifications et analyses *58*
CHAPITRE IV RÉSULTATS 59
CHAPITRE V DISCUSSION 66
5.1 Discussion *66*
5.1.1 Volume par les circonférences 66
5.1.2 Ultrason 68
5.1.3 Limites et recommandations 69
CONCLUSION 70
Références 71

LISTE DES FIGURES

Figure Page

2-1 diagramme schématique des compartiments - adapté de (Kyle et al., 2004).... 17
2-2 Répartition de l'eau corporelle 19
2-3 Conversion dans les concentrations et les volumes osmolales des liquides intra (I) et extra (E) cellulaires aussitôt les différents changements du contenu ionique ou aqueux..... 21
2-4 Schéma technique d'estimation de la composition corporelle 22
2-5 Montage d'une mesure de bio-impédance..... 29
2-6 Relation entre la phase, la résistance, la réactance et l'impédance..... 30
2-7 Modélisation électrique du corps entier..... 30
2-8 Modélisation d'une unité biologique au niveau cellulaire..... 31
2-9 Modélisation du passage du courant dans un milieu biologique 32
2-10 Représentation de la courbe expérimentale de l'impédance du corps et de la courbe issue (théorique) du modèle de Cole-Cole, dans le plan complexe..... 35
2-11: mesure indirecte de l'impédance du bras droit..... 38
2-13 BodyMetrix™ image par ultrason de la cuisse..... 42
3-2 Le schéma montre les points de référence utilisée pour prendre les mesures des circonférences et ultrason dans le haut du bras et dans l'avant-bras..... 57
4-3 Régression linéaire de l'ultrason du biceps, triceps et mi- axillaire en fonction de la bio-impédance. A) Ultrason du bras affecté en fonction du volume du bras affecté mesuré par la bio-impédance B) % différence bras affecté-non affecté ultrason en fonction de la bio-impédance..... 64
4-4 Régression linéaire de la somme des plis cutanés par ultrason en fonction du volume du bras affecté mesuré par bio-impédance. 65

LISTE DES TABLEAUX

Tableau Page

Tableau 1-1:Modèles et méthodes d'étude de la composition corporelle..... 15
Tableau 2-2: Corrélations pour évaluer les volumes hydriques corporels *Watson et col. et Humme et Weyers présentent les corrélations suivantes pour le volume total :* 24
Tableau 2-3:Corrélations pour évaluer les volumes hydriques corporels Tableau 4 - Différence en fonction de l'âge du rapport Ve/Vt et du taux d'hydratation corporelle Th corps (Vt/W) selon (Kyle *et al.*, 2004). 25
Tableau 2-4: Comparaison de modalités d'évaluation de composition corporelle..... 45
Tableau 3-1:Données anthropométriques 49
Tableau 4-1: Bioimpédance électrique..... 59
Tableau 4-2: Corrélations de Pearson entre les variables mesurées chez le bras affecté (Aff) et le bras non-affecté (NAff)..... 61

RÉSUMÉ

Une des conséquences secondaires les plus handicapantes causées par les traitements pour un cancer est le lymphoedème. Cette recherche, s'inscrit dans une démarche pour comparer une méthode de mesure du volume du bras affecté par le lymphœdème. Le but de la présente recherche était de comparer trois méthodes pour mesurer le lymphoedème.

L'échantillon se composait de cinq femmes qui ont eu un diagnostic de cancer du sein. Elles ont subi des interventions chirurgicales ou des traitements de radiothérapie et de chimiothérapie au besoin et un des critères d'inclusion étaient de six à 36 mois post-traitement. Le recrutement de participants a été effectué par le médecin responsable à la Clinique Lymphœdème sous la direction de la Dre Anne Towers, les participantes ont toutes présenté un lymphœdème de stade I et II lié au cancer du sein au bras du côté affecté. Trois méthodes ont été utilisées pour mesurer : le lymphoedème 1) la bio impédance électrique (BIE), 2) imagerie par ultrason (US), et 3) les circonférences ou périmètrie.

Les résultats indiquent que la méthode de bio impédance électrique (BIE) demeure la méthode la plus sensible pour détecter le lymphoedème et corrèle faiblement avec la méthode des circonférences (r^2=0.08) et l'ultrason (US) (r^2=0.34 pour le triceps r^2=0.28 pour le mi-axillaire et r^2=0.08 pour le biceps). Toutefois, l'élaboration d'une formule d'ajustement, pour la méthode par circonférences pourrait s'avérer une méthode alternative peu couteuse et valide.

Principalement, avec un ajout de mesure au niveau de l'avant-bras, jumelé avec le mi- axillaire et le triceps, il semble y avoir une tendance pour déceler le lymphœdème. Cependant, cela demanderait des études plus approfondies et un échantillon plus important.

De plus, la méthode des circonférences ne semble pas assez sensible et/ou valide pour observer une différence significative à la suite d'une intervention alors que la bio-impédance électrique nous permet de suivre des changements significatifs. Cette observation accentue le besoin de revoir la formule afin que la validité et la précision atteignent la précision de la bio-impédance.

En conclusion, ce mémoire a permis d'observer deux méthodes non invasives, peu couteuses et faciles d'administration où des modifications doivent être apportées aux méthodes pour atteindre la précision de la bio impédance électrique. Bien que ces modifications n'ont pu être apportées à ces deux

méthodes dans le cadre de cette étude due à un échantillon trop restreint, les tendances décelées ont permis de d'identifier plusieurs pistes d'amélioration.

Mots Clés

Bio-impédance bioélectrique (BIE) : méthode utilise pour mesurer les volumes de fluides corporels extracellulaire et intracellulaire et la quantité totale de l'eau corporelle et permet d'estimer la masse libre de gras et le gras corporel total.

Ultrason : Technique que parmi une sonde émettrice réceptrice émet, au travers de la peau, une onde ultrasonore dont une partie se réfléchit à l'interface graisse/muscle.

INTRODUCTION

La méthode d'estimation de la composition corporelle par différentes techniques anthropométriques est un outil qui fait partie de l'évaluation de l'état nutritionnel et de la surveillance des patients ayant des pathologies cataboliques comme le cancer. Ces mesures permettent de guider des actions pour apporter des correctifs quand ils sont nécessaires.

Au fur des années, diverses techniques ont été mises au point afin d'évaluer et de comparer la composition corporelle : l'hydrodensitométrie, en utilisant le principe d'Archimède qui consiste à mesurer un volume en l'immergeant dans l'eau, plusieurs méthodes de déplacement d'air comme la pléthysmographie, des méthodes d'analyses chimiques, l'imagerie médicale et différents systèmes d'analyse tels que la tomodensitométrie, l'imagerie par résonance magnétique (IRM) et l'absorptiométrie biphotonique à rayon X (DXA).

Les outils qui sont pris comme standards de référence (*Gold Standard*) pour évaluer la composition corporelle ne sont pas faciles d'accès, en raison de leur coût et de leur emplacement. D'autres méthodes, plus accessibles, permettent d'estimer le pourcentage de gras corporel total, basés sur des mesures anthropométriques comme la taille, le poids, les plis cutanés, les circonférences musculaires, les longueurs et les diamètres des os. Les avantages des méthodes anthropométriques proposées dans la présente étude, pour identifier le lymphœdème, sont la facilité d'utilisation, la fiabilité, la reproductibilité et leur caractère non invasif.

La présente étude visait à comparer trois méthodes d'évaluation de la morphologie et du changement de volume du bras affecté par le lymphœdème, afin d'établir la

meilleure en termes de fiabilité, d'efficacité, d'accessibilité et de confort. Les trois méthodes suivantes ont été choisies : 1) la bio impédance électrique, 2) les mesures des circonférences et 3) la mesure par ultrasons.

Les participantes étaient des femmes qui avaient eu un diagnostic de cancer du sein et qui, suite aux interventions chirurgicales et à la fin de leurs traitements de radiothérapie et de chimiothérapie dispensés au besoin, présentaient un lymphœdème du bras du côté affecté par le cancer du sein.

Les femmes qui ont survécu au cancer de sein subissent une modification de la composition corporelle au cours de l'évolution de la maladie. Les traitements de chimiothérapie et la privation androgénique peuvent provoquer une augmentation du tissu adipeux et parallèlement une diminution du tissu musculaire. Cette manifestation augmente également le risque de récidive et de comorbidités cliniques (Di Sebastiano et Mourtzakis, 2012).

En raison des différents changements métaboliques comme le lymphœdème, l'œdème et la déshydratation, des mesures anthropométriques imprécises sont parfois obtenues. La quantification exacte des masses musculaires et adipeuses semble nécessaire en raison de la diversité des compartiments de la composition corporelle et de leur impact sur le traitement d'un patient à l'autre. Cette quantification permet de lier les résultats cliniques et les caractéristiques de la composition corporelle. Dans le but d'éviter la perte de masse musculaire et le gain de masse adipeuse chez les patients atteints du cancer, cette procédure peut servir de base au développement des futures interventions thérapeutiques (Di Sebastiano et Mourtzakis, 2012).

La technique de mesure des plis cutanés, méthode classique pour évaluer la composition corporelle et l'estimation du pourcentage du gras corporel (% GC), consiste à prendre, à différents endroits du -corps, l'épaisseur des plis cutanés avec un

calibreur. L´application d'une formule spécifique permet d´obtenir le pourcentage de graisse et de la masse maigre. Cette méthode peut être appliquée dans le quotidien, par son accessibilité, sa simplicité de gestion, sa reproductibilité ainsi que pour son caractère non invasif ne causant peu ou pas d'inconfort aux patients.

Les principes généraux à respecter pour prendre les mesures des plis cutanés sont : chaque mesure doit être effectuée par le même évaluateur, le participant doit éviter la contraction du muscle à évaluer, le pli doit s´imprimer entre le pouce et l´index, le pli doit impliquer la peau et les tissus sous-cutanés, il doit exclure la masse musculaire sous-jacente, et la pression des doigts doit être relâchée pendant la mesure à la pince.

En revanche, la méthode de la bio-impédance bioélectrique (BIE) pour mesurer la composition corporelle utilise la valeur de la quantité totale de l'eau corporelle et permet d'estimer la masse libre de gras et le gras corporel
. L'analyse d'impédance bioélectrique mesure l'opposition des tissus corporels au flux du courant électrique (Kyle *et al.*, 2004). La technique n'est pas encore mise en place pour la pratique quotidienne, cependant, elle peut être utile lorsque le lymphœdème se manifeste au début (Lloret-Linares *et al.*, 2009).

Toutefois, les valeurs de BIE sont affectées par plusieurs variables incluant, le niveau d'hydratation, la consommation de repas et de boissons, la température ambiante et de la peau et l'activité physique récente. Avoir une mesure BIE fiable exige la normalisation et le contrôle de ces variables (Kyle *et al.,* 2004).

L'évaluation de la masse grasse totale du corps peut également être obtenue par la méthode d'ultrasongraphie. En effet, les ultrasons permettent la mesure de l'épaisseur de couches de graisse qui se trouvent entre la peau et le muscle. Une sonde émettrice réceptrice émet, au travers de la peau, une onde ultrasonore dont une partie se réfléchit à l'interface graisse/muscle. Connaissant la vitesse de propagation des ondes

dans la graisse et en mesurant le temps de parcours de l'onde (encore appelé temps de vol), il est alors aisé, par une relation affiné, de calculer l'épaisseur de graisse. Pour la présente étude, la méthodologie choisie a été celle de Jackson et Pollock dans sept régions anatomiques préférentielles (Jackson et Pollock, 1985).

CHAPITRE I CONTEXTE GENERAL

1.1 Contexte général

Le thème de la qualité de vie est devenu une préoccupation essentielle dans la prise en charge du cancer du sein. L'étude de l'anthropométrie permet d´évaluer la composition corporelle et ses parts respectives des masses grasses et maigres dans le poids global et de leurs modifications au cours de la maladie; pour la surveillance de l'état nutritionnel des femmes survivant au cancer du sein afin de les aider à bien gérer leur maladie et leur traitement, pour prévenir les complications évitables et s'adapter à toute évolution de la maladie, ainsi que pour mesurer les changements générés par l´entraînement.

1.1.1 Objet de la recherche

Cette étude visait à effectuer une analyse comparative entre trois méthodes d'évaluation de la morphologie du bras affecté par le lymphœdème chez les femmes qui ont survécus au cancer de sein. La méthode de l'impédance bioélectrique serait comparée avec la méthode des circonférences et celle de l'ultrason mesurant les changements du volume du bras affecté.

1.1.2 Connaissance spécifique

Postérieurement à la chirurgie, l'œdème est une situation clinique fréquemment signalée et touche 33 % des femmes dans les 18 mois suivants la chirurgie (Danny, 1996). Mais son évaluation fiable n'est pas facile (Currat *et al.*, 2009). Pour évaluer l'œdème, il existe différents systèmes. La mesure circonférentielle par mètre-ruban est la plus simple, toutefois cette méthode peut se dévoiler imprécises pour des suivis

cliniques (Currat *et al.,* 2009). Toutefois, les méthodes d'évaluation de la composition corporelle aurait le potentielle de suivre les changements relié au lymphœdème.

L'évaluation de la composition corporelle peut être divisée en deux compartiments (masse grasse et maigre) pour en simplifier son étude. On considère la masse grasse et la masse maigre pour mieux comprendre la physiopathologie de nombreuses affections comme le cancer du sein et le lymphœdème. En pratique clinique, les techniques plus simples sont celles d'anthropométrie correspondant à la mesure de plis cutanés et la mesure par circonférences. Il a fallu tenir en compte des avantages et des points faibles de chaque méthode.

1.1.3 La méthode par bio impédance électrique (BIE) compare et/ou jumelé aux autres mesures

La méthode de bio impédance électrique non invasive qui mesure les modifications d'un courant électrique lors du passage dans le corps humain, renseigne sur la composition corporelle et sur la proportion de liquide extracellulaire (Currat *et al.,* 2009.) La technique est rapide, facilement applicable, fiable et sensible aux changements. Ceci a été démontré dans divers cadres tels que le lymphœdème après le cancer du sein, l'œdème post-traumatique ou l'œdème post chirurgical (Currat *et al.,* 2009).

D'autre part, le fait de pouvoir quantifier la composition du corps permet aussi de déceler des variations anormales de celle-ci. Ainsi, il est possible de détecter des pathologies comme l'obésité ou des œdèmes, mais aussi plus simplement de détecter si un sujet est dénutri, cette dénutrition étant un des indicateurs de nombreuses

pathologies comme le cancer (Ward, 1992). Dans le milieu sportif, la connaissance de la composition corporelle est aussi très appréciée, car elle vise l'amélioration de la performance sportive.

L'étude de Cornish *et al.* (1996) a utilisé la BIE pour montrer l'efficacité des programmes de traitement de lymphœdème comme le massage, le bandage et l'exercice chez les patients qui ont survécu au cancer du sein et qui peuvent développer un lymphœdème après la chirurgie. Afin de mesurer l'efficacité du traitement, Cornish *et al.* (1996) ont comparé les résultats avec des mesures équivalentes du volume du bras par la méthode communément utilisée des mesures des circonférences du bras affecté.

Les circonférences et le BIE ont été pris dans le bras affecté comme dans celui non affecté quotidiennement, chez un nombre de vingt femmes pendant quatre semaines de traitement. Aussitôt après, vingt participants contrôles ont été mesurés pendant la même période, les résultats de la bio-impédance démontraient une asymétrie significative ($P<0.01$) et, jumelés au fait d'être gaucher, ces résultats étaient significatifs ($P<0.001$). Le volume estimé pour les circonférences du bras ne démontrait pas d'asymétrie. Les mesures de liquide extracellulaire obtenues par impédance présentaient un intervalle de confiance de 95 % déterminé pour les données du groupe contrôle. Les tendances des mesures par impédance et les estimations du volume par les circonférences pendant les quatre semaines ont donné des différences significatives ($P <0.05$). L'analyse d'impédance avec multi fréquence bioélectrique (MFBIA) est caractérisée par une grande précision pour le dépistage de lymphœdème. Les résultats démontrent que la MFBIA est significativement plus pertinente que les mesures des circonférences, à la fois pour le diagnostic et le suivi des changements de lymphœdème (Cornish, 1996). Cette étude a conclu que le BIE pour mesurer le volume du bras affecté était valide.

Les auteurs Hansen S. et al (1997), du Département d'Oncologie à l'Odense University Hospital, au Danemark, ont examiné la variabilité des mesures anthropométriques et de la graisse du corps en utilisant une analyse d'impédance bioélectrique. Par la suite, les méthodes ont été appliquées dans une étude cas-témoins pour étudier l'association avec le cancer du sein. Le groupe d'étude comprenait 50 cas consécutifs et 75 contrôles appariés selon l'âge et par région similaire. Les auteurs ont étudié la variation avec 50 femmes en bonne santé du groupe de contrôle. Les participantes ont été mesurées à l'aide des procédures de mesure normalisées de façon répétée. Les auteurs ont également estimé la variation entre les sujets ainsi que pour le sujet même, entre les observateurs, et au sein des évaluateurs/observateurs (Hansen *et al.*, 1997).

L'étude a montré que les composantes de la variance entre les sujets étaient de 64 à 99 % de la variance totale. Les variables de l'épaisseur des plis cutanés ont été caractérisées par la variation relative la plus élevée comportant de nombreuses valeurs non disponibles, car inaccessibles par la pince à plis cutanés, Harpenden. La graisse corporelle moyenne par analyse de BIE était de 31,2 %, et le coefficient total de la variation de 23 %. Tandis que les composantes de la variance liées au temps, à l'observateur et à la mesure étaient de 98,4 %, 1,1 %, et 0,4 %, respectivement. De plus, l'étude a démontré que la graisse corporelle était significativement corrélée avec les variables de plis cutanés.

Les auteurs Martins *et al*, (2011) du département de Gynécologie et obstétrique de l'école de médecine de l'Université fédérale de Goias, ont étudié soixante-deux femmes qui étaient diagnostiquées victimes du cancer du sein pour comparer les méthodes d'évaluation du gras total corporel et sa dist*ribution. Ils ont utilisé l'analyse par bio impédance électrique (BIA), la mesure de plis cutanés et l'ultrason. Ils ont trouvé que les valeurs moyennes de groupe du pourcentage du pourcentage de gras par plis cutanés étaient de 37.93 ± 7.78% et par la méthode BIA 36.72 ± 5.23%.

Le gras total corporel en valeurs de kg par plis cutanés était de 26,76 ± 12,06 kg et par bio impédance 25,56 ± 9.14 kg. Le coefficient de corrélation obtenu pour le pourcentage de gras entre les deux méthodes : la méthode de plis cutanés et BIA était de (ICC= 0,59) et le coefficient de détermination était (r^2 = 0,42, $p<0.01$). Les auteurs ont indiqué un niveau d'accord modéré entre les méthodes (Martins, 2011). Toutefois, cette étude portait seulement sur la composition corporelle générale et non sur les changements de morphologie dus à lymphœdème. D'autre part, la corrélation entre les valeurs du gras total corporel (kg) obtenues par les deux méthodes a démontré un coefficient de concordance (ICC=0.91) et un coefficient de détermination de (r^2 =0,90; $p<0.01$). Ceci a révélé un excellent niveau d'accord entre les deux méthodes (Martins, 2011).

Ellis (2001), du département d'agriculture des États-Unis, dans sa révision de la composition corporelle par méthodes vivantes a démontré qu'il y a beaucoup de données anthropométriques pour la composition corporelle qui incluent des mesures d'épaisseur des plis cutanés, des circonférences et des longueurs des diverses parties du corps humain. Ces modèles basés sur les mesures anthropométriques ont été développés pour prédire la composition corporelle pour tous les groupes d'âge. Cette étude, toutefois, n'avait pas pour objet le remplacement de la méthode d'ultrason ou des mesures de plis cutanés.

1.2 Énoncé du problème

1.2.1 Hypothèse

Le technique ultrason est comparable aux méthodes de bio impédance électrique et des circonférences pour mesurer les changements de la morphologie du bras affecté chez des femmes qui ont survécu au cancer de sein.

1.2.2 Limites

Les limites de l'étude proviennent de ce qui a été retrouvé dans la littérature scientifique. Les erreurs de mesures anthropométriques concernant les trois méthodes sont la précision, la fiabilité, l'exactitude et la validité. La précision est l'indicateur le plus basique de la compétence d'un expert en anthropométrie (Hansen *et al.*, 1997).

1. La méthode par bio impédance électrique comporte deux points déterminant les limites de cette méthode. Le premier point est l'indication au préalable du sexe et de l'âge de la personne qui permettent d'établir des limites de valeur et de se prémunir le résultat. Le deuxième point est relié à la consommation ou non de nourriture et liquides préalable par le participant et de la dépense énergétique (activité physique) préalable à la mesure. Par exemple, si le participant mesure son taux de gras par bioimpédance avant de pratiquer une activité physique, ce qui engendre une consommation de glycogène et d'eau par l'organisme, la mesure réalisée après l'exercice sera différente de la mesure initiale. dans une proportion qui n'est pas causée à un changement du pourcentage de gras.

2. La difficulté à recruter des participants qui correspondaient aux critères recherchés a été extrêmement difficile. Le lymphœdème ne touche pas toute les femmes qui sont atteintes d'un cancer du sein. De plus, cette population était difficile à contacter afin de participer aux études due au retour au travail et la vie familiale.

3. Cette recherche ne représente que le premier pas. Donc, la présente étude, mémoire, peut être considérée comme un projet pilote à cause de la taille de l'échantillon restreinte

1.3 Importance

Selon les statistiques de la Société canadienne du cancer, le cancer du sein est le cancer le plus répandu chez la femme au Canada, la deuxième principale cause de décès par cancer chez les Canadiennes. Il atteint aussi les hommes. La proportion de risque du cancer du sein chez les femmes semble assez constante d'une région à l'autre du pays, et aucune tendance géographique n'est perceptible. Le cancer du sein frappe surtout les femmes de 50 à 69 ans. À peu près 30 % des cas de cancer du sein seront diagnostiqués chez des femmes de plus de 69 ans et 19 % le seront chez des femmes de moins de 50 ans. La moitié des nouveaux cas de cancer du sein surviennent entre l'âge de 50 et 69 ans. Les décès par cancer du sein seront plus nombreux dans le groupe des 80 ans et plus que dans tout autre groupe d'âge. Ceci montre les bienfaits associés au dépistage et au traitement en vue de prolonger la vie chez les femmes d'âge moyen (*Santé canada*, 2012). Le cancer du sein est le cancer le plus fréquent chez les femmes de plus de 20 ans. C'est uniquement chez les femmes de 30 à 39 ans que ce cancer cause plus de décès que les autres cancers courants. L'incidence de lymphoedème lié au cancer varie par l'étiologie et la définition est considère d'être entre 6% à 63% (Cormier, *et al* 2010)

La collaboration à cette recherche était précieuse, car les résultats ont permis de mieux comprendre les changements corporels après le traitement du cancer du sein (comme le lymphœdème qui peut se présenter quelques mois ou plusieurs années après le traitement initial). Ces résultats pourraient être utiles aux professionnels de la santé, en améliorant l'approche des soins liés à la réadaptation chez les femmes survivant au cancer du sein.

Le lymphœdème peut être léger ou grave, mais se présente souvent comme un état chronique et progressif à stages multiples, d'abord diagnostiqué comme œdème de la main, du bras, ou des deux. L'œdème est causé par une accumulation de fluide

interstitiel riche en protéines, qui survient chez environ 25 % de toutes les femmes qui ont subi une chirurgie ou de la radiothérapie.

1.4 Définitions

Impédance : Rapport entre la valeur efficace de la tension appliquée aux bornes d'un circuit et la valeur efficace du courant sinusoïdal qui le traverse.

Kinanthropométrie ou kiné anthropométrie : de kiné : signe, mouvement reflétant les changements qui arrivent chez l'homme comme symbole de vie, d'évolution et de développement de l'être humain. Metria : de mesure. Anthropo : Sujet homme comme objectif d'étude. Discipline scientifique qui étude la taille, grandeur, les proportions, l'exécution du mouvement et la composition du corps humain et des fonctions (Ross., 1972).

Lymphœdème : Se manifeste comme un gonflement d'un ou plusieurs membres et peut inclure le quadrant correspondant du tronc. Le lymphœdème est le résultat de l'accumulation de liquide et d'autres éléments (par exemple, les protéines) dans les espaces de tissu en raison d'un déséquilibre entre le liquide interstitiel produit et transporté (généralement une insuffisance d'un débit faible). (*Best Practice for the management of lymphoedema. International consensus,* 2006.)

Ultrason : Relève du domaine de la physique, c'est une fréquence située au-delà de la bande des fréquences audibles. Adapté de l'association française de normalisation 1975.

CHAPITRE II REVUE DE LA LITTÉRATURE

« L'anthropométrie est la seule et unique technique à la fois portable, universellement applicable, bon marché et non invasive, qui permette d'évaluer la corpulence, les proportions et la composition du corps humain. Les mesures anthropométriques sont le reflet de l'état nutritionnel et de santé, mais peuvent aussi être utilisées pour prévoir les aptitudes, l'état de santé et la survie. » Organisation mondiale de la santé, Département de nutrition.

La détermination quantitative des principales composantes structurales de l'organisme par l'évaluation de la composition corporelle est caractérisée par les tissus musculaires, osseux, et adipeux, selon la compartimentation de l'organisme : la somme des masses respectives constitue la masse corporelle. En 1921, Matiegka, un anthropologue tchèque, suggéra une structure répartie en quatre compartiments : le squelette (S), la peau et le tissu sous-cutané (P + TS), les muscles squelettiques (M) et le reste (R), cette somme devrait donner la masse corporelle (Moreno, 2007)

Équation 2-1:Masse corporelle

Masse corporelle : S+ (P+TS)+M+R

Matiegka a mesuré la masse des trois premiers compartiments à l'aide de données anthropométriques. La masse osseuse a été estimée d'après la taille et le diamètre de quatre structures (poignet, cheville et deux condyles : fémoraux et huméraux) (McArdle *et al.*, 2001). (McArdle *et al.,* 2001). Pendant les 65 dernières années, les études sur la composition corporelle et les meilleures méthodes d'évaluation de

diverses composantes ont été publiées (McArdle *et al.* 2001). La majorité des études ont proposé une division du corps humain en deux compartiments : la masse musculaire et la masse corporelle constituée de gras (adipeuse). Plus tard, les études ultérieures ont changé le modèle à deux compartiments en un modèle à quatre compartiments : eau, protéines, minéraux osseux et gras (McArdle *et al.,* 2001).

Comparativement aux femmes, les quantités relatives de ces composantes diffèrent légèrement chez les hommes. Il existe donc des points de référence standards. Selon Behnke (1963), la description de la composition sommaire prend en compte la masse maigre, musculaire et osseuse, et des deux types de masse adipeuse : essentielle et de réserve. Ce modèle théorique correspond aux dimensions physiques moyennes obtenues par des mesures détaillées de milliers d'individus soumis à de multiples mesures au sein d'enquêtes anthropométriques (McArdle *et al.,* 2001).

Macroscopiquement, le corps humain se compose d'éléments de densité et de nature très différente tels que la graisse, les os, les protéines, l'eau. Chez l'homme sain, ces éléments sont maintenus dans des proportions constantes. Une anomalie dans cette répartition permettrait donc de révéler des risques de pathologies ou les pathologies elles-mêmes par exemple : l'obésité, la dénutrition ou encore des maladies chroniques comme le cancer (McArdle *et al.*, 2001).

Afin d'étudier la composition corporelle, le corps a été modélisé de diverse façon (Tableau2.1)

Tableau 1-1: Modèles et méthodes d'étude de la composition corporelle

Modèles	Composants	Méthodes
Modèle anatomique	Comprendre des tissus : musculaire, adipeux et organes	Scanner (tomodensitométrie) Imagerie par résonance magnétique (IRM)
Modèle biochimique	Classification en fonction des propriétés chimiques des composants de l'organisme : eau, lipides, protéines, glucides, minéraux	Technique d'activation neutronique
Modèle physiologique	Séparation en compartiments : composants corporels liés entre eux indépendamment de leur localisation anatomique ou de leur nature chimique Modèle à 2 compartiments : masse grasse et masse non grasse Modèle à 3 compartiments : masse maigre (masse cellulaire active et eau extracellulaire),	Mesure de la densité corporelle par : hydrodensitométrie densitométrie par pléthysmographie, plis cutanés Mesure de l'eau corporelle totale : impédancemétrie bioélectrique, méthodes de dilution (Deutérium, oxygène 18) Absorptiométrie bi-énergétique (DEXA)

	masse minérale osseuse et masse grasse Modèle à 4 compartiments (modèle de référence) : poids corporel, volume corporel, eau corporelle totale, masse minérale osseuse	Méthodes-instruments : balance, densitométrie, impédancemétrie, DEXA

Adapté de : LLoret-Linares et al., 2009.

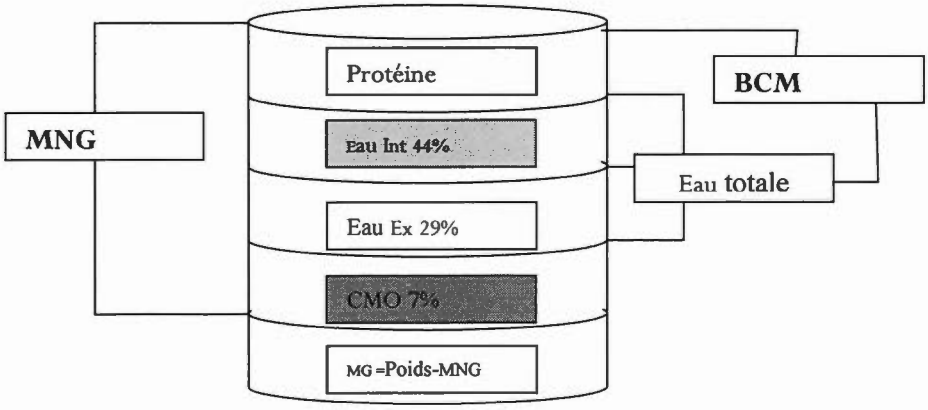
Le modèle anatomique est dit descriptif et permet de comprendre l'organisation spatiale des différents constituants et leurs niveaux d'interconnexions. Les progrès de l'imagerie médicale par résonance magnétique ont renouvelé l'intérêt de ce modèle. Le lien avec la notion de tissu permet certaines approches quantitatives. Ainsi, pour un jeune homme jeune sain, le muscle représente 44,7 % du poids corporel, le tissu adipeux 15 % et le tissu osseux 14,9 % (Martins, 2011).

Le modèle biochimique sépare les composants de l'organisme en fonction de leurs propriétés chimiques : l'eau, les lipides, les protéines, les glucides, les minéraux. Ainsi, l'azote corporel correspond quasi uniquement aux protéines, au calcium et au phosphore de l'os, et aux charbonneux lipides (les glucides étant comparativement très peu abondants). Les résultats biochimiques directs sur la composition corporelle de l'organisme humain sont cependant très limités, car ils ne peuvent être issus que d'études post mortem. Effectivement, l'étude de cadavres permet d'observer la densité moyenne de la masse grasse et de la masse maigre, ou encore l'hydratation moyenne du corps humain. Ces paramètres ont servi de références à différentes analyses d'étude de la composition corporelle (Moreno, 2007).

La représentation physiologique permet d'introduire la notion de compartiments. Ce dernier regroupe des composants corporels liés entre eux de par leur fonction indépendamment de leur localisation anatomique ou de leur nature chimique. Les différentes méthodes d'impédance s'appuient sur ce modèle (Martins, 2011) et ce projet a débuté par une description des compartiments hydriques et tissulaires, leur composition, les méthodes d'évaluation en relation avec les femmes ayant de cancer du sein et le lymphœdème.

2.1 Les compartiments du corps humain

Sont décrits ci-dessous le compartiment hydrique et le compartiment tissulaire :



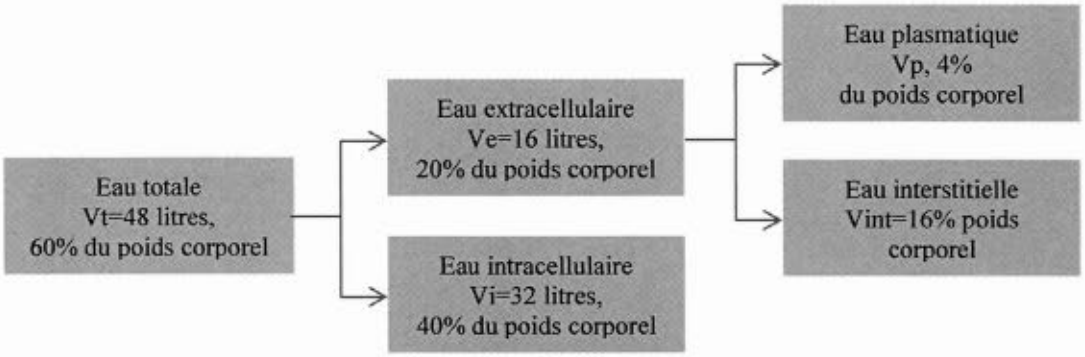
MNG : masse non grasse, MM : masse maigre, CMO : Contenu minéral osseux, MG : masse grasse

Adapté de : Moreno, Marie-Valerie, Étude de la composition corporelle par impédance sur des adultes et des enfants sains et pathologiques, octobre 2007.

Figure 2-1: diagramme schématique des compartiments - adapté de (Kyle et al, 2004)

2.1.1 Les compartiments hydriques

Les compartiments hydriques représentent entre 43 et 59 % du poids corporel pour une femme et entre 50 et 70% pour un homme. L'apport journalier en eau est d'environ 2550 ml, leurs sources peuvent être alimentaires (1000 ml), provenir des boissons (1200 ml) et du métabolisme (350 ml). La perte quotidienne d'eau, de quantité équivalente à l'apport, provient des urines pour 1250 ml, des selles pour 100 ml, de la peau pour 850 ml et des poumons pour 350 ml (McArdle *et al.* 2007). Ce sont ces liquides qui assurent les échanges d'ions entre les différents tissus, mais aussi l'élimination des déchets. Ces échanges se font essentiellement par diffusion et par des mécanismes actifs (canaux ioniques) par les membranes cellulaires. On sépare le compartiment extracellulaire comprenant les liquides interstitiels et le plasma (séparés par les parois des vaisseaux sanguins), et le compartiment intracellulaire qui comprend l'eau se situant à l'intérieur des cellules.



Adapté de Moreno, Marie-Valerie. Étude de la composition corporelle par impédancemétrie sur des adultes et des enfants sains et pathologiques, octobre 2007.

Figure 2-2 :Répartition de l'eau corporelle

La figure 1.2 propose un exemple de répartition de l'eau corporelle pour un homme de 80 kg en considérant les pourcentages tirés de la littérature. (McArdle, *et al,* 2001). Son volume d'eau total (Vt) est de 48 litres, et se répartit en 32,2 litres de volume d'eau intracellulaire (Vi), et 15,8 litres de volume d'eau extracellulaire (Ve)

.

2.1.2 Le compartiment extracellulaire

La composition du compartiment extracellulaire comprend deux sous-compartiments : le compartiment intra vasculaire (plasmatique) et le compartiment interstitiel, soit : le plasma sanguin, la lymphe, la salive, l'humeur aqueuse et le corps vitreux de l'œil, le liquide synovial, les sérosités, le liquide cérébro-spinal ou encore les liquides de sécrétions gastro-intestinales (McArdle *et al.,* 2007). Le plasma sanguin se compose d'eau, de divers ions, principalement le sodium, et de protéines (en moyenne 75g/l chez un sujet sain). Les parois des vaisseaux sanguins ne peuvent pas assurer l'échange des protéines plasmatiques, mais celui de l'eau et des sels avec

le liquide interstitiel. Le compartiment de ce dernier correspond donc au liquide dans lequel baignent les cellules. Son implication est essentielle pour les transferts entre les cellules et le sang. Il regroupe divers liquides, dont la lymphe. Les échanges permanents et la circulation du plasma permettent de maintenir une composition homogène du liquide interstitiel.

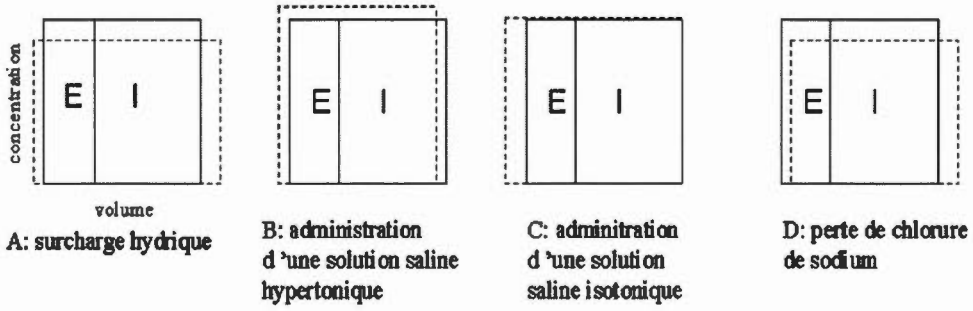
2.1.3 Le compartiment intracellulaire

Le compartiment intracellulaire comporte les éléments de toutes les cellules de l'organisme, dont les hématies sanguines. La composition du liquide intracellulaire est différente d'une cellule à l'autre ; de la fonction de la cellule et ses besoins déterminent sa composition. Certaines caractéristiques sont qualitativement identiques ; on peut l'illustrer par l'exemple des principaux ions comme le potassium, le magnésium, les protéines et les phosphates organiques (McArdle *et al,* 2007).

Les membranes cellulaires séparent les deux principaux compartiments hydriques. Cette barrière sélective contrôle le milieu intérieur de la cellule. Les phosphates organiques et les protéines sont les principaux anions, et inversement ; le potassium et le magnésium les principaux cations. La différence de concentration entre le liquide extracellulaire et les liquides intracellulaires résulte d'un assemblage d'ions comme le potassium et le magnésium. De plus, la sortie active d'autres ions, tels que le sodium et le chlore est aussi responsable de cette différence.

Les contrastes de concentration entre l'intérieur et l'extérieur de la cellule sont assurés par les canaux ioniques situés dans les membranes cellulaires. L'activité de ces canaux implique une polarisation des cellules. Un équilibre de la pression osmotique entre les compartiments est retrouvé. Un changement d'osmolarité extracellulaire amène un transfert d'eau entre les compartiments jusqu'à ce qu'un

nouvel équilibre osmotique soit atteint. Le volume de chaque compartiment dépend donc de son contenu en éléments osmotiques. L'osmolarité est principalement influencée par le sodium. Une perte ou un gain en sodium cause alors un changement du volume cellulaire afin de remettre l'équilibre. Le taux de sodium est donc déterminant dans le processus de régulation des différents volumes d'eau corporelle. La modification du contenu ionique engendre un changement de répartition de l'eau. La figure 1.3 démontre les changements de volumes et de concentration des compartiments lors de différentes modifications du contenu ionique ou aqueux (Moreno, M.-V., 2007).



Adapté de : Moreno M.-V., (2007) Étude de la composition corporelle par impédancemétrie sur des adultes et des enfants sains et pathologiques.

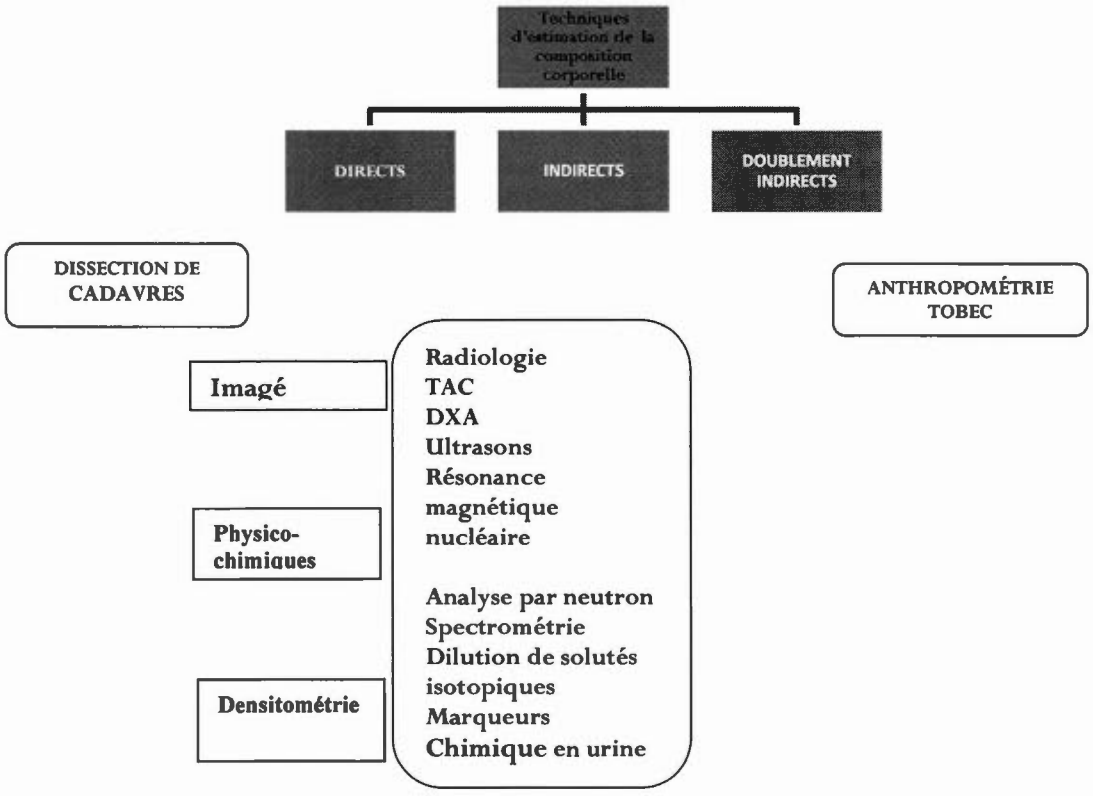
Figure 2-3 : Conversion dans les concentrations et les volumes osmolales des liquides intra (I) et extra (E) cellulaires aussitôt les différents changements du contenu ionique ou aqueux.
La largeur du compartiment indique le volume et le niveau de la concentration osmolale. L'état normal est représenté par des tirés continus, les résultats des modifications par des tirés pointillés (Moreno., 2007).

Le schéma a présenté une surcharge hydrique, soit un œdème intra et extracellulaire. Dans ce cas, les concentrations ioniques diminuent et on constate généralement des œdèmes extracellulaires. Les origines de ces derniers sont variables. L'une d'elles repose sur l'influence de la pression intra capillaire sur le volume interstitiel. Quand la pression augmente, le passage de l'eau vers le compartiment interstitiel évolue de

la même manière, causant en parallèle une augmentation du volume interstitiel. Il se peut que l'on observe exceptionnellement des œdèmes intracellulaires provenant notamment d'une anomalie des canaux ioniques en lien avec le rétablissement de l'équilibre osmotique (Moreno, 2007).

2.2 Techniques d'estimation de la composition corporelle

On différencie les méthodes directes, indirectes et doublement indirectes dans le but d'évaluer la quantité d'eau des divers compartiments.



Adapté de : Moreno., (2007) Étude de la composition corporelle par impédancemétrie sur des adultes et des enfants sains et pathologiques.

Figure 2-4: Schéma technique d'estimation de la composition corpore

2.2.1 Les méthodes de dilution

L'eau totale est mesurée par dilution d'isotopes stables comme le deutérium (eau lourde) ou l'oxygène 18 (Moreno, 2007). Ils sont plus utilisés que les produits radioactifs. L'absorption s'exécute par voie orale (0,05 g à 0,25 g d'oxyde de deutérium pur par kg de poids, par exemple) et les prélèvements d'urine, de salive ou de sang sont réalisés quelques heures après que la diffusion de l'isotope dans l'eau de l'organisme soit complète. Un petit nombre d'échantillons suffisent afin d'obtenir des résultats pertinents. En revanche, des précautions doivent être prises : sujet à jeun, aucune absorption d'eau pendant les 4h de dilution, dosage précis : par spectrographie de masse, ou par infrarouge. Quelques corrections sont appliquées pour prendre en compte la combinaison d'une partie du deutérium (4 %) avec des substances solides. Les résultats les plus exacts sont obtenus avec l'oxygène 18, mais le prix hors de portée en limite l'usage. D'autre part, l'eau extracellulaire peut être mesurée par diffusion d'un sel de brome, non radioactif, dosé dans le plasma déprotéinisé par chromatographie à haute pression et détection UV. Le plasma, le secteur interstitiel, et l'eau des tissus conjonctifs déterminent le volume de distribution du brome (Moreno, 2007).

2.2.2 La méthode anthropométrique pour mesurer des volumes d'eau corporelle

La littérature montre des corrélations entre les volumes hydriques corporels et divers facteurs tels que la taille, le poids, l'âge et le sexe du sujet. Ces corrélations sont des régressions linéaires multi variables, provenant de mesures de dilution (oxyde de

deutérium pour le volume total (Vt) en eau et bromide pour le volume d'eau extracellulaire (Ve)) (Moreno, 2007)

Tableau 2-2: Corrélations pour évaluer les volumes hydriques corporels *Watson et col. et Humme et Weyers présentent les corrélations suivantes pour le volume total :*

	Watson et col.	Hume et Weyers
HOMMES	$Vtw = 2{,}447 - 0{,}09156\ âge + 10{,}74\ H + 0{,}3362\ W$ (1.1a)	$HVt = -\ 14{,}013 + 19{,}48\ H + 0{,}2968\ W$ (1.2a)
FEMMES	$Vtw = -\ 2{,}097 + 10{,}69\ H + 0{,}2466\ W$ (1.1b)	$HVt = -\ 35{,}270 + 34{,}45\ H + 0{,}1838\ W$ (1.2a)

Adapté de : Moreno, M.-V. (2007).

Les volumes sont exprimés en litres, *H* représente la taille en mètres, *W* représente le poids en kg et l'âge est en années.

Van Loan et col. (Moreno, 2007) se basent sur des mesures de dilution isotopiques sur des sujets sains, afin de proposer les rapports suivants : $Ve/Vt = 0{,}403$ pour les hommes et 0,43 pour les femmes. Alors que Lichtenbelt et col. (Moreno, 2007) suggèrent $Ve/Vt = 0{,}407$ pour les hommes et 0,442 pour les femmes.

(Kyle *et al.*, 2004) Ont démontré que ces rapports évoluent avec l'âge, tout comme l'hydratation corporelle. Le tableau 4 établit les différentes valeurs de ces rapports en fonction de l'âge.

Tableau 2-3:Corrélations pour évaluer les volumes hydriques corporels Tableau 4 - Différence en fonction de l'âge du rapport Ve/Vt et du taux d'hydratation corporelle Th corps (Vt/W) selon (Kyle *et al.*, 2004).

	Age (ans)	15-24	25-34	35-44	45-54	55-64	65-74	75-84	>85
Hommes	Ve/Vt(%)	39,0	39,5	40,9	41,5	43,9	46,2	48,8	51,7
	Vt/W (%)	64,1	61,4	59,7	58,0	56,0	54,2	52,8	49,7
Femmes	Ve/Vt(%)	44,4	45,4	45,7	47,1	50,0	52,7	54,9	56,3
	Vt/W(%)	56,8	56,2	55,2	53,4	50,6	48,0	47,4	46,9

2.2.3 Les méthodes de bio-impédance électrique

Les propriétés électriques des tissus ont été décrites depuis 1871. Ces propriétés ont été davantage décrites pour une large gamme de fréquences sur plus grande variété de tissus (Kyle, U. *et al.* 2004). Ces différentes fréquences permettent d'estimer la composition corporelle grâce aux principes de compartiments corporelle et aux modèles décris précédemment.

Hoffer *et al.* (1969) ont décrit l'application de l'analyse d'impédance bioélectrique (BIA) pour l'évaluation de la composition du corps humain avec une évaluation non invasive (Moreno, 2007). La plupart des travaux qui ont suivi ont utilisé la BIA pour la prédiction de l'eau corporelle totale (ECT). Bien que les détails des équations de prédiction ont varié, la plupart ont suivi le paradigme de Hoffer *et al.* (1969) et utilisé un modèle pour prédire la résistance série (ECT) (2).

L'impédance bioélectrique est une mesure de la résistance électrique alors qu'elle passe à travers le compartiment hydrique du corps (Kyle, U. *et al.* 2004). Cette méthode est basée sur le principe que la conductivité de l'eau varie selon les différents compartiments du corps. À l'aide de l'équation établie, qui utilise la valeur

de l'impédance mesurée et de la hauteur, l'eau corporelle totale est estimée (Hansen *et al.* 1997). La masse sans gras est calculée en supposant que 73 % de la masse maigre du corps est de l'eau (Kyle, U. *et al.* 2004). La masse grasse est obtenue en soustrayant la masse sans gras du poids corporel. La multi fréquence ou bio spectroscopie d'impédance peut mesurer l'eau corporelle totale en tant qu'eau intracellulaire et extracellulaire. La BIA multi segmentaire peut analyser la composition des extrémités ainsi que le tronc.

À partir de l'estimation de l'eau corporelle totale, il est donc facile de calculer la masse maigre :

Équation 2-2: Masse maigre

$$MM = \frac{\text{Eau Totale}}{0{,}73}$$

L'impédance bioélectrique est non invasive et relativement peu coûteuse, mais cette méthode est indirecte et souvent empirique et peut ne pas être exacte chez les patients à la morphologie anormale. D'une manière générale, ce type de mesure fournit des résultats similaires aux mesures de graisse corporelle obtenues à l'aide d'autres méthodes.

Deux types de méthodes de mesure d'impédance ont été développés. La première est la mesure d'impédance médicale. Les mètres d'impédance médicaux sont utilisés en position couchée sur le dos avec des électrodes de type gel, deux de voltage et deux de courant, collé sur le pied et poignet droit. Le second est classifié comme analyseur de graisse corporelle. Ces derniers sont utilisés par les professionnels des soins de santé et le grand public et sont également appelés balance-impédancemétrie *foot-to-foot.*

Bien que les mesures avec la méthode BIE soient fréquemment utilisées, cette méthode possède certaines limites. Lorsque la mesure de BIE est prise, un léger changement dans l'emplacement des électrodes peut produire des différences dans les résultats. Les mesures peuvent varier de 2% de jour en jour.

Contrairement aux méthodes de dilution, des méthodes de référence sont proposées pour mesurer les volumes en eau extracellulaire et totale, qui sont plus compliqués à mettre en œuvre. Les mesures de BIE sont plus simples, rapides et donnent des mesures volumiques en continu. La méthode repose sur des procédés qui consistent à mesurer les propriétés électriques d'un milieu biologique. Pour cela, on applique au corps humain un courant alternatif de faible intensité par l'entremise d'électrodes. Le courant passe de manière prioritaire dans les compartiments à conductivité élevée (Moreno, 2007).

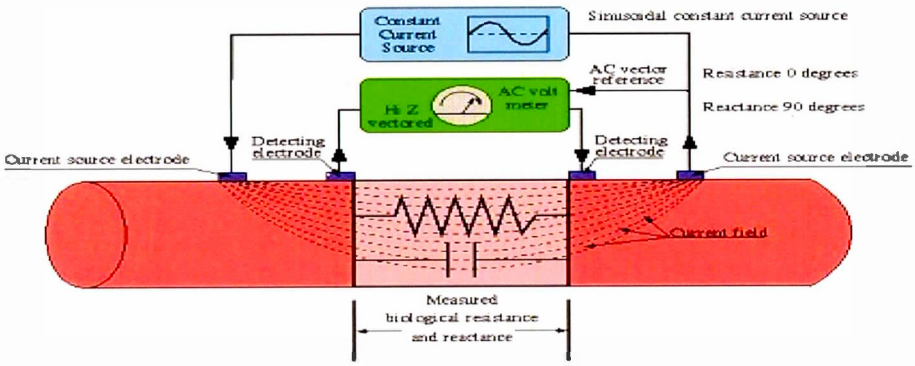
La BIE a été utilisée pour la première fois en 1969 afin de mesurer le total d'eau corporelle. À cette époque, il était présumé que l'organisme peut être assimilé à un parfait cylindre conducteur. (51) Cella est une mesure simple et non invasive de la composition corporelle. La technique est reproductible et ne nécessite pas une instruction compliquée pour l'utilisation de l'équipement (Di Sebastiano *et al.*, 2012). Cette dernière fournit des informations plus précises sur la composition corporelle par rapport aux mesures anthropométriques de populations en santé.

La BIE est plus approprié pour l'évaluation de la composition corporelle que la mesure seulement du poids, de la grandeur, l'utilisation des circonférences, ou les mesures de plis cutanés pour le suivi des œdèmes. Le rapport des volumes d'eau deviennent importants avec l'œdème parce que les résistances des compartiments et les taux d'hydratation (Moreno, 2007).

Les sujets atteints du cancer du sein risque de souffrir du lymphœdème suite à leur traitement. Il est caractérisé par l'accumulation de liquide lymphatique dans les bras, des épaules, la poitrine et la région thoracique. (Fu *et al.*, 2009*)*. Il se produit lorsque les ganglions lymphatiques sont retirés, souvent après les traitements ou encore des mois ou des années plus tard. Le lymphœdème peut être une condition temporaire ou à long terme. En raison de l'accumulation de liquide associé avec le lymphœdème, la bio-impédance peut mesurer précisément la masse libre de gras et le tissu adipeux chez le patient atteint du cancer du sein.

L'exactitude de l'analyse de la composition corporelle par BIE dépend du niveau d'hydratation. Quelle que soit la variation de composition corporelle, la lecture de l'impédance peut varier en fonction de la concentration des électrolytes. Ainsi, en situation de perte d'eau corporelle, l'impédance diminue et le pourcentage de graisse est alors sous-estimé ; en situation d'hyperhydratation, le résultat est inversé (Martins, Karine, 2011).

L'eau et les électrolytes sont de bons conducteurs, tandis que les membranes cellulaires, la peau et le tissu adipeux sont plus isolants. L'impédance est relevée par deux autres électrodes, dites réceptrices ou détectrices. Elle est assimilée à l'opposition des tissus au passage d'un courant. Donc, un individu avec plus de graisse est plus résistant qu'un autre présentant plus de muscles, car ses tissus contiennent plus d'eau. La figure 1.4 schématise le montage d'une mesure de bio-impédance.



Adapté de : Moreno, Marie-Valerie, Étude de la composition corporelle par bioimpédance sur des adultes et des enfants sains et pathologiques .octobre 2007

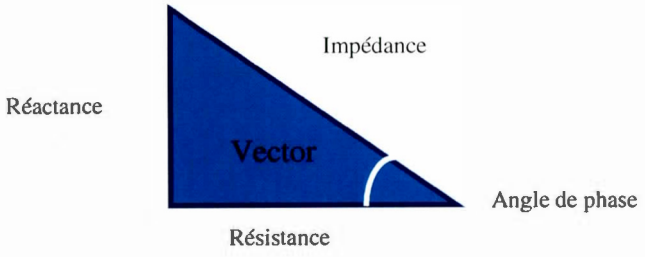
Figure 2-5: Montage d'une mesure de bio-impédance

Les méthodes de BIE consistent à mesurer les propriétés électriques d'un milieu biologique, spécifiquement la résistance et la réactance, afin d'obtenir l'impédance. Selon la théorie électrique, l'impédance (Z) peut être décrite par l'équation suivante :

Équation 2-3: Impédance

$$Z^2 = R^2 + X^2$$

Où R et X sont respectivement la résistance des milieux hydriques (due aux éléments non conducteurs de ces milieux) et la réactance (due à l'effet capacitif des membranes) en ohm.

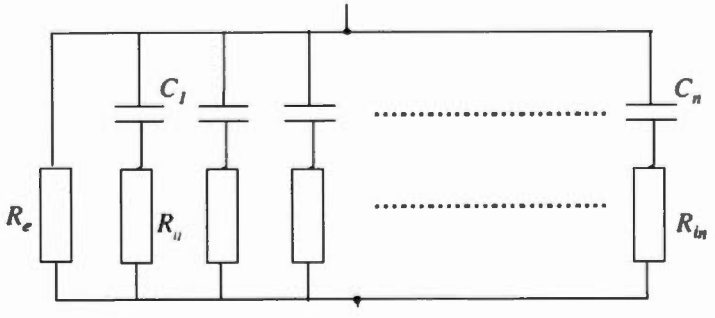


$$\text{Angle de phase} = \tan^{-1}\left(\frac{\text{Réactance}}{\text{Résistance}}\right)$$

Figure 2-6: Relation entre la phase, la résistance, la réactance et l'impédance.

L'angle de phase est le décalage temporaire entre l'onde de courant et l'onde de voltage, mais elle peut être en retard ou en avance selon le type d'impédance présent dans le circuit. L'angle de phase s'exprime en grades entre 0 et 360. Figure 2.6

Du point de vue électrique, le corps humain peut être modélisé par le circuit de la figure 2.7.

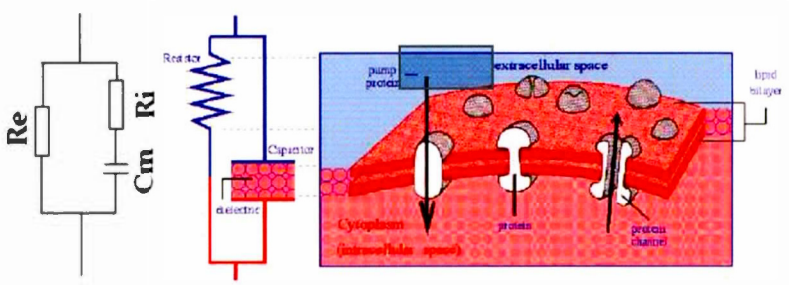


Adapté de : Moreno, Marie-Valérie, Étude de la composition corporelle par bio impédance électrique sur des adultes et des enfants sains et pathologiques, octobre 2007

Figure 2-7: Modélisation électrique du corps entier.

La résistance électrique et la réactance peuvent être définies comme l'opposition d'un milieu au pas du courant électrique, la différence entre ces deux est la dépendance de la fréquence du signal appliqué. Pour la résistance, l'opposition est constante autant pour un courant alternatif que pour un courant direct, ce qui est représenté par les éléments R de la figure 1.6. Par contre pour la réactance, l'opposition au pas du courant est inversement proportionnelle à la fréquence ; pour un signal de haute fréquence l'opposition est négligeable, tandis que pour un signal constant, l'opposition tend à être aussi élevée que le courant est considéré zéro. La réactance est associée aux éléments C de la figure 1.6.

D'après Kanai et Meijer (Moreno, 2007), la membrane de la cellule se comporte comme un condensateur (C) en raison de sa condition isolante. Alors, le modèle de l'unité biologique au niveau cellulaire est représenté par un circuit en parallèle comprenant une résistance pour le milieu extracellulaire, soit Re, une résistance pour le milieu intracellulaire, soit Ri, et une capacité pour la membrane soit Cm.



Adapté de : Moreno, Marie-Valerie, Étude de la composition corporelle par impédance électrique sur des adultes et des enfants sains et pathologiques, octobre 2007

Figure 2-8: Modélisation d'une unité biologique au niveau cellulaire

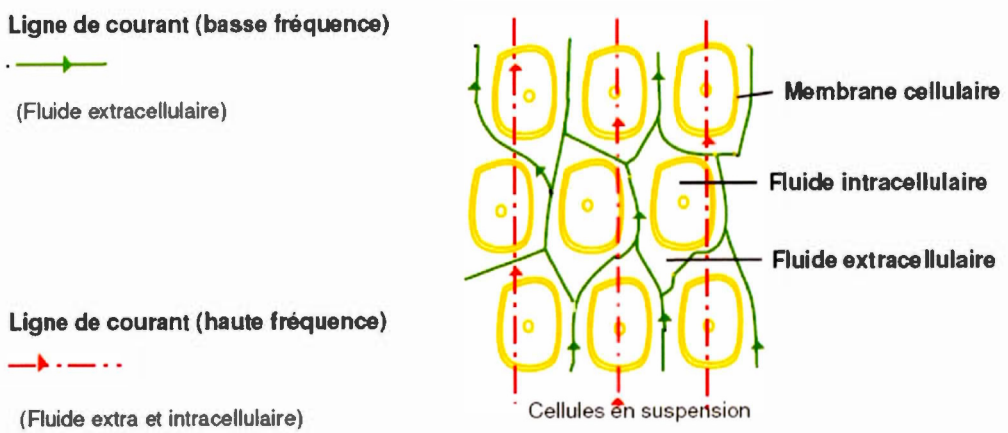
La capacité Cm, induit une réactance X, variant selon la fréquence du signal ($\omega=f/2\pi$), décrit par l'équation suivante :

Équation 2-4: Capacité

$$X = \frac{1}{jCm\omega}$$

La réactance X peut être calculée à partir de la fréquence (f) du signal applique en Hertz [Hz], et la capacité (Cm) de la membrane en farad [F].

En utilisant signaux électriques de différentes fréquences, il est possible de mesurer le milieu intracellulaire et extracellulaire. Le courant à basse fréquence (<5kHz) ne circule que dans l'eau extracellulaire. Par contre, à haute fréquence, le courant traverse la membrane de la cellule, et est présent à la fois dans le milieu intracellulaire et dans le milieu extracellulaire, soit l'eau totale.



Adapté de : Moreno, Marie-Valerie, Étude de la composition corporelle par impédancemétrie sur des adultes et des enfants sains et pathologiques, octobre 2007.

Figure 2-9: Modélisation du passage du courant dans un milieu biologique

La bio-impédance permet aussi l'accès à un autre paramètre, la phase (l'angle de phase est le décalage temporaire entre l'onde de courant et l'onde de voltage, mais

elle peut être en retard ou en avance selon le type d'impédance présent dans le circuit. L'angle de phase s'exprime en grades entre 0° et 360°.

Principe de mesure

L'impédance d'une partie du corps humain, peut être mesurée à partir du courant (alternatif) appliqué entre deux ou plus électrodes injectrices. Le voltage résultant dans les différents points du corps, peuvent être mesurées par moyen des électrodes détectrices. Les valeurs de voltage obtenues et de courant injecté permettent de calculer l'impédance et la résistance de chaque section selon la disposition des électrodes d'injection et de mesure.

Conditions

L'impédance de chaque section du corps doit être mesurée, à moins, avec deux fréquences différentes pour obtenir l'impédance extracellulaire (basse fréquence) et l'impédance de l'eau totale (haute fréquence). L'impédance intracellulaire est obtenue comme la différence entre le total et l'extracellulaire.

Précisions de la mesure

Le courant parcourt de manière prédominante les compartiments à conductivité élevée, en contenant de l'eau et des électrolytes. Ça veut dire que la précision de l'analyse par l'impédance bioélectrique dépend du niveau d'hydratation ; ainsi en situation d'hypo-hydratation, l'impédance diminue et le pourcentage de graisse est sous-estimé, par contre, en situation d'hyperhydratation l'impédance augmente et le pourcentage de graisse est alors surestimé.

Une fibre musculaire différera par sa résistance intracellulaire et sa capacité membranaire comparativement à une cellule osseuse ou autre. L'emploi d'une fréquence unique ne permet de mesurer qu'un seul compartiment. Il est donc impératif d'utiliser minimalement deux fréquences afin d'obtenir le volume d'eau totale à l'aide de l'impédance à haute fréquence. À l'inverse, un courant à basse fréquence est utilisé pour calculer le volume d'eau extracellulaire. Le volume d'eau intracellulaire provient de la différence des deux volumes précédents.

Modèle mathématique spécifique (SFB IMPEDIMED)

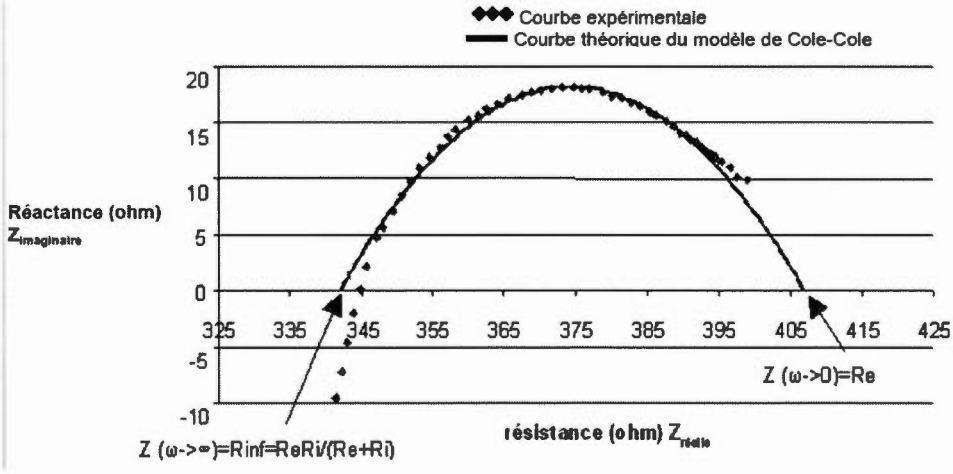
Divers modèles mathématiques ont été développés pour modéliser l'impédance du corps, à plusieurs fréquences, pour permettre d'obtenir l'impédance des compartiments. Le modèle mathématique de Cole-Cole (Moreno, M.-V., 2007) est le plus utilisé. L'appareil qui a été sélectionné pour ce projet l'emploie pour le calcul de la composition corporelle.

Selon ce modèle, l'impédance est approximée au circuit montré dans la figure 1.6, où chaque circuit RC représente un type de cellule. Le calcul de l'impédance de ce circuit s'obtient grâce à l'équation suivante :

Équation 2-5:L'équation du modèle d'impédance de Cole-Cole. Re: la résistance extracellulaire

$$Z = \left(\frac{R_e}{R_e + R_i}\right) * \left(R_i + \frac{R_e}{1 + (j * \omega * C_M * (R_e + R_i))^{\propto}}\right)$$

Ri : la résistance intracellulaire, ω: la pulsation, α: la phase, CM: la capacité équivalente.



Adapté de : Moreno, Marie-Valerie, Étude de la composition corporelle par impédancemétrie sur des adultes et des enfants sains et pathologiques, octobre 2007.

Figure 2-10: Représentation de la courbe expérimentale de l'impédance du corps et de la courbe issue (théorique) du modèle de Cole-Cole, dans le plan complexe

L'équation décrit un arc de cercle entre l'impédance à fréquence infini Z (w->∞) = R∞=ReRi/(Re+Ri) et l'impédance à fréquence nul Z(w ->0) = Re.

La courbe expérimentale peut être trouvée par la mesure de l'impédance du corps (en utilisant plusieurs fréquences possibles différentes de 0 ou ∞) et à partir de laquelle une extrapolation pour la fréquence nulle et la fréquence infinie permet d'obtenir les valeurs de Re (Résistance Extracellulaire) et R∞ (Résistance Total). Donc, Ri peut être déduit à partir l'équation de R∞ en termes de R∞ et Re:

Équation 2-6: Résistance intracellulaire

$$R_i = \frac{R_e R_\infty}{R_e - R_\infty}$$

Ri : Résistance Intracellulaire, R_e : la résistance extracellulaire,
R_∞ : l'impédance à fréquence infinie

Pour arriver à avoir des mesures précises du volume extracellulaire, le modèle utilisé pour le calcul du volume de corps est passé d'un seul cylindre de l'équation de Hoffer (Moreno, M.-V., 2007) développé en 1969.

Équation 2-7: Équation de Hoffer

$$R_i = \rho * \frac{l}{S} = \rho * \frac{H}{S}$$

Équation de Hoffer: R est la résistance [ohm], ρ la résistivité [ohm/m],
l la longueur (Taille de la personne) [m] et S la section [m²]

Pour incorporer plusieurs cylindres selon les équations de Lorenzo *et al* (ANNÉE). En proposant le coefficient Kb et en appliquant la théorie de Hanaï sur la conductivité des fluides, De Lorenzo *et al.* (Moreno, 2007) ont corrigé l'équation de Hoffer avec le coefficient Kb qui prend en compte les longueurs et les diamètres des membres :

Équation 2-8: Coefficient Kb

$$K = \frac{1}{H^2}[\left(\frac{L_{tronc}}{C_{tronc}^2} + \frac{L_{jambe}}{C_{jmabe}^2} + \frac{L_{bras}}{C_{bras}^2}\right) * (2L_{tronc}C_{tronc}^2 + 2L_{jambe}C_{jambe}^2 + 2L_{bras}C_{bras}^2)]$$

Coefficient Kb : L est la longueur des membres, C'est la circonférence des membres.

De Lorenzo *et al.* (1997) considèrent que le corps est constitué de cinq cylindres, la valeur obtenue pour Kb à partir de donnes statistiques est 4,3. De plus, ils ont introduit une modification au terme de résistivité (ρ) de l'équation de Hoffer selon la théorie de Hanaï sur la conductivité des fluides : La résistivité (ρ) dépend de la résistivité du fluide (ρ0) et de la concentration des éléments non conducteurs (c) : (Moreno, 2007).

Équation 2-9: Résistivité de Hanaï

$$\rho = \frac{\rho_0}{(1-c)^{3/2}}$$

Équation de la résistivité selon Hanaï : ρ résistivité, ρ_0 résistivité du fluide et concentration des éléments non conducteurs.

Après les modifications de coefficient de forme et résistivité, selon Hanaï, on arrive à l'équation finale du volume Ve :

Équation 2-10: Volume extracellulaire

$$V_e = k_e \left(\frac{H^2 W^{1/2}}{R_e}\right)^{2/3}$$

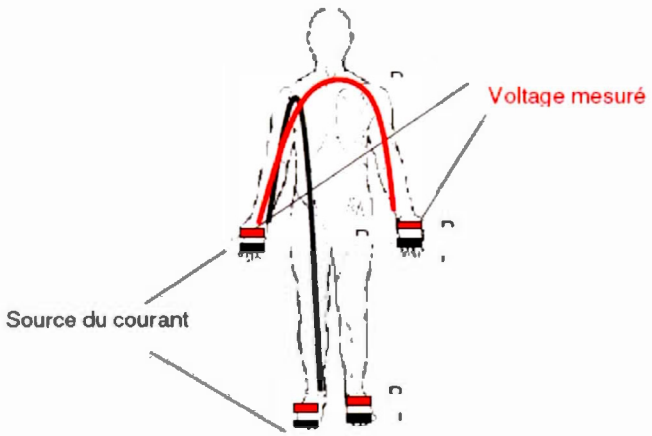
$$k_e = 10^{-2}\left(\frac{K_b^2 \rho_e^2}{D_b}\right)$$

Équation de Volume extracellulaire V_e : H taille [cm], W poids [kg], R_e résistance du compartiment Extracellulaire [ohm], Kb=4,3 coefficients de forme et D_b=1,05kg/l densité du corps.

<u>Mesure de la résistance des membres</u>

La résistance des membres peut être mesurée de deux façons, la méthode directe avec les électrodes placées aux extrémités du membre (extrémités du cylindre), cela

signifie que les points d'injection et d'extraction du courant sont aussi les points de mesure du voltage. La deuxième méthode est l'indirecte avec les électrodes placées en des points différents pour l'injection du courant et pour la mesure du voltage.



Adapté de : Moreno, Marie-Valerie, Étude de la composition corporelle par impédancemétrie sur des adultes et des enfants sains et pathologiques, octobre 2007.

Figure 2-11: mesure indirecte de l'impédance du bras droit.

La mesure de la résistance du bras droit est faite de manière indirecte : le parcours du courant (noir) et la mesure du voltage (rouge) sont communs seulement dans le bras droit, lequel conduit à la mesure correcte à partir de l'injection et de la mesure sur des membres différents. Il est possible d'appliquer la méthode de mesure indirecte pour trouver le volume extracellulaire d'un segment (membre), s'il est considéré comme un cylindre, en appliquant l'équation suivante :

Équation 2-11: Volume extracellulaire

$$V_{eseg} = \left[\rho_e \left(\left(\frac{C_1 + C_2}{2}\right)^2 \frac{L}{4\pi}\right)^{1/2} \frac{L^2}{R_e}\right]^{2/3}$$

Volume extracellulaire : La longueur du segment, soit ρe, la résistivité du compartiment extracellulaire, soit Re, la résistance du compartiment, soit C1, et C2, la circonférence du segment

(Le poignet et le biceps pour le bras, le tour de poitrine et le tour des hanches pour le tronc et le tour de cuisse et le tour de cheville pour la jambe.)

L'évolution peut être observée par la répartition des fluides dans le corps et particulièrement la formation d'œdème tout en connaissant les modifications des autres compartiments par une mesure rapide, indolore et simple comme la bio-impédance. Earthman et col. (Moreno, 2007).

2.2.4 Méthodes anthropométriques pour évaluer les tissus corporels

Des alternatives plus accessibles utilisent l'estimation de %GCT basée sur des mesures anthropométriques comme la taille, le poids, les plis cutanés, les circonférences, les longueurs et les diamètres. Cette approche a été introduite par Matiegka en 1921 (Moreno, 2007).

Il n'y a pas de méthode de mesure directe des compartiments tissulaires à l'encontre des méthodes de dilutions pour les compartiments hydriques. Seule l'analyse anatomique post-mortem permettrait d'obtenir de manière directe la masse des compartiments. Toutes les méthodes sont donc indirectes, avec des niveaux de précision, de facilité de mise en œuvre et de coûts divers.

Les méthodes anthropométriques sont issues de mesures simples sur le corps, ces méthodes se basant sur la densité du corps. D'autres méthodes utilisant des dispositifs

émettant des rayons absorbés différemment selon le type de tissu, tels que le DXA, sont aussi utilisées.

2.2.5 Évaluation de la composition corporelle par ultrasonographie

L'ultrasonographie, utilisée pour l'analyse de la composition corporelle dans diverses disciplines, permet de déterminer l'épaisseur des différents tissus : gras ou muscle, par exemple. Cette méthode est utilisée afin d'obtenir une image des tissus profonds et ainsi de mesurer la surface de section transversale des muscles. Après conversion de l'énergie électrique, un appareil à ultrasons émet par pulsations des ondes sonores à haute fréquence qui pénètrent la peau. Les ondes traversent la couche adipeuse pour atteindre la couche musculaire sur laquelle elles sont réfléchies en un écho retranscrit à l'appareil.

Dans les appareils les plus simples (ceux du mode A), il n'y a pas de production d'image des tissus sous-jacents. De plus, le temps de transmission allé et retour dans les tissus est transformé en une mesure de distance dont la valeur est indiquée sur un cadran par une diode lumineuse. Il s'agit de comparer l'épaisseur de pli cutané ou la surface de section transversale du muscle avec les mesures de l'appareil à ultrasons. La fiabilité des nombreuses mesures de l'épaisseur du gras sous-cutané en divers points chez un individu couché ou debout est forte ($r > 0,85$). La corrélation des mesures prises des jours différents est également élevée. On observe donc une redondance/reproduction du même phénomène. À cause de la variation importante du degré de compression des tissus sous-cutanés chez les obèses, la méthode des ultrasons peut être particulièrement utile chez ces individus.

L'emploi de l'appareil à ultrasons pour "cartographier" les couches de tissus musculaires et adipeux dans les différentes régions du corps tout en quantifiant les

modifications topographiques de répartition de graisses constituerait un complément important pour l'évaluation de la composition corporelle (Borkan *et al.,* 1982).

Borkan Gary *et coll.* (1982) ont fait la comparaison entre les méthodes d'ultrason et de mesure de l'épaisseur des plis cutanés dans l'évaluation de la graisse sous-cutanée. Par la même occasion, ils les ont comparées en termes de résultats quant à la prédiction du poids total de graisse de l'individu à partir des différentes mesures. (3). Ils ont utilisé les méthodes de l'ultrason (A-scan mode), de la mesure des plis cutanés et celle basée sur la valeur/évaluation du potassium du corps entier. Basées sur les corrélations d'intra observateur de 39 hommes dans 15 sites du corps, les mesures réalisées avec la méthode des plis cutanés étaient plus fiables que celles obtenues par la méthode de l'ultrason. Les mesures faites avec les deux techniques au même site du corps produisaient des évaluations moyennes d'épaisseur de la graisse différente. Cependant, les résultats étaient très corrélés entre eux, indiquant des classements relatifs de sujets semblables pour chaque technique. Les résultats obtenus pour la technique des plis cutanés étaient plus corrélés avec le poids de la graisse totale. Les mesures anthropométriques présentaient un haut degré de corrélation avec l'obésité pour son association avec le poids du corps. Mais, quand cette corrélation fut statistiquement contrôlée, elle a perdu son efficacité de prédiction. L'analyse des régressions multiples a révélé que les meilleures techniques de prédiction du poids total de la graisse étaient celles des mesures des plis cutanés et de l'ultrason (Borkan *et al*, 1982).

Toutefois, Pineau *et al.* (2004) ont étudié une population de 44 femmes et 56 hommes de 18 à 60 ans, pour évaluer la composition corporelle: eau corporelle totale, masse maigre et grasse, à partir de la technique d'ultrason, méthode simple, rapide non invasive, non traumatisante, précise et reproductible par rapport à la technique de référence DXA. Une partie des participants ont été examinés avec un test de corps entier par absorptiométrie à rayons X (DXA).

L'évaluation de la masse grasse totale du corps peut être obtenue au soutien de la technique d'ultrasons en mesurant les épaisseurs de couches de graisse placées entre la peau et le muscle, ils ont utilisé les plis situés au niveau ombilical et à mi-cuisse. La collecte des données a été effectuée sur les variables anthropométriques ainsi que sur des épaisseurs de graisse sous-cutanée mesurée par ultrasons. La mesure de référence était la masse grasse totale corporelle évaluée avec le DXA. Ils ont établi par la méthode d'ultrason une solide corrélation (r =0,995) chez les femmes et (r = 0,993) chez les hommes entre la mesure de la masse grasse totale (DXA) et celle remportée à partir des épaisseurs de graisse sous-cutanée, en tenant compte de certaines variables anthropométriques.

L'exactitude des évaluations de la masse grasse comme de la masse maigre reste inférieure en moyenne à 8 %. Cette étude conclut que la masse grasse est un indicateur plus précis que l'indice de masse corporelle comme paramètre accessible et non invasif. L'auteur observe également que les interactions de celle-ci avec les paramètres biologiques traditionnels permettent une meilleure évaluation du risque et permettant un suivi thérapeutique préventif sur le plan épidémiologique (Moreno M.-V., 2007).

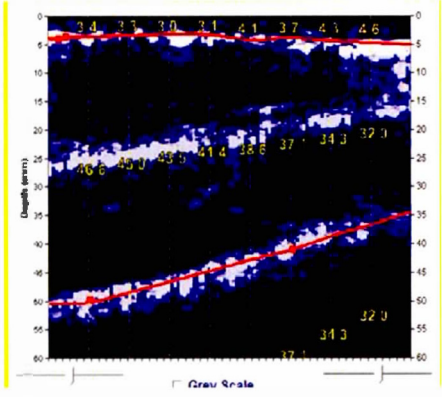


Figure 2-12: BodyMetrix™ image par ultrason de la cuisse

La ligne supérieure indique l'interface sous-cutanée entre le tissu gras et musculaire (épaisseur moyenne 3.69 mm). La ligne inférieure indique la limite entre le muscle et l'os. L'épaisseur du muscle varie entre 32.00 mm et 46.6 mm

2.2.6 Méthode de l'absorptiométrie à rayons X ou DXA (*Dual Energy X-Ray Absorptiometry*)

Méthodologie premièrement utilisée pour évaluer la densité osseuse, en relation avec la ménopause, cette technique radiologique est utilisée depuis la fin des années 1980 pour estimer la composition corporelle. La mesure de la composition corporelle est un élément fondamental de l'évaluation nutritionnelle. L'étude des compartiments corporels (sous forme simplifiée, on considère deux compartiments, masse grasse et masse non grasse ou masse maigre) permet de mieux comprendre la pathophysiologie de nombreuses affections, d'en suivre l'évolution et dans certains cas de guider le traitement. En pratique clinique, l'anthropométrie et l'impédance bioélectrique sont les techniques les plus faciles à mettre en œuvre, mais leurs limites sont importantes, en particulier, dans l'estimation de la composition corporelle au niveau individuel. L'absorptiométrie bioénergétique (dual X ray Absorptiométrie-DXA) donne des évaluations de masse grasse au gramme près et est considérée comme la technique de référence. (Varlet-Marie *et al*, 2009). Elle ne peut pas être utilisée de façon routinière du fait de son coût élevé (Lloret-Linares *et al,* 2009).

Le DXA est considéré comme la référence pour mesurer la masse maigre et grasse ainsi que le contenu minéral osseux. Cet outil a remplacé les techniques utilisant le déplacement des fluides. Le DXA balaye le corps de rayons X à deux niveaux d'énergie (44 Kev et 100 Kev). En traversant le corps du sujet, le rayon sera atténué. Cette atténuation dépend de la composition de la matière que le rayon traverse (Moreno, M.-V., 2007).

Cette méthode radiologique offre plusieurs avantages, une grande précision, une différenciation des trois compartiments corporels et la possibilité d'obtenir des mesures segment par segment. Le DXA utilise des rayons inférieurs à ceux utilisés pour une radiographie thoracique standard. Les désavantages sont le coût élevé et l'impossibilité de l'utiliser au lit du malade de façon routinière (Moreno, M.-V., 2007). La mesure de la masse grasse est obtenue avec une erreur inférieure à 1,65 kg. Le poids du sujet, calculé à partir de la somme des masses des trois compartiments mesurés, est juste à 1% près.

Les variations du pourcentage d'eau de la masse libre de gras, dépendamment de l'âge ou en cas de problèmes d'œdèmes, ne doivent pas influencer les résultats. Néanmoins, ceci reste à être déterminé à travers de futures recherches. Cependant, l'instrument est contre-indiqué pour les femmes enceintes. Son utilisation avec des sujets obèses reste à déterminer, puisque les résultats des recherches sont partagés jusqu'à présent. De plus, les résultats obtenus dépendent du fabricant de l'appareil. Finalement, le fait que la plupart des installations existantes ne mesurent que la densité osseuse rend l'utilisation de l'appareil à des fins de composition corporelle limitée.

2.3 Comparaison des méthodes pour l'évaluation de la composition corporelle

Le tableau 2.4 met clairement en évidence l'intérêt de BIE pour évaluer le volume chez les personnes avec lymphœdème. De plus, cette mesure est préférable par sa grande facilité de mise en œuvre, sa simplicité, sa rapidité (Moreno, M-V., 2007).

Tableau 2-4: Comparaison de modalités d'évaluation de composition corporelle

Technique	Grandeurs mesurées	% Erreur connue	Difficultés techniques	Durée l'examen
Plis cutanés	M MM	à 20%	+	+
Bioimpédancia	VT,VIC,VEC	< 5%	++	+
DEXA	MG,MM, os	<5%	+++	+++
Densitométrie	MG,MM	<5%	++++	+++
Dilutions d'isotopes	VT,VIC,VEC	<5%	++++	+++++
40K	MM	<5%	++++	++++
Activation neutronique	MG, muscle, os divers	<2,5%	+++++	++++

Adapté de : (Moreno M-V., 2007).

Tableau 2-5 : Résume des modalités d'évaluation de composition. Ce tableau présente la comparaison (avantages et désavantages) effectuée par Di Sebastiano et Mourtzakis (2012) entre les divers outils d'évaluation de la composition corporelle.

RÉSUME DES MODALITÉS D'ÉVALUATION DE COMPOSITION CORPORELLE			
MODALITÉ	**TYPE DE MESURE**	**AVANTAGES**	**INCONVÉNIENTS**
MESURES ANTHROPOMÉTRIQUES	Poids, Taille, IMC, Tour de taille, Plis cutanés.	Simple, rapide, reproductible, non invansive, portable, peu coûteux.	Insensible, Difficulté pour détecter les changements à court terme, formation nécessaire pour effectuer les mesures avec précision, équations non validées chez les populations de cancer, difficulté de réalisation chez les obèses et en présence d'œdème et dénutrition, variabilité de mesure interobservateur (pour les plis cutanés).
BIA	Utilise la résistance et la réactance pour déterminer les contenus hydriques totaux, eau extracellulaire, eau intracellulaire, masse maigre et grasse.	Non - invasive, simple, peu coûteux comparé avec DXA,CT, MRI, reproductible, non requis du personnel spécialisé, portable.	Dépends de l'état d'hydratation, le lymphœdème et l'œdème peuvent confondre les mesures, adapté à l'âge, des équations surestiment la masse adipeuse chez les patients cancéreux de prostate, sous-estime la masse adipeuse chez les patients atteints atteints de cancer avancé
ADP	Utilise l'air de déplacement pour mesurer le volume corporel total, la densité et le masse grasse.	Non-invasive, bonne validité et fiabilité, précis, adaptée à nombreuses populations.	Inaccessible, littérature limitée dans las populations de cancer, modifié le volume résiduel chez les patients atteints de cancer avancé.
DXA	Utilise des énergies hautes et basses pour déterminer la masse grasse, FFM et minéral des os.	Fiabilité et haute précision. Différencie les os, la masse grasse et du FFM , sécuritaire, reproductible, mesures de la composition corporelle régionale et tout le corps.	Différences de calcul entre les fabricants, accessibilité limitée, ne peut pas différencier la masse adipeuse spécifique des composants du ffm, nécessite un technicien formé pour faire fonctionner le dispositif. le positionnement correct du patient est requis pour la précision, tous les appareils ont une limite de poids pour la table.
CT	Utilise une seule parti des images CT prises lors de soins de routine pour estimer l'ensemble de masse maigre, basé sur la densité du tissu adipeux et la section transversale.	Elevée précision, capable de différencier la masse graisse et les composants du FFM et la qualité des tissus, une seule image est représentative de la composition corporelle, prises au cours des soins de routine dans le cancer avancé.	Exposition aux radiations, couteaux pour mesures prospectives. Certaines études cohortes de cancer (ie. patients atteints de cancer du sein et de la prostate) ne peuvent pas avoir des images CT prises dans la région abdominale pendant les soins de routine.
MRI	Abîme des images soit de un seule parti ou du corps entier pour déterminer la masse musculaire et la masse adipeuse.	Fiabilité et précision, différencie la masse graisse et les composants du FFM et la qualité des tissus, radioexposition trivial pour mesures prospectives, une seule image est représentatif de la CC , prises au cours des soins de routine dans le cancer avancé, sont possibles mesures de la composition corporelle régionale et de tout le corps	Coût d'appareillage pour mesures prospectives, pas accessible dans la plupart des centres de cancérologie.
IBM indice de masse corporelle, BIA, analyse d'impédance bioélectrique , masse maigre,DXA, absorptiométrie double énergie à rayons x,CT, tomodensitométrie			
IRM, imagerie par résonance magnétique, ADP, airdisplacement plethysmography.			

Adapté de : Di Sebastiano et al., 2012, Appl Physiol.Nutr.Metab.Vol 37.

CHAPITRE III MÉTHODOLOGIE

3.1 Introduction

La méthode anthropométrique est un outil qui fait partie de l'évaluation de l'état nutritionnel et ses résultats permettent de guider des actions pour apporter des correctifs si nécessaires. Cela acquiert en ce moment une grande importance au niveau clinique et établit la nécessité de déterminer le pourcentage de tissus adipeux et la composition corporelle totale des patients avec le cancer du sein. L'augmentation de la graisse totale est dommageable pour la santé, spécialement parmi les femmes ayant le cancer de sein (Di Sebastiano *et al.*, 2012).

La présente étude a comparé quatre méthodes de mesure de la composition corporelle, afin d'établir la meilleure en termes de fiabilité, efficacité, accessibilité et confort. Nous avons choisi les quatre méthodes suivantes : la bioimpédance électrique, les mesures de plis cutanés, la mesure des circonférences ainsi que l'ultrason.

3.2 Sujets

L'échantillon était formé de cinq (5) femmes qui ont eu un diagnostic de cancer du sein. Elles ont subi des interventions chirurgicales ou des traitements de radiothérapie et de chimiothérapie au besoin. Elles présentaient un lymphœdème au bras du côté affecté.

Le recrutement des participantes a été effectué en fonction des critères établis (section 3.2.1 et section 3.2.2) par le médecin responsable à la Clinique Lymphœdème sous la direction du Dr Anne Towers.

3.2.1 Critères d'inclusion

Les femmes devaient avoir reçu un diagnostic de lymphoedème stade I et II selon la classification TNM.

Les participantes devaient déjà avoir subi le traitement du cancer du sein.

Le traitement devait avoir été complété (ce qui incluait la chirurgie et la radiothérapie) depuis au moins 6 mois et pour un maximum de 36 mois.

Les participantes avaient un volume de lymphœdème < 20% par mesure, par mesure de circonférence. Les femmes avaient un état de santé jugé bon et acceptable.

3.2.2 Critères d'exclusion

Les critères d'exclusion des candidates potentielles étaient les suivants :

Les patientes qui présentaient des pathologies susceptibles d'entraîner des troubles de l'hydratation ont été exclues.
Ont été également exclues les femmes présentant de l'insuffisance cardiaque, de l'insuffisance rénale, de l'insuffisance hépatocellulaire comme celles prenant des diurétiques, des corticoïdes, des anorexigènes, des neuroleptiques ou des antidépresseurs et celles atteintes de malnutrition. Aussi, ont été exclu les femmes atteintes de lymphœdème de stade III ou de lymphœdème bilatéral.

Les caractéristiques physique des participantes retenues pour l'étude sont présentées dans le Tableau 3-1.

Tableau 3-1: Données anthropométriques

Variable	Moyenne	Écart type	Valeur minimale	Valeur maximale
Âge (années)	58.8	5.7	57.0	70.0
Taille (cm)	160.8	8.7	155.0	167.0
MC (kg)	75.9	0.05	62.6	87.2
IMC (kg/m^2)	29.2	3.1	24.8	32.4
PGC (%)	40.8	4.4	33.5	46.7
MLG kg	44.8	4.1	41.5	52.8
MLG%	59.2	4.4	53.2	66.5

MC = masse corporelle ; IMC = indice de masse corporelle ; PGC = pourcentage de graisse
MLG=masse libre de gras ; MLG%=masse libre de gras pourcentage

Chez les cinq participantes de l'étude, le lymphœdème était présent au bras droit chez deux femmes et présent au bras gauche chez trois femmes.

Toutes les participantes ont été informées du contenu des tests et ont donné leur consentement à l'utilisation de leurs données à des fins d'analyse servant pour ce mémoire de maîtrise.

Les participantes ont été évaluées par les trois techniques choisies dans cette étude, soit la mesure par bio-impédance électrique, les circonférences et l'ultrason. Les participantes ont été admissibles en fonction des conditions suivantes :

Cette étude a recruté cinq femmes d'horizons socioculturels différents. Le groupe a été scindé en deux. Le nombre de participantes a été justifié par la littérature existante. Parmi la liste de recherches révisées, c'est le travail réalisé par Martins *et al.* (2010) qui s'approchait le plus de l'objectif visé par le projet. Ils ont travaillé avec 62 femmes ayant le cancer du sein (31 femmes dans le groupe exercices et le même nombre dans le groupe contrôle) dans cette étude menée à l'Université fédérale de Goiás, au Brésil. L'objectif de l'étude a été de comparer quatre méthodes pour estimer la morphologie du bras affecté par le lymphœdème chez les femmes ayant été atteintes du cancer du sein, à l'aide la bio-impédance électrique, par l'addition des plis cutanés et de l'ultrason ainsi que la corrélation entre les trois pour déterminer la masse grasse.

Le nombre de participantes a été estimé à priori par la méthode de Cohen (1969). Pour chaque femme, on a comparé le bras affecté avec le bras non atteint. L'étude de Martins *et al.* (2010) a servi de référence pour trouver l'échantillon, en se référant à la moyenne et à l'écart type de l'étude x= 37,5 α= 0,05 β= 4 x 0,05= 0,2 puissance = 80% d=0,243, d'=0.77 **n= 27.**

Le projet de recherche a requis l'approbation du comité d'éthique de la recherche du Clinique du lymphœdème à Montréal et l'acceptation du comité de déontologie de l'Université du Québec à Montréal (UQÀM).

L'investigateur principal du projet a complété le certificat de l'énoncé de politique des trois Conseils : éthique de la recherche avec des êtres humains ; formation en éthique de la recherche (EPTC2); FER (voir certificat en annexe).

3.3 Conditions (variables indépendantes)

Les mesures anthropométriques ont été prises pendant la même séance pour éviter les biais dus aux variations des conditions physiologiques et environnementales.

Premièrement, on a mesuré les plis cutanés et les circonférences musculaires, par la suite, on a utilisé la bio impédance électrique et, en dernier lieu, on a appliqué l'ultrason à l'aide de l'appareil *Bodymetrix*.

3.4 Matériel

Le matériel utilisé pour l'analyse de la composition corporelle est décrit dans le paragraphe suivant :

L'appareil de référence pour la méthode de BIE (SFB, Impedimed, Ca) a été préalablement calibre de l'outil inclus dans le système. La mesure des circonférences à l'aide d'un ruban à mesurer précis a +/- 0.5mm (Lufkin W606PM, USA). L'appareil ultrason (Bodymetrix Intrametrix, Ca) afin de faire l'évaluation de la composition corporelle parmi la mesure de plis cutanés déterminés dans cette étude.

3.5 Procédures

Afin de supprimer tout biais lié à une variation inter observateur, l'ordre dans lequel les participantes étaient examinées a été établi de façon aléatoire. Les mesures ont été prises à deux moments dans le temps à 6 semaines d'intervalles afin de permettre 5 mesures répétées, donc un total de 10 mesures (2 mesures x 5 participantes).

La masse corporelle totale a été mesurée sur une balance (Solo, Detecto, USA) avec toise intégrée et offrant la mesure en centimètres (76 à 200 cm avec graduation au 5 mm). La grandeur a été mesurée à 0,1 cm près avec le stadiomètre, l. Les circonférences ont été mesurées avec un mètre-ruban anthropométrique flexible en acier (Lufkin W606PM, USA) et les diamètres avec un petit compas coulissant (Rosscraft Inc., Ca) à 0,1 cm près.

3.5.1 Méthode de mesure avec la bio impédance électrique (BIE)

.

<u>Préparation générale de la participante.</u>

La participante a dû jeûner 4 heures avant parce que la quantité d'aliments, le liquide bu et l'absorption digestive peuvent influencer le volume corporel. La participante a été informée de ne pas pratiquer une activité physique pour un minimum de 12 heures avant l'évaluation, ne pas consommer d'alcool 24 heures pré-évaluation et que l'usage du tabac et que l'utilisation d'une manche de compression pour le contrôle du lymphœdème était déconseillée avant l'évaluation.

La participante était restée assise pendant 10 minutes avant de commencer la mesure afin que le volume sanguin soit uniformément réparti. La participante a été allongée à l'horizontale sur un tapis de yoga pendant les mesures, selon le protocole de l'appareil. Les mesures ont été réalisées dans les deux membres.

Emplacement des électrodes

Le protocole de test de l'appareil doit être respecté pour assurer l'unification des mesures. Il prévoit par exemple, le nombre et l'emplacement des électrodes, la préparation de la peau avant de les installer, et indique les spécifications de l'appareil. Le système compte 8 électrodes, dont 4 pour mesurer et 4 pour conduire le courant alterne. Les électrodes ont été appliquées sur la peau : deux sur une main, deux sur un pied en homolatéral au niveau des articulations, en respectant la distance de 4-5 cm entre elles.

L'analyseur (SFB7, Impedimed,Ca) avait un courant constant, typiquement 200 uA RMS, dans la gamme de fréquences de 4 kHz à 1000 kHz. De façon séquentielle, le courant passait entre deux électrodes s'étendant sur le corps. La tension était mesurée au moyen d'une seconde paire d'électrodes de détection afin de calculer la valeur de l'impédance complexe. L'étalonnage de l'appareil pouvait être contrôlé à l'aide de la cellule de test fournie.

3.5.2 Méthode de mesures avec l'ultrason (US)

La détermination de la masse grasse totale du corps entier pouvait également être à l'aide de l'imagerie par ultrason. En effet, les ultrasons permettent, notamment, la

mesure de l'épaisseur des couches de graisse qui se trouvent entre la peau et le muscle.

Une sonde émettrice réceptrice émettait, au travers de la peau, une onde ultrasonore dont une partie se réfléchissait à l'interface graisse/muscle. Connaissant la vitesse de propagation des ondes dans la graisse et en mesurant le temps de parcours de l'onde (encore appelé temps de vol), il était alors aisé, par une relation affine, de calculer l'épaisseur de graisse. La méthodologie sélectionnée a été la formulée par Jackson et Pollock (1998) dans sept régions anatomiques préférentielles suivant :

- Site tricipital : sur la face postérieure de triceps, bras entièrement détendu. À mi-distance entre l'insertion haute (acromion de l'épaule) et bas (olécrane de coude).

- Site sous scapulaire : sur la face postérieure, le bras bien détendu. Le site est à seulement un centimètre sous l'angle inférieur de l'omoplate.

- Site médio axillaire : sur la ligne médio axillaire au niveau de l'appendice xiphoïde.

- Site supra iliaque : à seulement un centimètre au-dessus de la crête iliaque.

- Site abdominal : à droite de l'ombilic.

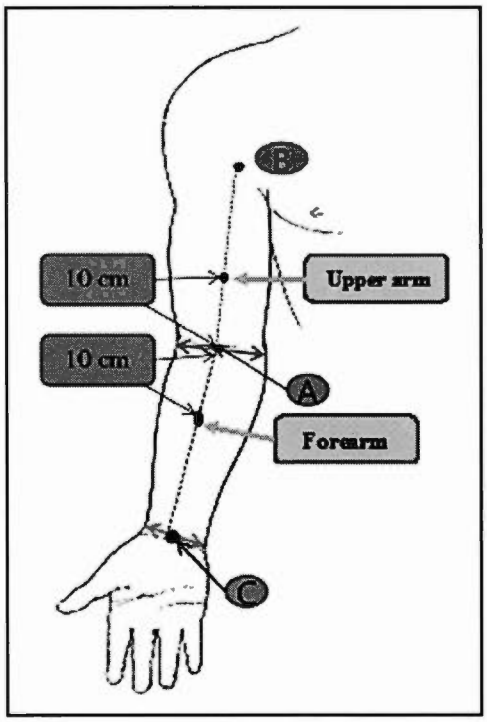
- Site de la cuisse : Le participant doit être assis, le genou fléchit à 90°. Le site est sur la face antérieure de la cuisse, à mi-distance entre la ligne inguinale et le sommet de la rotule.

- Site du jumeau : Le participant doit être assis, le genou fléchi à 90°. Le site est sur la circonférence maximale du mollet, sur la ligne médiale de la face interne.

Les mesures ultrasons ont été menées avec le logiciel *Bodyview*. L'absorption des ultrasons dépend de la profondeur de sondage, mais aussi du carré de la fréquence des ondes transmises. En conséquence, la graisse sous-cutanée au niveau intro abdominal et à mi-cuisse fut mesurée en choisissant une fréquence de 2.25 MHz avec une sonde linéaire. Le diamètre de la sonde de 0.75 pouce était le plus approprié en termes de positionnement, localisation, orientation et pression de contact.

3.5.3 Mesures par circonférences

Un total de cinq points de mesures de circonférence ont été pris au niveau du poignet, de l'avant-bras, du coude et du bras, à 10 cm de distance entre elles. La figure 3.2 montre les cinq sites de mesure de circonférences dans le bras qui ont été utilisés comme points de référence pour de nombreuses recherches et laboratoires cliniques.



Adapté de : Y, H. Choi. Ks- S Sco, 2014.

Figure 3-1: Le schéma montre les points de référence utilisée pour prendre les mesures des circonférences et ultrason dans le haut du bras et dans l'avant-bras.

Le point de mesure du haut du bras est orienté sur une ligne qui part du point milieu d'épicondyle médial et latéral (point A) jusqu'à la rainure bicipitale (point B), ainsi que les mesures prises à 10 cm suivant la ligne à partir du point A. Le point de mesure de l'avant-bras est orienté selon la ligne du point A jusqu'au point milieu du procès styloïde radial et ulnaire (point C) à 10 cm du point A.

3.6 Quantifications et analyses

Les valeurs sont présentées sous la forme suivante : moyenne ± écart type. La distribution normale des variables a été vérifiée à l'aide du test Shapiro Wilk. Une analyse *a priori* a démontré aucune différence temporelle significative (semaine 1 vs 6) ce qui a permis de regrouper les résultats afin d'obtenir un n = 10 pour chacune des variables dépendantes. La différence dans les variables du bras affecté en contraste au bras non-affecté a été effectuée à l'aide du T-test apparié chez les variables ayant une distribution normale et à l'aide du test Wilcoxon n'ayant pas une distribution normale. La corrélation de Pearson a été utilisée pour déterminer l'association entre deux variables. Lorsque jugé nécessaire, l'effet de taille (ET) de Cohen a été calculé où 0,2 est un petit ET, 0,5 est un moyen ET et 0,8 est un grand ET (Cohen, 1988). La valeur de $p < 0.05$ a été retenue pour considérer deux variables significativement différentes. L'analyse statistique a été effectuée à l'aide du logiciel SPSS version 21 (version Windows 2005).

CHAPITRE IV RÉSULTATS

Le tableau 4-1 présente les valeurs de mesures effectuées par BIE (bioimpédance), le volume estimé à l'aide de circonférences, et l'ultrason (US) ainsi que la comparaison des bras affectés par lymphœdème comparé aux bras non affectés.

Tableau 4-2: Bioimpédance électrique

Volume du bras obtenu par la mesure circonférentielle à l'aide d'un ruban à mesurer, et la somme d'épaisseur cutané et sous cutané à l'aide de l'imagerie par ultrason chez des femmes (n=5) atteint d'un lymphœdème de stade I et II causée préalablement par un cancer du sein.

Variables	Bras affecté	Bras non-affecté	P	% Différence
BIE, ECF (ml)	875 (150)	743 (68)	0,002	15
BIE, TWB (ml)	1145 (245)	1012 (134)	0,008	12
Volume par circonférence (ml)	2260 (354)	2118 (299)	0,112	7
US3 (mm)	36 (7)	33 (10)	0,505	9
US-TB (mm)	26 (5)	26 (6)	0,962	0

Les valeurs sont des moyennes (écart type). BIE, bio impédance électrique ; ECF, fluide extracellulaire ; TBW, eau corporelle total; US3, ultrason 3 sites (somme triceps, axillaire et biceps); US-TB, ultrason 2 sites (somme triceps et biceps).

La mesure par BIE entre le bras affecté et le bras non-affecté est significative (p=0,002) et indique que le bras affecté contient un volume ECF (fluide extracellulaire) plus élevé que le bras non-affecté. La mesure pour le TBW (eau corporel total) était similaire où le bras affecté était significativement (p=0,008) plus volumineux que le bras non-affecté. Les autres mesures, volume par circonférence,

US3 et US-TB (voir légende Tableau 4-1) n'ont pas démontré de différences significatives entre le bras affecté et le bras non-affecté, toutefois la mesure par volume démontrait un effet de taille moyen pour indiquer une différence entre les deux bras (p=0,112 ; d de Cohen=0,48).

Le tableau 4-2 présente où pertinent les corrélations entre les différentes variables. Très peu de corrélations significatives entre deux variables pertinentes furent observées, néanmoins, des corrélations significatives apparaissent entre (voir légende du Tableau 4-2) ECF_NAff et Vol_NAff (r=0,65, p=0,042), US3_Aff et Vol_Aff (r=0,86, p=0,002), US-TB_Aff et Vol_Aff (r=0,94, p=0,001), US-TB_NAff et Vol_NAff (r=0,64, p=0,048), Tri_Aff et Vol_Aff (r=0,82, p=0,004), Bic_Aff et Vol_Aff (r=0,80, p=0,005), et Bic_Naff et Vol_Naff (r=0,68, p=0,030).

Tableau 4-3: Corrélations de Pearson entre les variables mesurées chez le bras affecté (Aff) et le bras non-affecté (NAff).

	ECF_Aff	ECF_NAff	TBW_Aff	TBW_NAff	US3_Aff	US3_NAff	US_TB_Aff	US_TB_NAFF	Tri_Aff	Axi_Aff	Bic_Aff	Tri_NAff	Axi_NAff	Bic_NAff	Vol_Aff	Vol_NAff
ECF_Aff	1	N/A	0,20 (p=,573)	N/A	0.61 (p=,62)	N/A	0.19 (p=.592)	N/A	0,11 (p=.759)	0.16 (p=,091	0.25 (p=.480)	N/A	N/A	N/A	0,34 (p=,341)	N/A
ECF_NAff		1	N/A	N/A	N/A	0.50 (p=.138)	N/A	0.32 (p=.376)	N/A	N/A	N/A	0.13 (p=.721)	0.58 (p=.080)	0.56 (p=.091)	N/A	**0,65 (p=,042)**
TBW_Aff			1	N/A	0.58 (p=.078)	N/A	0.07 (p=.845)	N/A	-0,40 (p=.914)	0.55 (p=.101)	0.22 (p=.148)	N/A	N/A	N/A	0,20 (p=.573)	N/A
TBW_NAff				1	N/A	0.30 (p=.402)	N/A	0.19 (p=,600)	N/A	N/A	N/A	0.05 (p=,883	0.59 (p=,073)	0.39 (p=,263)	N/A	0.57 (p=,084)
US3_Aff					1	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	**0,86 (p=,002)**	
US3_NAff						1	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	-0,04 (p=.923)
US_TB_Aff							1	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	**0,94 (p=,001)**	N/A
US_TB_NAFF								1	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	**0,64 (p=,048**
Tri_Aff									1	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	**0,82 (p=,004)**	N/A
Axi_Aff										1	N/A	N/A	N/A	N/A	0,23 (p=.519)	N/A
Bic_Aff											1	N/A	N/A	N/A	**0,80 (p=,005)**	N/A
Tri_NAff												1	N/A	N/A	N/A	0,47 (p=,174)
Axi_NAff													1	N/A	N/A	0,04 (p=.904)
Bic_NAff														1	N/A	**0,68 (p=,030)**
Vol_Aff															1	N/A
Vol_NAff																1

Les chiffres en caractères gras indiquent une corrélation significative entre deux variables. ECF, fluide extracellulaire ; TBW, eau corporelle total ; US3, ultrason 3 sites (somme triceps, axillaire et biceps); US-TB, ultrason 2 sites (somme triceps et biceps); Tri, triceps; Axi, axillaire; Bic, biceps; Vol, volume par circonférence; N/A, non-applicable.

Les figures 4-1 et 4-2 représentent respectivement les régressions linéaires et la différence entre les deux mesures de volume (Bland & Altman) afin de comparer la validité de la méthode des circonférences par rapport à la méthode de référence BIE.

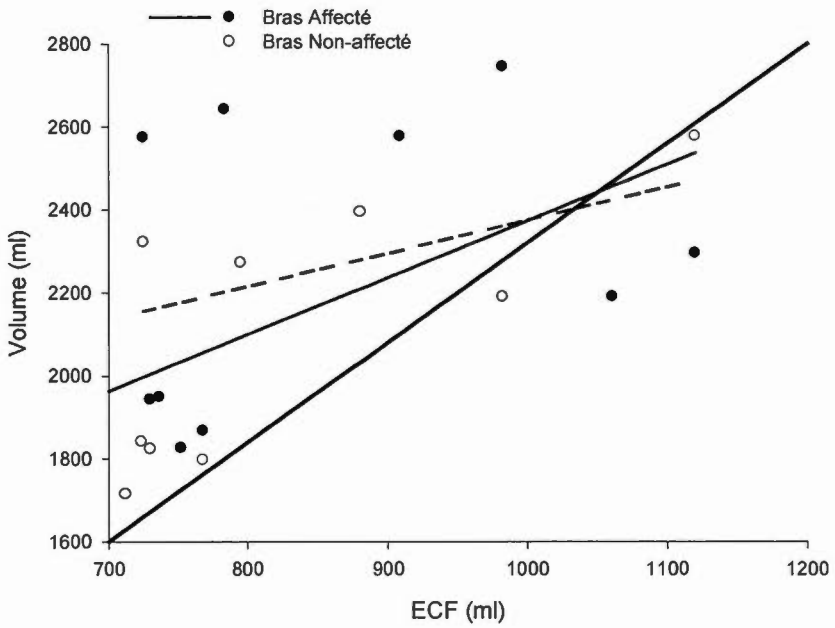


Figure 4-1. Régression linéaire du volume estimé par l'équation des circonférences en fonction du volume ECF (fluide extracellulaire) mesuré par la bio-impédance (BIE). La ligne pleine épaisse représente la ligne d'identité. Équation de régression du bras affecté est : $y=0.34x + 1080$, $r^2=0.11$ ($p=0,34$); et équation de régression du bras non affecté est : $y=1.37x + 1007$, $r^2=0.41$ ($p=0,04$).

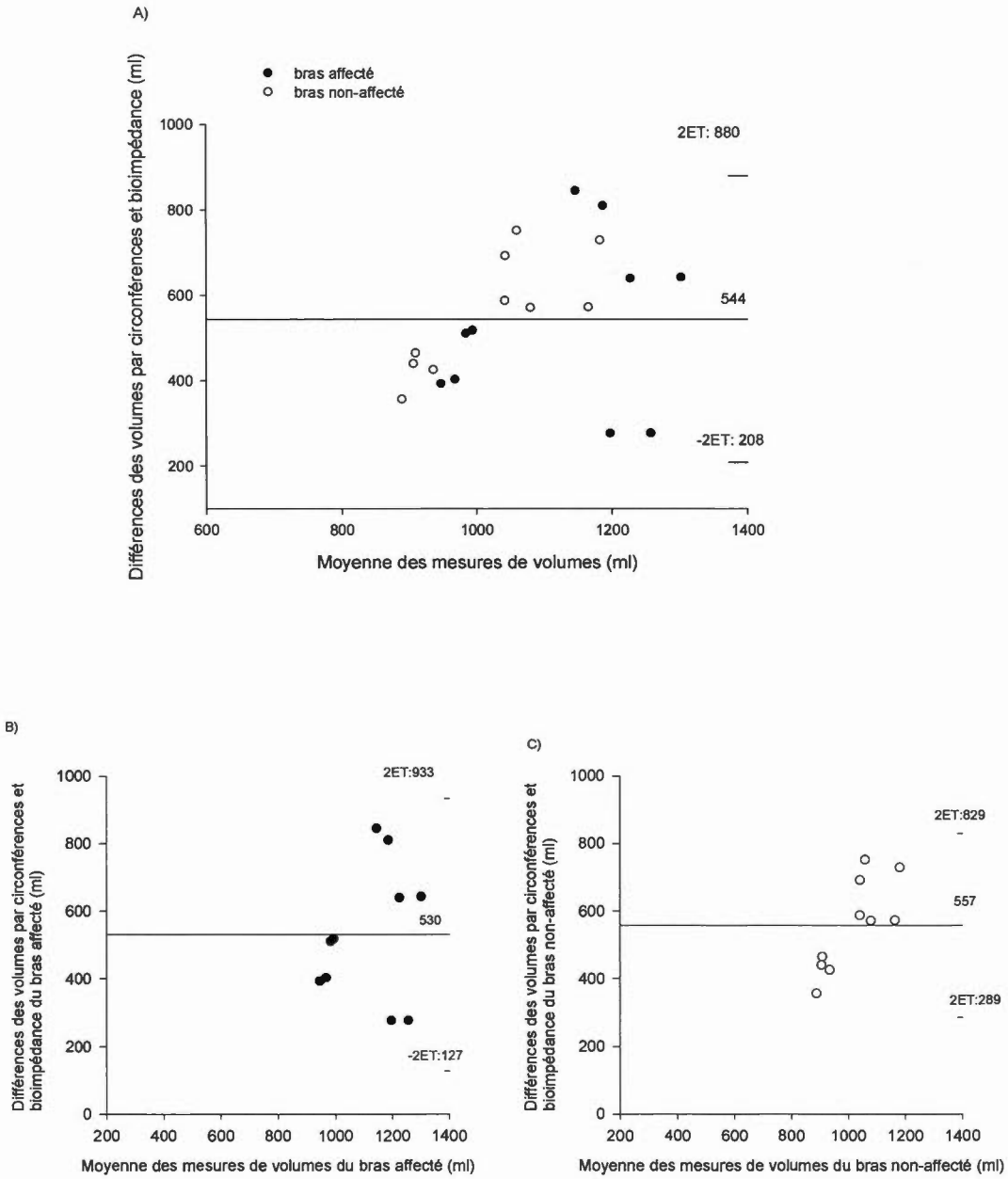


Figure 4-2. Graphique Bland et Altman des deux méthodes de mesure du volume du bras pour le bras affecté et non affecté. A) bras affecté et non affectée B) Bras affecté et C) bras non affecté

La figure 4-3 présente les régressions linéaires de mesure de volume des bras en fonction de la méthode de référence BIE et de chacun des trois sites de plis cutanés mesurés à l'aide d'imagerie par ultrason aux zones affectées par le lymphœdème aux sites biceps, triceps et mi- axillaire.

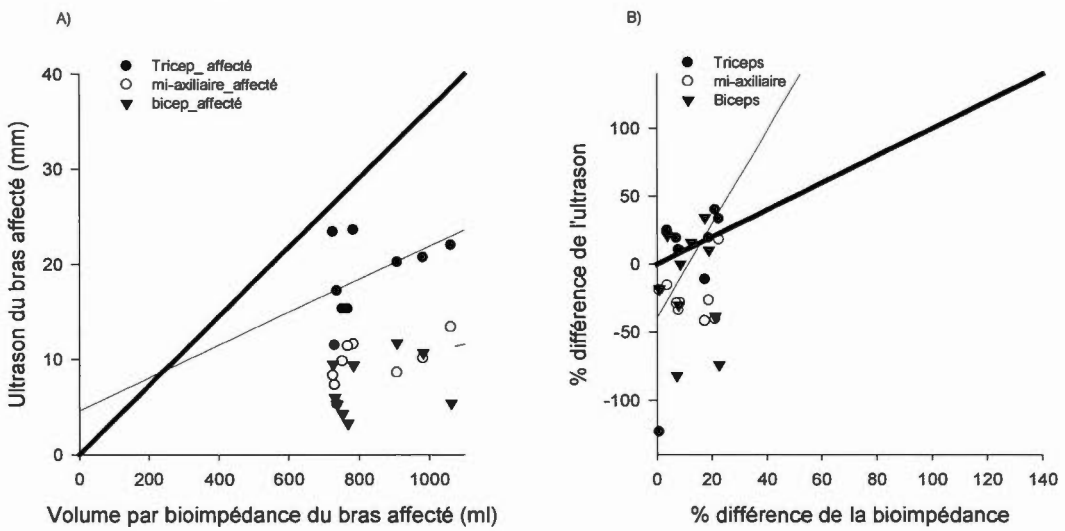


Figure 4-3: Régression linéaire de l'ultrason du biceps, triceps et mi- axillaire en fonction de la bio-impédance. A) Ultrason du bras affecté en fonction du volume du bras affecté mesuré par la bio-impédance B) % différence bras affecté-non affecté ultrason en fonction de la bio-impédance. La ligne pleine grasse représente la ligne d'identité. Les équations de régression sont les suivantes: A) pour le triceps: $y=0.02x + 4.60$, $r^2=0.34$, pour le mi-axillaire: $y=8.19x+2.61$, $r^2=0.28$, pour le biceps: $y=4.73x+3.26$, $r^2=0.06$; et B) pour le triceps: $y=3.44x - 39.81$, $r^2= 0.32$, pour le mi-axillaire: $y=0.28x - 25.10$, $r^2=0.01$, pour le biceps: $y=-0.61x - 8.71$, $r^2=0.01$.

La figure 4-4 présente pour le bras affecté la somme des plis (US3) pris à l'aide de l'ultrason en fonction du volume mesuré à l'aide de la BIE afin de présenter graphiquement la relation des mesures ultrasons et les mesures avec BIE (voir légende Tableau 4-1).

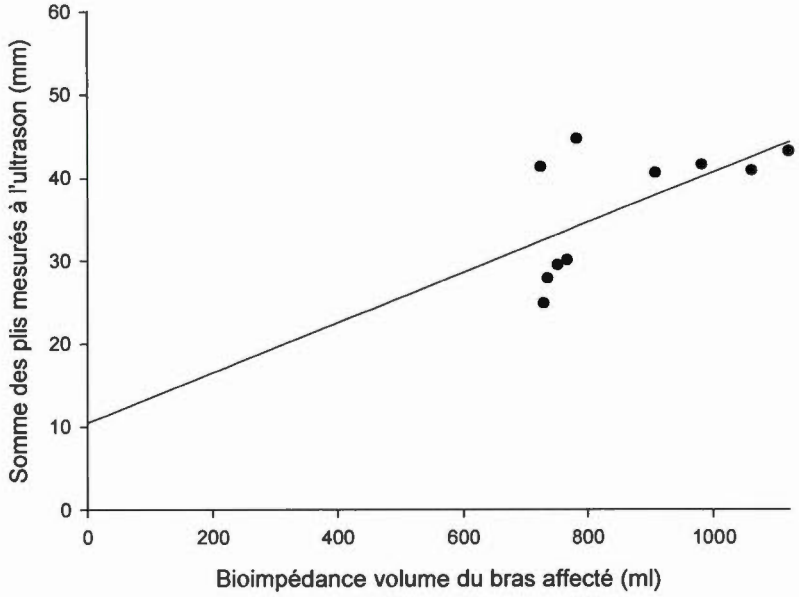


Figure 4-4. Régression linéaire (r=0,86) de la somme des plis cutanés (US3) par ultrason en fonction du volume du bras affecté mesuré par bio-impédance. L'équation de la régression est : y=0.03x+10.47, r^2=0.37

CHAPITRE V DISCUSSION

5.1 Discussion

Dans la présente étude, le BIE était la mesure étalon comme discuté dans l'introduction, afin de quantifier le volume du bras affecté, et reste pour le moment la valeur la plus précise afin de mesurer le volume de lymphœdème. Les prochains paragraphes discuteront davantage la validité, ainsi que les avantages et les désavantages des trois méthodes présentées dans les résultats pour détecter les différences dans le volume du bras affecté avec le lymphœdème.

5.1.1 Volume par les circonférences

La méthode la plus simple des 3 méthodes comparé dans ce mémoire et la moins coûteuse pour estimer le volume est la méthode de prendre plusieurs mesures de circonférences (à des distances contrôlées). Cette technique de périmétrie centimétrique assimile le membre à une succession de cônes. On a traité chaque segment du bras affecté par paire de circonférences comme un cône tronquant et on a inclus la circonférence au milieu de la main jusqu'à l'axillaire (épaule). Le volume du membre est la somme du volume de chaque cône et le volume de cône a été obtenu à l'aide de la formule suivante : $V = 1\ (C_1^2 + C_1^2 - C_2 + C_2^2)/\pi \times 12$, où C est la circonférence. (Auvert *et a,l* 2002). (Newman *et al.* 2013)

De plus cette méthode est la plus commune pour quantifier le lymphœdème dans le bras indirectement ainsi que la BIE (Tassenoy *et al,*. 2016). Il a été possible

d'observer une différence significative entre le bras affecté et non affecté avec la BIE alors que les circonférences ne semblent pas avoir la sensibilité assez élevée pour détecter une différence significative pour le lymphœdème de stade I et II. De plus, lorsque les deux mesures ont été comparées, une constante différence significative a été observée entre les deux méthodes pour le volume du bras affecté et non affecté. Les données corroborent l'étude de Newman et coll (2013), où une grande différence du volume du bras entre la BIE et l'équation des circonférences est observée, où les auteurs considèrent l'équation des circonférences comme une évaluation d'une utilité limitée et étant la moins précise des mesures en comparaison à la BIE et le DXA. Cette dernière corrobore nos données sur la régression linéaire où la corrélation est faible. D'ailleurs, d'après Auvert et coll (2002), cette méthode a l'avantage de pouvoir être utilisé dans la consultation quotidienne, elle est très reproductible avec un coefficient intraclasse de corrélation de 0.99 pour une mesure tous les 10 cm et a le désavantage de donner un volume approximatif puisque l'extrémité du membre est exclue de la mesure ce qui corrobore nos données sur le manque de validité. Il est d'ailleurs possible d'observer une différence significative entre le bras affecté et non affecté à l'aide de la BIE ($p=0.002$), mais l'équation ne semble pas assez sensible pour noter cette différence ($p=0.112$). Toutefois, il est possible que cela soit dû à notre échantillon restreint étant donné que l'étude de Newman et coll 2013 ont observé une différence significative ($p<0.0001$) à l'aide de cette formule entre le bras affecté et non affecté. Toutefois, il est possible d'observer pour le bras non affecté, un r^2 supérieur ($r=0.34$) à celui du bras affecté ($r=0.65$). De plus, l'analyse Bland et Altman et les régressions linéaires permettent d'observer un niveau d'agrément constant afin d'apporter une correction à la formule afin de permettre une meilleure validité. Il serait donc recommandé de pousser l'analyse avec un plus grand échantillon afin d'apporter des corrections à l'équation qui permettrait de corriger l'erreur de mesure prise par les circonférences. Parmi celles-ci, le niveau d'agrément de Bland et Altman indique une surévaluation de la formule de circonférence d'environ 557 ml pour le bras affecté et 530 pour le bras non affecté. De plus, l'équation de circonférences du

bras non affecté semble évoluer parallèlement (pente=1.37) en fonction du BIE, où la correction est sensiblement due à la surestimation déjà présentée. Toutefois, le bras affecté semble avoir besoin d'une correction plus importante due à la plus grande déviation du niveau d'agrément et la pente faible (0.78). Ceci pourrait possiblement être causé par l'épaisseur du derme et de la composition du gras sous-cutané augmentant avec lymphœdème, mais où aucun consensus n'est présent dans la littérature (Mellor et coll 2004). C'est pourquoi des analyses devront être faites afin de comparer les mesures de la morphologie du gras affecté par le cancer et qui peuvent influencer les volumes et possiblement permettre d'évaluer les stades de lymphœdème.

5.1.2 Ultrason

Selon l'article de Tassenoy *et al*, (2006) ces informations sur l'épaisseur du derme et sous-cutanée reliées au stage de lymphœdème permettraient une meilleure évaluation du fluide dispersé dans la matrice interstitielle et par le fait même une meilleure connaissance des mécanismes lors de différents traitements. C'est pour cette raison que certains chercheurs se sont intéressés à la technologie de l'ultrason (Tassenoy *et al*, 2006). Le but d'utiliser les sites de plis cutanés pour prendre des mesures d'ultrason afin d'observer s'il existe une relation avec le volume par BIE vient de la facilité à prendre ces sites standardisés et d'analyser la mesure. Au lieu de passer plusieurs heures à analyser des images, l'ultrason ressort un chiffre en quelques secondes. Toutefois, selon Tassenoy *et al*, (2006) la fréquence de l'ultrason peu influencer la résolution et donc la précision de la mesure. De plus, aucune étude à notre connaissance, ne rapporte les sites et les procédures qui devraient être effectués afin d'évaluer le stade de lymphœdème à l'aide d'ultrason. Dans le cadre de l'étude actuelle, le but était de faire une première étude pilote sur les potentiels sites et procédures qui pourraient permettre d'arriver à une formule corrélée à la BIE afin

d'évaluer le lymphœdème et donc offrir une méthode rapide et moins couteuse que la BIE. Toutefois, la corrélation entre le ECF (BIE) et les plis mesurés reste faible où le site mi- axillaire ne semble pas être une mesure fiable (r=0.23), mais où la mesure du biceps et du triceps ont une validité supérieur (r=0.80 et r^2=0.82, respectivement). Toutefois, les sites biceps et triceps ne semblent pas assez sensible pour déceler une différence significative entre le bras affecté et celui non affecté, contrairement à la mesure par la BIE qui présente une différence significative. De plus, lorsque les plis sont additionnés ensemble, la corrélation avec le BIE augmente (r^2=0.37, résultats non-présentés). Toutefois, la formule est loin d'être complète afin d'être valide. La limite des sites choisis est l'absence de mesures au niveau de l'avant-bras et où lymphœdème peut devenir important. Il serait important pour la prochaine étape en recherche sur ce sujet serait de prendre plusieurs mesures standardisées à différents points du membre supérieur avec un échantillon élevé afin de déterminer un protocole et une formule pouvant être validé avec la BIE, mais idéalement également à l'aide du DXA, où la précision pourrait être améliorée (Newman *et al*, 2016).

5.1.3 Limites et recommandations

Ce changement a permis d'aller plus loin dans notre analyse de la validation des mesures. Toutefois, une étude à plus grande échelle, composé d'un échantillon avec un plus grand nombre de participantes et des protocoles comprenant plus de sites de plis cutanés, devrait être planifiée afin d'améliorer la formule à l'aide des circonférences et de celle à l'aide de l'ultrason (sites de plis cutanés). Ces méthodes améliorées seraient un grand pas pour les évaluations cliniques à plus faible coût tout en permettant une meilleure validité. De plus, ces méthodes permettraient plus facilement de suivre les changements dans la composition et la progression des volumes, pouvant permettre de mieux comprendre les mécanismes et possibles traitements de lymphœdème suite au cancer du sein.

CONCLUSION

Pour conclure, afin d'obtenir une mesure précise du volume ECF du bras touché par un lymphœdème de stade I et II, celle-ci devrait être effectuée à l'aide de la bio impédance électrique (BIE) tant qu'une formule de correction ne sera pas établie pour la méthode utilisant les circonférences et/ou qu'une équation soit établie avec le protocole d'ultrason. Néanmoins, la méthode par circonférence permet un suivi, mais ne permet pas une mesure précise du volume ECF. C'est pourquoi une étude de plus grande envergure est essentielle afin d'améliorer l'accessibilité et la recherche des mécanismes sous-jacents pour l'évaluation de lymphœdème.

RÉFÉRENCES

Auvert, J.F. Vayssairait M. (2002). La volumétrie : un examen complémentaire indispensable en lymphologie. *La Revue de Médecine interne, 23 p. 388s-390s*

Borkan, Gary A. (1982). Comparison of Ultrasound and Skinfold Measurements in Assessment of Subcutaneous and Total Fatness. *American Journal of Physical Anthropology.*

Bouthat, Chantal. (1993). *Guide de Présentation des mémoires et thèses.* Montréal : Université du Québec à Montréal.

Brodie, David Body. (1997). *Composition Measurement: A review of hydrodensitometry, Anthropometry, and Impedance Methods*. Nutrition. 14 (3). p. 293-310.

Cohen, J. (1988) *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences.* (2e édition). USA p.184.

Cormier, Janice. Askew, Robert. (2010). Lymphedema Beyond Breast Cancer. A Systemtic Review and Meta-Analysis of Cancer Related Secondary Lymphedema. *Cancer*. P.5138-5149.

Cornish, B.H. (1996) bioelectrical impedance for monitoring the efficacy of lymphoedema treatment programmes. *Breast Cancer Research and Treatment, 38,* p.169-176. Australia.

Currat, Damien. Pichonnaz, Claude. Bassin, Jean Philippe. Jolles, Brigitte M. (2009). Mesure de l'œdème par bioimpédance : de nouvelles perspectives pour l'évaluation et la prise en charge. *Kinésithérapie scientifique*, (504), p. 56-60.

Czerniec, S. A. Ward, L. C. Lee, M. J. Refshauge, K. M. Beith, J. Kilbreath, S. L. (2011). Segmental measurement of breast cancer-related arm lymphoedema using perometry and bioimpedance spectroscopy. *Supportive Care in Cancer*, *19*(5), p. 703-710.

Jacobs, D.O. (1996). Use of bioelectrical impedance analysis measurements in the clinical management of critical illness. *The American journal of clinical nutrition, 64*(3), p. 498S-502S

De Lorenzo, A. (1997). Predicting body cell mass with bioimpedance by using theoretical methods: a technological review. *Journal of Applied Physiology: Respiratory, Environmental and Exercise Physiology*, *82*, p.1542-1558.

Di Sebastiano, Katie. Mourtzakis, Marina. (2012). A critical evaluation of body composition modalities used to assess adipose and skeletal muscle tissue in cancer. *Appl Physiol.Nutr.Metab., 37,* p. 811-821

Green, Samuel. Salkind, Neil J. (2005). Using SPSS for windows and Macintosh. Analyzing and Understanding Data. (4e édition). New Jersey: Pearson Prentice Hall.

Gurney, J. Michael. Jeliffe, Derrick B. (1973). Arm anthropometry in nutritional assessment: nomogram for rapid calculation of muscle circumference and cross-sectional muscle and fat areas. *The American Journal of Clinical Nutrition, p.* 912-915.

Hansen, S. Cold, S. Petersen, PH. Rose, C. (1997). Estimates of the sources of variation (variance components) of bioelectric impedance and anthropometric measurements in an epidemiological case-control study of breast cancer. Eur J Clin Nutr, *51*(11), p. 764-70.

Heng, Yaw *et al.* (2011). *Weight changes and lifestyle behaviors in women after breast cancer diagnosis: a cross-sectional study.* Malaysia: BMC Public Health.

Heyward, Vivian H. Wagner, Dale R. (2004). *Applied body composition Assessment.* (2e édition). USA: Human Kinetics.

Hoffer, E.C. Meador, CK. Simpson, D.C. (1969) Correlaction of whole-body impedance with total body water volume. *J. Appl. Physiol, 27,* p. 531-534.

Hu Yh. Nagata, C. Shimizu, H. Kaneda, N. Kashiki, Y. *Association of body mass index, physical activity, and reproductive histories with breast cancer: a case-control study in Gifu, Japan. Breast cancer research and treatment*, *43*(1), 65-72.

ISAK. (2001). *International Standards for Anthropometric Assessment.* International Society for the Advancement of Kinanthropometry. Undersale, S.A. Australia

Jackson, A. S., & Pollock, M. L. (1985). Practical assessment of body composition. *The Physician and Sportsmedicine*, *13*(5), 76-90.

Johansson, K. Tibe, K. Weibull, A. Newton, RC. (2005). Low intensity resistance exercise for breast cancer patients with arm lymphedema with or without compression sleeve. *Lymphology,* 38 (4), p.167-180

Kyle, Ursula *et al.* (2004) bioelectrical impedance analysis part I: review of principles and methods Composition of the ESPEN Working Group. *Clinical Nutrition, 23* (1), p. 226–1243

Lippman, M.E. Kasper, D.L. Fauci, A.S. Longo, DL. Braunwald, E. Hauser, S.L. Jamerson, J.L. Harrisson, S. (2005). *Principles of internal medicine.* (16e édition). Whitby: McGraw-Hill. p. 572-78.

Lloret-Linares, Celia. Oppert, Jean-Michel. (2009). La mesure de la composition corporelle : nouveaux aspects. *Sang Thrombose Vaisseaux. 21* (5-6), p. 232-239

Lymphoedema Framework. (2006). *Best Practice for the Management of Lymphoedema. International consensus.* London: MEP Ltd.

Maffuletti, Nicola A. (2010). Physiological and methodological considerations for the use of neuromuscular electrical stimulation. *Eur J App. Physiol, 110*, p. 223-224

Maton, Frederic. (2008). Méthode de mesure des plis cutanés chez le sportif. *Médicine du sport.* Récupéré à http://www.irbms.com/rubriques/Medecine-sport/methode-mesureplis-cutanes-sportif.php

Marieb, Elaine. (2005). *Anatomie et physiologie humaines.* (3e édition). Montréal : Éditions du renouveau pédagogique, Inc.

Martins, Karine. (2011). Comparison of methods to evaluate total body fat and its distribution. *Rev Bras Epidemiol*; *14* (4), p. 677-87.

McArdle, William D. Katch, Frank. Katch, Victor. (2007). *Exercise Physiology, Energy, Nutrition & Human Performance.* (6e édition). New York: Lippincott Williams & Wilkins.

McNeely, Margaret L. Campbell, Kristin L. Rowe, Brian H. Klassen, Terry P. Mackey, John R., Courneya, Kerry S. (2006). Effects of exercise on breast cancer patients and survivors: a systematic review and meta-analysis. *Canadian Medical Association Journal,* 175 (1). p.34-41

Mellor, RH, Bush NL, Stanton AW, Bamber JC, Levick JR et Mortimer PS (2004) Dual-frequency ultrasound examination of skin and subcutis thickness in brest cancer-related lymphedema. *Breast J,* 10:496-503

Moreno, Marie-Valerie. (2007). *Étude de la composition corporelle par impédancemétrie sur des adultes et des enfants sains et pathologiques*. 2007. Thèse de doctorat. Université de Technologie de Compiègne.

Yanovski, S.Z. Hubbard, V.S. Heymsfield, S.B, Lukaski, H.C. (1996). Bioelectrical impedance analysis in body composition measurement: National institutes of health technology assessment conference statement. *The American Journal of Clinical Nutrition, 64* (3), p. 524S-532S.

Newman, Anne L. (2013). Determining the precision of Dual energy X-Ray Absorptiometry and Biolectric Impedance Spectroscopy in the assessment of breast cancer-related lymphoedema. *Lymphatic research and biology, 11*, (2).

Pineau, J.C. Bocquet, M. Crescenzo, E. (2004) Technique ultrasonore appliquée à la mesure de la composition corporelle. *Antropo, 8*, p. 73-81. www.didac.ehu.es/ant.

Provyn, S. Wallacea, J. Scafoglieria, A. Sesboüé, B., Marfell-Jonese, M. Bautsman, I. Clarys, J.P. (2010) Adipose Tissue prediction equations in women - quality control . « Formules de prédiction de l'adiposité chez la femme Contrôle de qualité ». *Science & Sports*, *25*, (6), p. 291-303.

Ronco, Alvaro. (2008). Somatotype and risk breast cancer: a case control study in Uruguay. *Rev.as Epidemiol.* 11. p. 215-227.

Ross, William D. Kerr, Deborah A. (2004) *Fraccionamiento de la masa corporal: un nuevo método para utilizar en nutrición, clínica y medicina deportiva.* PubliCE Standard.

Ross, W.D., Carr, R.V. Carter, J.E.L. (1999) Anthropometry Illustrated (CD-Rom). Surrey: Turnpike Electronic Publications, Inc.

Sanchez, Luisa Maria. Allourdes, Flores. Llerenas, Angelica. Romieu, Isabelle. Lazcano, Eduardo. Miranda, Hernando. Mainero, Fernando. Torres, Gabriela. (2011) *Healthy Lifestyle on the risk of Breast Cancer.* Mexico : Cancer Epidemiol Biomarkers.

Shaw, Clare. Morimer, Peter. Judd, Patricia. (2007). *A randomized controlled trial of weight reduction as a treatment for breast cancer-related lymphedema.* American Cancer Society.

Ulijaszek, S.J. et Mascie-Taylor, C.G.N. (1994). Taylor Anthropometry: The individual and the population. Éd.S.J. Ulijaszek and C.G.N. Mascie-Taylor. Cambridge : Great Britain University Press.

Varlet-Marie, E. Grubka, M., Karafiat, C. Fédou, E. Faynaud de Mauverger, J.F . (2009) *Comparaison de plusieurs formules de calcul de la masse maigre par bio-impédancemétrie avec l'absorptiométrie biphotonique* (Dexa). Sciences et sports. 24 (3). p.202-206

Wang, J. Thornton, J.C . Kolesnik, S. Pearson, R.N. (2000). *Anthropometry in Body Composition An Overview.* Body Composition Unit, St. Luke's/Roosevelt Hospital, Columbia University, New York. USA.

Ward, L.C. (1992). Multi-frequency bioelectrical impedance augments the diagnosis and management of lymphoedema in post-mastectomy patients. *European Journal of clinical investigation, 22*, p.751-754.

Watson, I.D. Watson, R.D. (1980). Total body water volumes for adult males and females estimated from simple anthropometric measurements. *American Journal of Clinical Nutrition, 33*, p. 27- 39.

Wilmore, Jack. Costill, David. Kenney, W. Larry. (2009). *Physiologie du sport et de l'exercice*. (Traduction de la 4e édition.) Delamarche, Arlette. Groussard, Paul. Zouhal, Hassane. Louvain-la-Neuve, Belgique : De Boeck Supérieur.

Yuhasz, Michael. (1974). *Physical fitness manual.* London : University of Western Ontario.

Di Sebastiano, K.M. et Mourtzakis, M. (2012). A critical evaluation of body composition modalities used to assess adipose and skeletal muscle tissue in cancer. [Comparative Study Review]. *Appl Physiol Nutr Metab, 37*(5), 811-821. doi: 10.1139/h2012-079 Récupéré de http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22735036

Kyle, U.G., Bosaeus, I., De Lorenzo, A.D., Deurenberg, P., Elia, M., Gomez, J.M., Heitmann, B.L., Kent-Smith, L., Melchior, J.C., Pirlich, M., Scharfetter, H., Schols, A.M. et Pichard, C. (2004). Bioelectrical impedance analysis--part I: review of principles and methods. [Research Support, Non-U.S. Gov't

Review]. *Clin Nutr, 23*(5), 1226-1243. doi: 10.1016/j.clnu.2004.06.004 Récupéré de http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15380917

Provyn, S., Wallace, J., Scafoglieri, A., Sesboüé, B., Marfell-Jones, M., Bautmans, I. et Clarys, J.P. (2010). Formules de prédiction de l'adiposité chez la femme – contrôle de qualité. *Science & Sports, 25*(6), 291-303. doi: 10.1016/j.scispo.2010.03.004