

2016

Développement préliminaire d'une règle de prédiction clinique pour dépister les patients ayant une lombalgie non aiguë répondant favorablement à un programme d'exercice de stabilisation lombaire

Christian Larivière

IRSST, christian.lariviere@irsst.qc.ca

Marie-France Coutu

Université de Sherbrooke

Sharon M. Henry

University of Vermont

Richard Preuss

McGill University

Dany Gagnon

Université de Montréal

Suivez ce contenu et d'autres travaux à l'adresse suivante: <https://pharesst.irsst.qc.ca/rapports-scientifique>
See next page for additional authors

Citation recommandée

Larivière, C., Coutu, M.-F., Henry, S. M., Preuss, R., Gagnon, D. H., Dumas, J.-P. et Sullivan, M. J. L. (2016). *Développement préliminaire d'une règle de prédiction clinique pour dépister les patients ayant une lombalgie non aiguë répondant favorablement à un programme d'exercice de stabilisation lombaire* (Rapport n° R-935). IRSST.

Ce document vous est proposé en libre accès et gratuitement par PhareSST. Il a été accepté pour inclusion dans Rapports de recherche scientifique par un administrateur autorisé de PhareSST. Pour plus d'informations, veuillez contacter pharesst@irsst.qc.ca.

Auteurs

Christian Larivière, Marie-France Coutu, Sharon M. Henry, Richard Preuss, Dany Gagnon, Jean-Pierre Dumas, and Michael J. L. Sullivan

É

Réadaptation au travail

Études et recherches

RAPPORT R-935



**Développement préliminaire d'une règle
de prédiction clinique pour dépister les patients
ayant une lombalgie non aiguë répondant favorablement
à un programme d'exercice de stabilisation lombaire**

*Christian Larivière
Marie-France Coutu
Sharon M. Henry
Richard Preuss
Dany Gagnon
Jean-Pierre Dumas
Michael JL Sullivan*



Solidement implanté au Québec depuis 1980, l'Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST) est un organisme de recherche scientifique reconnu internationalement pour la qualité de ses travaux.

NOS RECHERCHES

travaillent pour vous !

Mission

Contribuer, par la recherche, à la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles ainsi qu'à la réadaptation des travailleurs qui en sont victimes;

Assurer la diffusion des connaissances et jouer un rôle de référence scientifique et d'expertise;

Offrir les services de laboratoires et l'expertise nécessaires à l'action du réseau public de prévention en santé et en sécurité du travail.

Doté d'un conseil d'administration paritaire où siègent en nombre égal des représentants des employeurs et des travailleurs, l'IRSST est financé par la Commission des normes, de l'équité, de la santé et de la sécurité du travail.

Pour en savoir plus

Visitez notre site Web ! Vous y trouverez une information complète et à jour.
De plus, toutes les publications éditées par l'IRSST peuvent être téléchargées gratuitement.
www.irsst.qc.ca

Pour connaître l'actualité de la recherche menée ou financée par l'IRSST, abonnez-vous gratuitement au magazine *Prévention au travail*, publié conjointement par l'Institut et la CNESST.
Abonnement : preventionautravail.com

Dépôt légal

Bibliothèque et Archives nationales du Québec
2015
ISBN : 978-2-89631-892-6 (PDF)
ISSN : 0820-8395

IRSST - Direction des communications
et de la valorisation de la recherche
505, boul. De Maisonneuve Ouest
Montréal (Québec)
H3A 3C2
Téléphone : 514 288-1551
publications@irsst.qc.ca
www.irsst.qc.ca
© Institut de recherche Robert-Sauvé
en santé et en sécurité du travail,
Août 2015



Réadaptation au travail

Études et recherches

RAPPORT R-935

Développement préliminaire d'une règle de prédiction clinique pour dépister les patients ayant une lombalgie non aiguë répondant favorablement à un programme d'exercice de stabilisation lombaire

Avis de non-responsabilité

L'IRSST ne donne aucune garantie relative à l'exactitude, la fiabilité ou le caractère exhaustif de l'information contenue dans ce document. En aucun cas l'IRSST ne saurait être tenu responsable pour tout dommage corporel, moral ou matériel résultant de l'utilisation de cette information.

Notez que les contenus des documents sont protégés par les législations canadiennes applicables en matière de propriété intellectuelle.

*Christian Larivière¹, Marie-France Coutu², Sharon M. Henry³,
Richard Preuss⁴, Dany Gagnon⁵, Jean-Pierre Dumas²,
Michael JL Sullivan⁴*

¹IRSST

²Université de Sherbrooke

³Université du Vermont, Burlington

⁴Université McGill

⁵Université de Montréal

Avec la collaboration de :

*Judith L'Heureux
Université de Sherbrooke*

Cliquez recherche
www.irsst.qc.ca



Cette publication est disponible
en version PDF
sur le site Web de l'IRSST.

ÉVALUATION PAR DES PAIRS

Conformément aux politiques de l'IRSST, les résultats des travaux de recherche publiés dans ce document ont fait l'objet d'une évaluation par des pairs.

REMERCIEMENTS

Nous désirons remercier le Centre de recherche interdisciplinaire en réadaptation du Montréal métropolitain (CRIR – Site Institut de réadaptation Gingras-Lindsay-de-Montréal ([IRGLM]) pour son soutien en matière d'infrastructure de recherche.

Ce projet n'aurait pas vu jour sans la participation de quatre cliniques privées **PhysioExtra** de la région de Montréal : (1) Montréal-Fleury (2171, rue Fleury Est, Montréal), (2) Laval (3, boulevard Samson Sainte-Dorothée, Laval), (3) Gym du Plateau Mont-Royal (1688, avenue Mont-Royal, Montréal) et (4) Regina-Assumpta (1750, rue Sauriol Est, Montréal). Nous exprimons notre gratitude à l'endroit des personnes qui nous ont ouvert les portes de ces cliniques, soit **Mathieu Ruel, Mathieu Tanguay et Martine Dion**, de même que les sept physiothérapeutes qui ont été formés pour prodiguer les soins aux patients (**Dominique Cormier, Richard Roy, Mathieu Tanguay, Marie-Christine Trahan, Adeline Valois, Mickael Vachon, Maximilian Zucchi**). La contribution du personnel de PhysioExtra à l'avancement de la science est tout à leur honneur.

Des remerciements tout particuliers s'adressent à l'équipe d'assistants de recherche pour la qualité de leur travail, soit **Sophie Bellefeuille** au recrutement et la coordination du projet, **Nicolas Roy** à l'évaluation clinique des patients, ainsi qu'à **Cynthia Appleby** et **Marilee Nugent** à la cueillette des données au Laboratoire d'évaluation des fonctions neuromusculaires du tronc de l'IRGLM. Leur rigueur a permis non seulement une perte minimale, voire négligeable de mesures, mais aussi d'assurer une très bonne qualité de ces mesures.

Nous voulons aussi remercier **Hakim Mecheri de l'Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST)** pour l'analyse des très nombreux signaux recueillis lors des séances en laboratoire, cela à plusieurs reprises pour satisfaire les nombreuses demandes des chercheurs et étudiants gradués engagés dans ce projet.

Finalement, nous voudrions souligner le soutien technique qui a été offert par **Daniel Marineau** et **Michel Goyette**, ainsi que le suivi administratif du projet qui a été assuré par **Aline Loiseau** et **Lucille Benoît**.

SOMMAIRE

Les exercices physiques permettent de réduire la douleur et les incapacités chez les gens souffrant d'une lombalgie non aiguë (> 3-4 semaines), mais ces effets sont relativement limités. Pour rehausser l'efficacité de ce type d'intervention, nous devons déterminer pour quels patients chaque modalité d'exercice est la plus efficace (arrimage patient/intervention) et pour quelles raisons (mécanismes sous-jacents). Dans la présente recherche, nous nous intéressons aux exercices de stabilisation lombaire, une modalité active d'exercice gagnant en crédibilité et en popularité. Trois objectifs spécifiques ont été poursuivis : (1) initier le développement de règles de prédiction clinique (RPC) de succès et d'échec pour dépister, lors de l'examen clinique, les patients qui répondront bien ou pas du tout à ces exercices; (2) étudier les mécanismes (d'origines neuromusculaire et psychologique) mis en action par ces exercices à l'aide de mesures plus spécifiques permettant de décrire les effets du traitement; (3) évaluer la fidélité test-retest de moyenne durée (8 semaines) des mesures neuromusculaires chez des sujets sains.

Une cohorte totale de 130 patients lombalgiques n'étant plus en phase aiguë (4 semaines post-lésion) est nécessaire pour développer les RPC. Cependant, nous avons évalué 48 patients dans cette étude préliminaire, cela afin de pouvoir justifier, avec des résultats probants, la continuation du recrutement nécessaire (80 patients supplémentaires) pour la dérivation des RPC. Le programme d'exercice était réalisé sur 8 semaines (2 séances/semaine) dans des cliniques de physiothérapie, sans co-intervention. Les principales mesures de résultats [douleur; perceptions d'incapacité (échelle Oswestry)], de même que plusieurs mesures par questionnaire (mesures psychologiques [PSY] associées à la douleur et à l'adhésion au traitement), ont été recueillies au début (T0), aux semaines 4 (T4), 8 (T8 - fin) du programme d'exercice ainsi qu'à six mois post-traitement. Les autres mesures réalisables en milieu clinique et donc susceptibles d'être retenues pour le développement des RPC (**objectif 1**), soient les tests physiques (mesures de l'examen clinique en physiothérapie [PHT]) faits à l'aide d'un examen clinique, ont été réalisées à T0 et T8. Ces tests physiques comprenaient des tests d'instabilité articulaire (n = 4), de flexibilité (n = 6), de déficiences du contrôle moteur (n = 8), de performance physique (n = 4) et d'endurance musculaire (n = 3). Six tests en laboratoire ont aussi été réalisés à T0 et T8 pour étudier les mécanismes d'action d'origine neuromusculaire (mesures neuromusculaires [NRM]; pour l'**objectif 2**), chez un sous-échantillon de 32 patients. Ces six tests étaient les suivants : (1) épaisseur et activation des muscles profonds du tronc avec l'imagerie par ultrasons, (2) proprioception lombaire, (3) équilibre postural du tronc en position assise sur une chaise instable, (4) rigidité lombaire, (5) ajustements posturaux anticipatoires (APA), (6) coordination du tronc. Dans le but d'évaluer la fidélité test-retest (**objectif 3**), ces tests ont aussi été réalisés dans le même intervalle de temps (8 semaines) avec un échantillon de 30 sujets sains.

Analyses et résultats en lien avec l'objectif 1 (développement des RPC) : La dérivation préliminaire des RPC a donné des résultats assez probants, sur les plans statistique et théorique, pour proposer de compléter le recrutement des patients nécessaires pour obtenir des RPC plus robustes, avec des intervalles de confiance plus resserrés. La RPC de succès a retenu deux variables de l'examen physique, permettant d'atteindre une précision globale de 81 % et disposant des statistiques prédictives suivantes : sensibilité : 94 %; spécificité : 50 %; rapport de vraisemblance positif (LR+) : 1,9; rapport de vraisemblance négatif (LR-) : 0,13. Ces deux tests

consistent (1) à demander au patient, en position debout, de tenir une légère charge près du corps, à la hauteur des épaules, pour ensuite allonger les bras à l'horizontale vers l'avant jusqu'à la limite de la tolérance, pour en mesurer la distance et (2) à effectuer un test de provocation où le thérapeute produit une abduction et rotation latérale de la hanche, en décubitus dorsal. La RPC d'échec a été constituée de la courbure lombaire et du sexe, permettant aussi d'atteindre une précision globale de 81 % et disposant des statistiques prédictives suivantes : sensibilité : 50 %; spécificité : 93 %; LR+ : 7,8; LR- : 0,53. Les variables de nature psychologique ont été considérées dans une deuxième vague d'analyses, mais n'ont pu contribuer à l'élaboration d'une RPC de succès. Par contre, la dramatisation de la douleur a été ajoutée à la RPC d'échec, rehaussant sa précision globale à 88 % et disposant des statistiques prédictives suivantes : sensibilité : 83 %; spécificité : 90 %; LR+ : 8,6; LR- : 0,18. La RPC de succès offrait une excellente sensibilité (94 %) et les deux RPC d'échec une excellente spécificité ($\geq 90\%$), ce qui représente une combinaison souhaitable pour ce type d'intervention. Les prédicteurs retenus pour les deux RPC (succès et échec), bien que différents des prédicteurs établis dans une étude préliminaire antérieure menée par un autre groupe (Hicks *et al.*, 2005), semblent en accord avec la théorie sous-jacente à ce programme d'exercice. Par contre, les intervalles de confiance associés aux statistiques des RPC étaient très larges, comme attendu avec ce faible échantillon de patients. L'ajout de patients permettrait de confirmer l'entrée de ces variables ou d'en faire reconnaître de nouvelles, ainsi que de resserrer ces intervalles de confiance.

Analyses et résultats en lien avec l'objectif 2 (étude des mécanismes d'action) : Les analyses de variance (ANOVA) et corrélationnelles ont permis de faire ressortir des effets statistiquement significatifs pour certaines variables de chaque catégorie de mesure (PHT, PSY, NRM), ainsi que plusieurs tendances dans les résultats ($0,05 < P < 0,10$), suggérant que le recrutement de patients additionnels permettrait de vérifier plusieurs hypothèses. En effet, les effectifs n'étaient pas suffisants pour permettre de tester avec suffisamment de puissance statistique la présence d'interaction SOUS-GROUPE (succès par rapport à échec) $\times$ TEMPS (T0 par rapport à T8), notamment pour les mesures NRM qui n'ont pu être recueillies que chez un sous-échantillon ($n = 32$) de la totalité des patients ($n = 48$). L'étude des mesures PSY a permis de comprendre qu'il n'est peut-être pas possible de prédire l'adhésion au programme d'exercice à la maison avec des mesures prises à T0, c'est-à-dire sans tenir compte du temps, ce qui pourrait expliquer la raison pour laquelle une seule variable PSY a été retenue dans la RPC d'échec et aucune dans la RPC de succès. Parmi les mesures NRM, celles obtenues avec l'imagerie par ultrasons (épaisseur et activation des muscles profonds) et les mesures d'équilibre postural en position assise ont été les plus sensibles au changement de l'incapacité et de la douleur.

Analyses et résultats en lien avec l'objectif 3 (fidélité des mesures neuromusculaires) : Dans l'ensemble, les résultats obtenus inspirent confiance dans certaines de ces mesures pour l'étude des fonctions neuromusculaires lors d'un programme de réadaptation. En effet, les résultats de fidélité obtenus sont acceptables pour certaines mesures, avec des coefficients de corrélation supérieurs à 0,75, et passables pour d'autres. Peu de mesures ont démontré une mauvaise fidélité. Ainsi, pour chaque test ou presque, il est possible de retenir un sous-ensemble de mesures plus fidèles. Deux tests NRM (proprioception lombaire, équilibre postural) ont démontré des signes d'apprentissage de la tâche entre les deux sessions de mesure. Cet apprentissage était assez important pour remettre en question le test de proprioception. Heureusement, tel n'était pas le cas

pour le test d'équilibre postural où cet apprentissage était beaucoup moindre et même, négligeable. Il est à noter qu'une étude aussi exhaustive de la fidélité, réalisée non seulement avec une batterie aussi complète de tests NRM (n = six tests), mais aussi avec un intervalle de temps équivalent à un programme de réadaptation (8 semaines), est effectuée pour la première fois dans le domaine. Ces mesures seront utiles pour évaluer l'effet de différentes interventions.

En conclusion, les résultats découlant de cette ambitieuse étude préliminaire permettent de recommander le recrutement des 80 patients nécessaires à la dérivation finale des RPC et à l'étude des mécanismes sous-jacents à ce programme d'exercice de stabilisation lombaire.

TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS.....	I
SOMMAIRE	III
TABLE DES MATIÈRES	VII
LISTE DES TABLEAUX	XI
LISTE DES FIGURES.....	XIII
LISTE DES SIGLES, ABRÉVIATIONS ET ACRONYMES *	XV
1. INTRODUCTION.....	1
1.1 Problématique générale des lombalgies chroniques en réadaptation	1
1.2 Objet de l'étude.....	2
1.3 Quels patients répondent le mieux aux exercices de stabilisation lombaire?	2
1.4 Quel type de programme d'exercice de stabilisation lombaire devrait être utilisé?...	4
1.5 Quels mécanismes d'action entrent en jeu?.....	7
2. OBJECTIFS ET HYPOTHÈSES DE RECHERCHE	11
3. MÉTHODOLOGIE.....	11
3.1 Devis expérimental.....	11
3.2 Sujets	12
3.3 Intervention	13
3.4 Évaluations	13
3.4.1 Mesures de résultats (OUT).....	14
3.4.2 Mesures cliniques de physiothérapie (PHT)	14
3.4.3 Mesures psychologiques (PSY)	14
3.4.4 Mesures neuromusculaires (NRM).....	16
3.4.4.1 Techniques de mesure	16
3.4.4.2 Tests neuromusculaires	16

3.5	Analyses statistiques	18
3.5.1	Objectif 1 – Dérivation des RPC (hypothèse 1).....	18
3.5.2	Objectif 2 – Étude des mécanismes d'action (hypothèses 2 à 5).....	19
3.5.3	Objectif 3 – Fidélité des mesures neuromusculaires (hypothèse 6).....	21
4.	RÉSULTATS.....	23
4.1	Éléments de faisabilité	23
4.2	Effets du programme d'exercice.....	24
4.3	Objectif 1 – Dérivation préliminaire des RPC	25
4.3.1	Sélection des variables prédictives potentielles	25
4.3.2	Analyses multivariées	25
4.3.2.1	Règle de prédiction clinique de succès du traitement.....	25
4.3.2.2	Règle de prédiction clinique d'échec du traitement.....	27
4.4	Objectif 2 – Étude des mécanismes d'action	29
4.4.1	Mesures PHT	29
4.4.2	Mesures PSY.....	30
4.4.3	Mesures NRM.....	38
4.4.3.1	Épaisseur et activation des muscles profonds du tronc (test n° 1)	38
4.4.3.2	Proprioception lombaire (test n° 2)	41
4.4.3.3	Équilibre postural (test n° 3)	41
4.4.3.4	Rigidité lombaire (test n° 4).....	41
4.4.3.5	Ajustements posturaux anticipatoires (test n° 5).....	41
4.4.3.6	Coordination du tronc (test n° 6).....	45
4.5	Objectif 3 – Fidélité des mesures neuromusculaires.....	46
4.5.1	Vérification de la présence d'erreurs systématiques entre les essais et les jours.....	46
4.5.2	Indices de fidélité (résultats de l'étude-D).....	47
5.	DISCUSSION.....	49
5.1	Effets du programme d'exercice.....	49
5.2	Objectif 1 – Dérivation des RPC.....	49
5.2.1	Règle de prédiction clinique de succès du traitement.....	49
5.2.2	Règle de prédiction clinique d'échec du traitement.....	51
5.3	Objectif 2 – Étude des mécanismes d'action	53
5.3.1	Mesures PHT	53
5.3.2	Mesures PSY.....	56
5.3.3	Mesures NRM.....	58
5.4	Objectif 3 – Fidélité des mesures neuromusculaires.....	62

5.5 Forces et limites.....	63
6. CONCLUSION.....	65
BIBLIOGRAPHIE.....	67
ANNEXE A – DESCRIPTION DU PROGRAMME D'EXERCICE	81
ANNEXE B – DESCRIPTION SOMMAIRE DES MESURES.....	87
ANNEXE C – RÉSULTATS (OBJECTIF 1 : DÉRIVATION DES RPC)	95
ANNEXE D – RÉSULTATS (OBJECTIF 2 : MÉCANISMES D'ACTION).....	99
ANNEXE E – RÉSULTATS (OBJECTIF 3 : FIDÉLITÉ DES MESURES NRM)	105

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Description des caractéristiques démographiques, anthropométriques et cliniques des 48 patients	23
Tableau 2. Effet du temps/traitement sur les mesures de résultats primaires (OUT), chez les 45 patients qui ont fait le suivi de 6 mois	24
Tableau 3. Mesures de résultats primaires (OUT) chez les 48 patients qui ont complété le programme d'exercice de huit semaines, classés selon le niveau de succès du traitement.....	24
Tableau 4. Valeurs prédictives univariées des variables sélectionnées avec le test khi carré	26
Tableau 5. Effet du sous-groupe et du temps/traitement sur les mesures PHT (variables continues)	31
Tableau 6. Effet du temps/traitement sur les mesures PHT (variables dichotomiques)	32
Tableau 7. Corrélations de Pearson et modèles de régression entre chaque variable indépendante PHT et le changement (T8 – T0) de l'incapacité (ΔOSW) ou de l'intensité de la douleur (ΔInt-Douleur).....	33
Tableau 8. Effet du sous-groupe et du temps/traitement sur les mesures PSY (variables continues)	34
Tableau 9. Corrélations de Pearson et modèles de régression entre chaque variable indépendante PSY et le changement (T8 – T0) de l'incapacité (ΔOSW) ou de l'intensité de la douleur (ΔInt-Douleur).....	36
Tableau 10. Modèle multivarié de l'adhésion au programme d'exercice à la maison	37
Tableau 11. Description des caractéristiques démographiques et anthropométriques des sujets sains et lombalgiques qui ont réalisé les tests neuromusculaires.....	39
Tableau 12. Description des mesures de résultats (OUT) des sujets lombalgiques qui ont réalisé les tests neuromusculaires	39
Tableau 13. Corrélations de Pearson et modèles de régression entre chaque variable indépendante NRM et le changement (T8 – T0) de l'incapacité (ΔOSW) ou de l'intensité de la douleur (ΔInt-Douleur).*	43

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Le modèle peur/évitement [tirée de Vlaeyen et Linton, 2000]).....	8
Figure 2. Le modèle de stabilisation lombaire selon Panjabi (2006).....	9
Figure 3. Quatre catégories de mesures (OUT, PHT, PSY, NRM) ont été recueillies chez les patients à différents moments (T0, T4, T8) et après (T34) le programme d'exercice. Les mesures PHT et NRM sont plus coûteuses et n'ont donc été collectées qu'à T0 et T8. Les mesures NRM ont aussi été recueillies chez 30 sujets sains pour l'étude de fidélité.....	11
Figure 4. Tests PHT retenus dans la RPC de succès.	28
Figure 5. Tests PHT retenus dans la RPC d'échec.	28
Figure 6. Illustration des interactions SOUS-GROUPE × TEMPS obtenues pour les variables PHT de type continu.....	29
Figure 7. Illustration des effets SOUS-GROUPE et TEMPS pour les mesures des quatre tests de performance physique (TPP).	30
Figure 8. Illustration des interactions SOUS-GROUPE × TEMPS obtenues pour les variables PHT de type continu.....	35
Figure 9. Illustration des interactions STATUT × TEMPS qui ont atteint le niveau de signification statistique pour certaines variables associées à l'épaisseur des muscles profonds du tronc.	40
Figure 10. Différences significatives entre les sujets contrôles (C) et les patients (P) au regard du pourcentage de changement du LuM à différents niveaux vertébraux et côtés.	40
Figure 11. Illustration des interactions STATUT × TEMPS qui ont atteint le niveau de signification statistique pour certaines variables associées aux ajustements posturaux anticipatoires, soit les variables cinématiques de la région lombaire.	46

LISTE DES SIGLES, ABRÉVIATIONS ET ACRONYMES *

Abréviation	Description
ϕ	Coefficient de dépendabilité
ADIM	<i>abdominal drawing-in maneuver</i>
ANOVA	Analyse de variance
APA	Ajustements posturaux anticipatoires
C7	7 ^e vertèbre cervicale
CCIC	Coefficient de corrélation intraclasse
ChangGlobal	Changement global
ECR	Essai clinique randomisé
ESM	Erreur standard de mesure
IMC	Indice de masse corporelle
Int-Douleur	Intensité de la douleur
L1, L3, L4, L5	1 ^{re} , 3 ^e , 4 ^e et 5 ^e vertèbres lombaires
LR- et LR+	Rapports de vraisemblance (<i>likelihood ratio</i>) négatif et positif
LuM	Multifides lombaires (<i>Lumbar multifidus</i>)
NRM	Mesures neuromusculaires
OI	Oblique interne
OE	Oblique externe
OR	Rapport de cote (<i>Odd ratio</i>)
OSW	Perception d'incapacité – Questionnaire Oswestry
OUT	Mesures de résultat (<i>outcomes</i>)
PHT	Mesures de l'examen clinique en physiothérapie
PSY	Mesures psychologiques
ROC	<i>Receiver operating characteristic</i>
RPC	Règle de prédiction clinique
Satisfaction-PT	Satisfaction du patient au traitement
Se	Sensibilité
SNC	Système nerveux central
Sp	Spécificité
T0, T4, T8 et T34	Temps de mesure aux semaines 0, 4, 8 et 34
T12	12 ^e vertèbre thoracique
TrA	Transverse de l'abdomen
VI	Variable indépendante
VIF	<i>Variance inflator factor</i>
VP- et VP+	Valeurs prédictives négative et positive

* La liste détaillée des abréviations correspondant aux variables PHT, PSY et NRM est présentée à l'annexe B.

1. INTRODUCTION

1.1 Problématique générale des lombalgies chroniques en réadaptation

La lombalgie est commune, de telle sorte que sur l'ensemble des 291 conditions étudiées dans le *Global Burden of Disease* (charge mondiale de morbidité), elle est classée au premier rang sur le plan de l'incapacité et au sixième en matière d'impact économique (Hoy *et al.*, 2014). Au Québec, les affections vertébrales représentent tout près de 30 % de l'ensemble des lésions professionnelles indemnisées par la Commission des normes, de l'équité, de la santé et de la sécurité du travail (CNESST)¹ et survenues entre 2008 et 2011, la région lombaire étant touchée dans plus de 60 % de ces cas (CSST, 2012). Bien qu'on assiste à une légère diminution de l'incidence globale de ce type de troubles musculosquelettiques au Québec, il y a eu une augmentation des cas en phase chronique et les coûts qui y sont associés ne cessent d'augmenter (INSPQ, 2010). Depuis le rapport du *Quebec task force* (1987), les statistiques ont peu changées. Encore aujourd'hui, c'est une minorité des cas en phase chronique (moins de 10 %) qui entraîne plus de 70 % des coûts directs et indirects (Spitzer, 1987; Frih *et al.*, 2009; INSPQ, 2010). La lombalgie non spécifique, qui est un diagnostic basé sur l'exclusion de pathologie spécifique, affecte environ 90 % des personnes souffrant de lombalgie (Koes *et al.*, 2006).

Les revues systématiques de la littérature indiquent que les exercices physiques sont efficaces pour réduire la douleur et l'incapacité chez les personnes souffrant d'une lombalgie subaiguë (qui dure plus de six semaines) ou chronique (qui dure plus de 12 semaines), ou en d'autres termes chez les individus avec une lombalgie « non aiguë » (Smidt *et al.*, 2005). Précisons que dans cette synthèse de revues systématiques portant sur plus d'une affection, la période subaiguë a été définie avec un seuil de six semaines, bien que l'on s'entende généralement pour utiliser un seuil de quatre semaines en ce qui a trait aux maux de dos. Une revue systématique a démontré que les exercices physiques sont aussi efficaces pour prévenir les lombalgies (Bigos *et al.*, 2009), ce qui est encourageant compte tenu de la forte prévalence des récurrences. Par conséquent, il n'est pas surprenant que les exercices physiques représentent le traitement conservateur le plus recommandé pour les personnes ayant une lombalgie subaiguë non spécifique et parmi les trois interventions les plus recommandées pour la lombalgie chronique non spécifique (CLIP, 2006). En fait, l'exercice est prescrit à environ 50 % des patients souffrant de lombalgie chronique qui voient un médecin, un physiothérapeute ou un chiropraticien (Freburger *et al.*, 2009). Les exercices réduisent la douleur et l'incapacité chez les personnes souffrant de lombalgie non aiguë non spécifique, mais les tailles d'effet sont au mieux modérées.

Jusqu'à maintenant, la recherche n'a pas réussi à démontrer la supériorité de certains types d'exercices par rapport à d'autres (Hayden *et al.*, 2005; Smith *et al.*, 2014). Cependant, ces patients lombalgiques sont hétérogènes sur le plan des facteurs physiologiques et psychologiques. Il a donc été proposé que les patients ayant différentes pathologies ou troubles puissent répondre inégalement à différentes modalités d'exercice (Leboeuf-Yde *et*

¹ La CNESST a été créée en janvier 2016 à la suite de la fusion de la CSST, de la Commission des normes du travail et de la Commission de l'équité salariale.

Manniche, 2001). Les évidences scientifiques confirment l'hypothèse selon laquelle un meilleur arrimage entre certains sous-groupes de patients et certaines modalités d'intervention favorise de meilleurs résultats cliniques, comme démontré dans plusieurs essais cliniques randomisés (Fritz *et al.*, 2003; Long *et al.*, 2004; Brennan *et al.*, 2006). D'ailleurs, le développement de méthodes de classification de patients lombalgiques, tels que ceux qui répondraient le mieux à certains programmes d'exercice spécifique, a été déterminé comme une priorité de recherche par plusieurs groupes d'experts (APTA, 2000; Airaksinen *et al.*, 2004), ainsi que la priorité n° 1 des intervenants de première ligne (chiropraticiens, médecins, physiothérapeutes) qui traitent les patients souffrant d'une lombalgie (Henschke *et al.*, 2007).

1.2 Objet de l'étude

Au-delà de la simple comparaison de programmes d'exercice à l'aide d'essais cliniques randomisés (ECR), il importe de déterminer (1) les patients qui répondent le mieux à un programme d'exercice donné (arrimage patient/intervention) et (2) les mécanismes sous-jacents qui contribuent à la réussite du traitement. Un examen d'une modalité active d'exercice (exercices de stabilisation lombaire) qui dispose de solides fondements scientifiques (McGill, 2002; Richardson *et al.*, 2004) est planifié, mais pour laquelle il faut établir un arrimage patient/intervention fondé sur des preuves, comme le souligne la plus récente revue systématique Cochrane sur le sujet (Saragiotto *et al.*, 2016). L'avantage de ce programme d'exercice est qu'il adhère aux principes psychologiques de l'exposition graduelle à l'activité physique, lesquels permettent une réduction de la peur associée à la douleur et au mouvement (Vlaeyen et Linton, 2000). Il ne nécessite aucun équipement spécialisé, permettant ainsi aux patients de poursuivre le programme à la maison.

Enfin, ce programme d'exercice, tel que mis en œuvre dans les cliniques de physiothérapie, est compatible avec les stratégies qui maximisent les résultats cliniques, car le programme d'exercice est actif, supervisé et nécessite un dosage important (Hayden *et al.*, 2005), bien qu'un dosage élevé ne peut être atteint que par des exercices supplémentaires effectués à la maison, comme généralement prescrit par les physiothérapeutes. La popularité de cette approche avec les physiothérapeutes souligne la nécessité de réaliser une telle recherche.

1.3 Quels patients répondent le mieux aux exercices de stabilisation lombaire?

De manière à améliorer l'efficacité des exercices de stabilisation lombaire, des règles de prédiction clinique (RPC) de succès et d'échec doivent être développées pour prescrire ce programme d'exercice aux patients appropriés, comme cela a été fait dans le passé pour divers modes d'intervention en physiothérapie (Stanton *et al.*, 2010). *Les règles de prédiction ont un grand potentiel d'impact favorable sur les soins en physiothérapie quand elles sont développées pour des conditions cliniques qui sont par nature hétérogènes, avec plusieurs approches de traitement viable, mais aussi disposant d'un certain degré de risque associé à un mauvais choix* (Fritz, 2009). Cela décrit parfaitement le problème de la gestion des lombalgies et ce type de recherche n'en est qu'à ses balbutiements.

Le choix du programme d'exercice de stabilisation lombaire n'était pas seulement basé sur les avantages mentionnés ci-dessus, mais il était aussi stratégique au regard des fournisseurs de soins de santé qui sont plus susceptibles d'être interpellés, à savoir les physiothérapeutes, car ceux-ci, dans la pratique clinique de routine, prescrivent plus d'exercices physiques (64 %) que les chiropraticiens (33 %) ou les médecins (14 %) (Freburger *et al.*, 2009). Or, bien que ces programmes d'exercice soient principalement effectués dans les cliniques de physiothérapie, un médecin sera en mesure de prescrire des exercices de stabilisation lombaire (référence à une clinique de physiothérapie) avec l'utilisation de telles RPC. Cependant, chaque RPC ne peut être diffusée et utilisée avec assurance qu'après que des études de validation et d'analyse d'impact aient été menées (Childs et Cleland, 2006), soit deux étapes que nous prévoyons réaliser ultérieurement si cette première étape de développement (stade de dérivation) mène à des résultats positifs. Des travaux préliminaires (stade de dérivation) ont été faits à cet égard pour un programme d'exercice de stabilisation lombaire (Hicks *et al.*, 2005). De plus, la validité de construit de cette RPC préliminaire, soit celle portant sur le succès du traitement, a été évaluée avec succès (Teyhen *et al.*, 2007; Hebert *et al.*, 2010), bien qu'une validation plus formelle ait échoué en raison d'une puissance statistique insuffisante (Rabin *et al.*, 2014). Ces résultats montrent qu'il est possible de dériver et, du moins partiellement, valider une RPC, mais l'étape de dérivation (Hicks *et al.*, 2005) souffre de limites importantes :

- Seulement 54 patients ont été recrutés, ce qui est insuffisant sur la base de l'analyse de puissance, comme nous l'avons estimée dans la section méthodologie (n = 130 patients). Cela explique la raison pour laquelle l'étude de Hicks *et al.* (2005) s'intitule *Preliminary development of a clinical prediction rule*.
- L'échantillon de patients était hétérogène en matière de durée des symptômes (phases aiguë, subaiguë et chronique), ce qui est discutable, car les exercices physiques ne sont pas efficaces au cours de la phase aiguë de la lombalgie (van Tulder *et al.*, 2000) et que la phase subaiguë est plus propice pour déterminer les patients à risque d'incapacité (Waddell *et al.*, 2003).
- Bien que « les mouvements aberrants », observés lors de la flexion avant du tronc, soient une mesure composite considérant cinq signes cliniques portant sur le contrôle dysfonctionnel du mouvement, d'autres tests évaluant le contrôle actif des mouvements de la région lombopelvienne, basés sur les théories de Sahrman (Sahrman, 2002) et de O'Sullivan (O'Sullivan, 2005), peuvent être considérés. Certains de ces tests sont fidèles (reproductibles) (Van Dillen *et al.*, 1998; Luomajoki *et al.*, 2007).
- Une seule variable psychologique (peur/évitement) a été prise en considération. Une classification basée sur un modèle de prévention/gestion de l'incapacité est recommandée afin de clairement reconnaître non seulement l'hétérogénéité de cette population en fonction de leur physique, mais aussi sur le plan de leurs caractéristiques psychologiques (McCarthy *et al.*, 2004; O'Sullivan, 2005). Le modèle psychologique peur/évitement (**figure 1**) est l'un des modèles les plus robustes pour expliquer la douleur à long terme et l'incapacité (Vlaeyen et Linton, 2000). En dehors de la peur/évitement en elle-même, d'autres variables psychologiques sont incluses dans ce modèle, telles que la dramatisation de la douleur et la détresse psychologique/dépression qui sont susceptibles d'affecter le succès de tout programme d'exercice. En outre, cela pourrait être fait en vertu de leur effet sur l'adhésion au programme d'exercice fait à la maison. Une mauvaise adhésion est associée à de mauvais

résultats cliniques chez les patients lombalgiques (Iversen *et al.*, 2003; Liddle *et al.*, 2004), ce qui est aussi vrai pour les exercices de stabilisation lombaire (Mannion *et al.*, 2009). Plusieurs variables ont le potentiel de prédire l'adhésion aux exercices (voir méthodologie) et doivent être considérées comme des candidates potentielles de la RPC.

- Le programme d'exercice, qui a été mis en place, était un peu plus en ligne avec un programme de renforcement [école de pensée de McGill; (McGill, 2002)] qu'un programme d'exercice où l'accent est placé uniquement sur le contrôle moteur [école de pensée australienne; (Richardson *et al.*, 2004)], bien qu'une approche axée uniquement sur le renforcement nécessite généralement des contractions musculaires de plus grande intensité, requérant des poids libres et des dispositifs particuliers (machines de musculation). Une approche hybride (approche australienne suivie de l'approche de McGill) devrait plutôt être envisagée pour les raisons indiquées dans la section suivante.

1.4 Quel type de programme d'exercice de stabilisation lombaire devrait être utilisé?

Il y a actuellement controverse en ce qui a trait au type de programme d'exercice qui permettrait de mieux restaurer la stabilité lombaire. Comme mentionné plus tôt, il y a deux grandes écoles de pensée : (1) l'approche australienne soutenue par les principaux chercheurs australiens (J. Hides, P. Hodges, C. Richardson) et (2) l'approche de McGill (McGill, 2002) défendue par un seul chercheur (S. McGill de U. de Waterloo, Canada).

L'approche australienne utilise les principes d'apprentissage moteur pour restaurer le contrôle et la coordination optimale de la colonne vertébrale. L'intervention nécessite l'entraînement de la préactivation des muscles profonds du tronc, avec une progression vers des tâches statiques, dynamiques et fonctionnelles plus complexes qui intègrent l'activation des muscles profonds (ou locaux) et superficiels (ou globaux). L'idée principale est de parvenir à une bonne maîtrise des muscles profonds du tronc (transverses de l'abdomen [TrA], multifides lombaires [LuM]) pour contrôler la stabilité vertébrale avant de mettre à contribution les muscles superficiels du tronc. Pour atteindre cet objectif, l'entraînement consiste à apprendre à recruter les TrA et LuM qui sont apparemment inhibés par la douleur et qui ne joueraient plus leur rôle de stabilisation. C'est que les TrA et LuM ont des insertions intervertébrales, ce qui est potentiellement favorable pour assurer la stabilité intersegmentaire (Barker *et al.*, 2006), contrairement aux muscles plus superficiels dont la vocation consiste davantage à générer un mouvement tout en contribuant à la stabilité de la colonne lombaire dans son ensemble, c.-à-d. de façon moins spécifique. L'entraînement des TrA se fait avec un exercice appelé *abdominal drawing-in maneuver* (ADIM) qui consiste à entrer le nombril vers la colonne vertébrale et l'amener vers le haut (vers la tête), soit en suivant une trajectoire en J. Cet exercice permet la contraction des TrA sans la participation des muscles abdominaux plus superficiels (obliques externes, droits de l'abdomen), cela grâce à l'utilisation de différentes méthodes de rétroaction (palpation, unité de rétroaction de pression, ultrasons). L'entraînement des LuM est effectué en position couchée sur le ventre et consiste à contracter les LuM indépendamment des autres muscles du dos, soit en s'assurant de ne pas bouger le bassin ou le rachis lombaire, ce qui concerne principalement la partie la plus profonde des LuM qui est située à proximité de la colonne vertébrale et ne génère pas de

mouvement du bassin. Les méthodes de rétroaction disponibles sont utilisées pour aider le patient à comprendre la nature de ces exercices très fins et spécifiques. Ces contractions isolées des TrA et LuM sont graduellement intégrées dans des exercices statiques faits au sol et, enfin, dans des tâches fonctionnelles plus dynamiques.

L'approche de McGill propose une forme plus simple d'entraînement en contrôle moteur dès le début du programme, cela afin d'améliorer la conscience corporelle (proprioception). Les exercices statiques au sol sont introduits sans tarder, mais toujours graduellement. Ces exercices sont conçus pour (1) rigidifier la région lombaire en contractant globalement, mais doucement la paroi abdominale tout en s'assurant de conserver une lordose lombaire neutre, (2) surcharger les muscles et ainsi améliorer l'endurance des muscles du tronc et (3) éviter d'exacerber la douleur en mettant trop de charge sur la colonne vertébrale. Ils consistent à soutenir différentes postures statiques de façon répétitive (programme basé sur des quotas), avec un niveau de difficulté croissant pour permettre une progression tout au long du programme. L'endurance des muscles du tronc est favorisée parce que la fatigabilité des muscles spinaux lombaires est un prédicteur d'un premier épisode de lombalgie (Biering-Sorensen, 1984) et d'incapacité à long terme liée à une lombalgie (Enthoven *et al.*, 2003).

Même si les chercheurs conviennent que tous les muscles du tronc (muscles profonds et superficiels de l'abdomen et du dos) jouent un rôle pour assurer la stabilité lombaire, une controverse persiste sur l'importance accordée à l'entraînement spécifique des muscles profonds par rapport aux muscles superficiels. Stuart McGill a fourni des preuves, sur la base d'études biomécaniques et sans prêter attention aux muscles profonds ou superficiels, qu'une contraction globale de la paroi abdominale fournit une plus grande stabilité lombaire à l'aide de l'ADIM, du moins sur le plan de la réduction du mouvement de la colonne vertébrale en réaction à des perturbations soudaines du tronc (Vera-Garcia *et al.*, 2007). Cependant, ces preuves demeurent insuffisantes.

En ce qui a trait à l'approche australienne, il y a un nombre croissant de preuves neurophysiologiques suggérant que la musculature profonde de la colonne vertébrale est altérée chez les personnes souffrant de lombalgie ou qui ont eu un épisode récent (c.-à-d. sans douleur au moment du test). Différentes observations interreliées ont été étayées. Tout d'abord, une atrophie des LuM, qui est ipsilatérale aux symptômes (Barker *et al.*, 2004) et spécifique à ce groupe de muscles par rapport aux muscles superficiels (Danneels *et al.*, 2000), a été observée. Deuxièmement, une réduction du contrôle volontaire des LuM et TRA a été documentée (Henry et Teyhen, 2007). Enfin, une activation retardée ou moindre des TrA a été observée chez les patients atteints d'une lombalgie comparativement à des sujets sains, en réponse à une perturbation (mouvement rapide du bras) qui met à l'épreuve la stabilité vertébrale. Des résultats similaires ont été récemment observés chez les personnes atteintes de lombalgie récurrente par rapport à des sujets sains pour les LuM (MacDonald *et al.*, 2009; 2010). Ces activations musculaires préparatoires, appelées ajustements posturaux anticipatoires (APA), sont préprogrammées par le système nerveux central (SNC) afin de minimiser les perturbations posturales (Tsao *et al.*, 2009) et par conséquent donnent un aperçu unique du contrôle neuronal central de la posture. Bien que ces déficiences (atrophie, moindre contrôle volontaire, APA

retardés) ont aussi été observées pour les muscles superficiels du tronc, les LuM et TrA ont montré des résultats anormaux de façon plus consistante.

La prémisse de l'approche australienne est que les exercices fonctionnels simples, l'entraînement en force/endurance ou le retour à l'activité physique normale, ne rétablit pas la coordination des muscles profonds du tronc, comme documenté dans quelques études (Hides *et al.*, 1996; Tsao et Hodges, 2007; Hall *et al.*, 2009) et plus récemment dans un bilan de la littérature (Boudreau *et al.*, 2010). Étant donné que l'atrophie des LuM ne se corrige pas naturellement après la résolution d'un premier épisode de lombalgie aiguë (Hides *et al.*, 1996), que la variabilité des APA ne se normalise pas spontanément chez certaines personnes après qu'une douleur expérimentale au dos se soit estompée (Moseley et Hodges, 2006) et que des APA retardés des LuM aient été observés chez les personnes ayant une lombalgie récurrente, et cela en dépit de la résolution des symptômes (MacDonald *et al.*, 2009; 2010), ces déficiences des muscles profonds semblent de bons marqueurs des mécanismes de récurrence. En effet, un essai clinique randomisé (Hides *et al.*, 2001) a montré que les exercices de contrôle moteur, combinés avec une gestion médicale et la reprise de l'activité normale, sont plus efficaces pour réduire les récides de maux de dos (taux de récide : 35 %) que la gestion médicale et le retour à l'activité (taux de récide : 75 %), et cela pour des résultats à long terme (2-3 ans de suivi). Bien que les déficiences des muscles LuM et TrA n'aient pas été évaluées pour corréler les changements possibles avec une amélioration clinique, il s'agit de la seule étude qui s'est intéressée au taux de récide.

En ce qui concerne la relation avec la réduction de la douleur et de l'incapacité, les ECR qui comparent les exercices de contrôle moteur avec toute autre forme de programme d'exercice, toujours chez des patients hétérogènes, conduisent tous à des résultats cliniques équivoques, comme le concluent différents bilans de la littérature (Ferreira *et al.*, 2006; Macedo *et al.*, 2009) et une récente méta-analyse (Smith *et al.*, 2014). Cependant, il apparaît que l'approche australienne soit particulièrement bénéfique chez les populations qui ont certaines prédispositions à l'instabilité lombaire (Hides *et al.*, 1996; O'Sullivan *et al.*, 1997; Hides *et al.*, 2001), ce qui a d'ailleurs justifié le développement de RPC de succès et d'échec pour ce programme d'exercice spécifique (Hicks *et al.*, 2005). Une autre étude a démontré que l'effet des exercices de contrôle moteur sur la réduction de la douleur était plus important chez les patients qui avaient une faible capacité à recruter les TrA au départ, comme mesuré par ultrasons (Ferreira *et al.*, 2010). En outre, une corrélation modérée ($r = -0,35$) a été obtenue entre l'amélioration du recrutement des TrA, telle que mesurée par ultrasonographie, et la réduction de l'incapacité, à la suite d'un programme d'exercice de contrôle moteur (Ferreira *et al.*, 2010). De plus, il a été démontré qu'une augmentation de l'épaisseur des TrA et une diminution de l'épaisseur des obliques internes, grâce à différents programmes d'exercice, expliquent jusqu'à 18 % de la réduction de la douleur (Vasseljen et Fladmark, 2010). Malheureusement, aucun ECR n'a comparé directement les approches australiennes et de McGill jusqu'à maintenant.

En résumé, un nombre important d'études soutient l'approche australienne (contrôle moteur) comparativement à l'approche McGill (force/endurance), même si la plupart des études australiennes ont été réalisées avec de petits échantillons de patients et qu'aucune recherche n'a fourni des preuves directes de la supériorité d'une approche par rapport à l'autre pour réduire la

douleur, l'incapacité et les récives. Utiliser prématurément l'approche McGill est susceptible de renforcer les patrons défectueux de coordination des muscles profonds qui semblent perpétuer la douleur. Les RPC préliminaires (de succès et d'échec du traitement) proposées par le groupe de Hicks (Hicks *et al.*, 2005) sont basées sur l'approche de McGill. Cependant, l'approche de McGill pourrait être plus pertinente après avoir complété l'approche australienne, cela de manière à améliorer l'endurance des muscles du tronc, comme proposé plus tôt (Koumantakis *et al.*, 2005). Fait intéressant, une telle approche « hybride » (australienne suivie par l'approche de McGill) est apparemment ce qui est actuellement utilisé par les physiothérapeutes. Par conséquent, si nous voulons être pragmatiques, une RPC développée avec l'utilisation de l'approche hybride est plus susceptible d'être utilisée par les physiothérapeutes. Le défi des physiothérapeutes est d'adapter le programme d'exercice à la progression du patient avec l'utilisation de critères appropriés en ce qui a trait à la coordination des muscles profonds du tronc afin de décider quand le patient est prêt à commencer l'approche de McGill.

1.5 Quels mécanismes d'action entrent en jeu?

Jusqu'à présent, dans la plupart des études cliniques sur l'exercice pour les patients souffrant de maux de dos, seules les mesures de résultats primaires ont été considérées (ex. : douleur, incapacité, satisfaction du patient). Maintenant que nous connaissons les effets cliniques (de léger à modéré) de l'exercice sur la base de ces mesures, il devient clair que les RPC doivent être développées pour rendre cette intervention conservatrice plus efficace en permettant un meilleur arrimage patient/intervention. Ce type de RPC doit être basé sur des mesures qui peuvent être prises lors de l'examen clinique initial. Cependant, pour aller plus loin, les mécanismes d'action qui entrent en jeu chez les patients qui ont le mieux répondu à un programme de stabilisation lombaire doivent aussi être établis. La connaissance de ces mécanismes contribuerait à améliorer cette intervention et à développer les tests permettant de les mesurer en clinique. Ces nouveaux tests pourraient ensuite être utilisés dans les RPC à venir.

Dans cette recherche, les mesures liées à deux modèles explicatifs de la chronicité de la douleur ont été utilisées pour atteindre cet objectif : un modèle psychologique (Vlaeyen et Linton, 2000) et un modèle neuromusculaire (Panjabi, 1992b). Le modèle psychologique peur/évitement (**figure 1**) est l'un des plus robustes pour expliquer la douleur et l'incapacité à long terme (Vlaeyen et Linton, 2000; Smeets *et al.*, 2006). En bref, ce modèle prédit que les patients ayant certaines caractéristiques psychologiques les prédisposant à la dramatisation de la douleur, éviteraient l'activité physique (mouvements), ce qui conduirait progressivement à la douleur chronique et à l'incapacité. Heureusement, quelques ECR suggèrent que ces mécanismes sont réversibles avec l'application de différentes modalités d'exercices actifs, menant à une diminution de dramatisation de la douleur (Mannion *et al.*, 1999; Woby *et al.*, 2004; Smeets *et al.*, 2006; Marshall *et al.*, 2013), de la peur du mouvement (Koumantakis *et al.*, 2005), de la peur/évitement (Mannion *et al.*, 1999; Woby *et al.*, 2004; Marshall *et al.*, 2013) et de la dépression (McCracken *et al.*, 2002). Toutefois, il reste difficile de savoir si les exercices de stabilisation lombaire, qui contiennent moins d'activités physiques vigoureuses que les autres programmes d'exercice, ont des effets sur les variables psychologiques liées à la douleur. Dans la présente recherche, les éléments de base de ce modèle ont été évalués en utilisant les questionnaires appropriés.



Figure 1. Le modèle peur/évitement [tirée de Vlaeyen et Linton, 2000)].

Le modèle de stabilité lombaire (Panjabi, 1992a), qui a été raffiné plus récemment [(Panjabi, 2006), **figure 2**], en est un de type neuromusculaire (biomécanique, physiologique) qui est aussi soutenu par un nombre croissant d'évidences. Ce modèle prédit qu'une lésion d'un tissu passif donné de la colonne vertébrale peut conduire à une instabilité articulaire, laquelle doit être compensée par l'unité de contrôle neuromusculaire (système nerveux) grâce à l'action des muscles entourant la colonne lombaire. Toutefois, des erreurs de contrôle neuromusculaire dues à une proprioception lombaire, à des APA ou à des réponses réflexes déficientes peuvent non seulement être responsables d'une première lésion lombaire, mais peuvent aussi perpétuer le problème, conduisant à une douleur persistante. Dans la présente recherche, ces composantes de base du contrôle de la stabilité lombaire, en plus de l'épaisseur et de l'activation des muscles profonds du tronc (LuM, TrA) ont été examinées par des tests fonctionnels tels que l'équilibre postural du tronc et les patrons de coordination musculaire du tronc au cours de sa flexion (n = 6 tests). Des contraintes d'espace nous empêchent de souligner que ces déficits ne sont pas universellement observés chez tous les patients avec lombalgie chronique, certaines études montrant des résultats anormaux et d'autres non. Cela soutient l'idée que ces patients représentent une population hétérogène ayant diverses déficiences neuromusculaires.

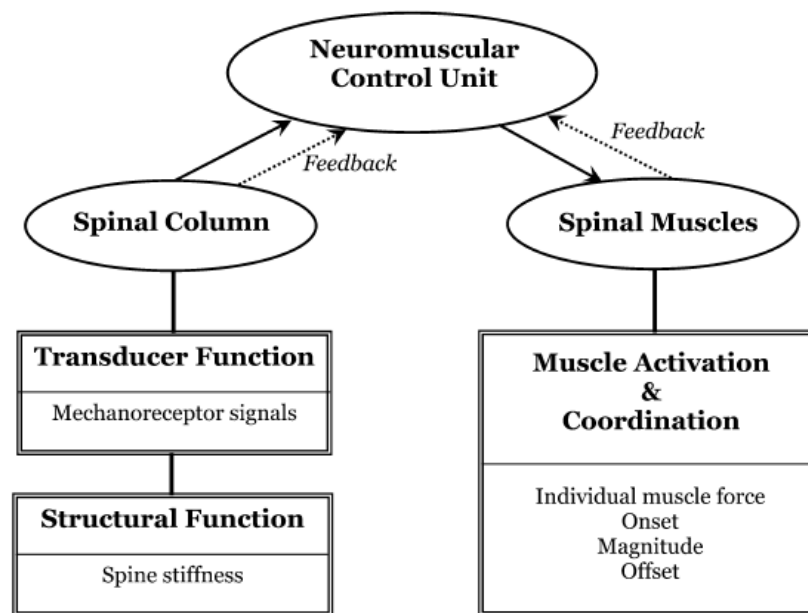


Figure 2. Le modèle de stabilisation lombaire selon Panjabi (2006).

La stabilisation lombaire est assurée par trois sous-systèmes : la colonne vertébrale (tissus passifs), les muscles du tronc (abdominaux et dorsaux) et l'unité de contrôle neuromusculaire (système nerveux). La colonne vertébrale a deux fonctions : fonction structurale – pour procurer la stabilité mécanique intrinsèque; fonction sensorielle (*transducer*) – pour procurer une rétroaction à l'unité de contrôle sur la posture, le mouvement et le chargement de la colonne vertébrale. L'unité de contrôle coordonne l'activation des muscles du tronc pour assurer la stabilité mécanique de la colonne vertébrale. Il y a aussi rétroaction des muscles du tronc à l'unité de contrôle.

Six tests complémentaires (annexe B.3) ont été implantés et évalués sur le plan de la validité et/ou de la fidélité test-retest (exception de la proprioception) de manière à couvrir les différentes fonctions neuromusculaires nécessaires pour préserver la stabilité lombaire (Panjabi, 1992). La fidélité à court terme de la plupart de ces tests a été documentée dans ces études, considérant de 2 jours à 2 semaines d'écart entre les évaluations. Il est maintenant temps de vérifier leur fidélité à moyen terme (correspondant à un programme de réadaptation de 8 semaines), ce qui n'a jamais été fait.

Compte tenu des résultats présentés plus tôt, un programme d'exercices de stabilisation lombaire devrait impliquer des mécanismes d'action pour normaliser l'atrophie des LuM ainsi que l'inhibition des LuM et TrA. Ce programme devrait également normaliser les APA des LuM et TrA. Fait intéressant, la coordination des muscles dorsaux, évaluée en utilisant le phénomène de flexion-relaxation, a été améliorée à la suite d'un programme de stabilisation lombaire (Marshall et Murphy, 2006), contrairement à d'autres formes d'exercices (Mannion *et al.*, 2001). Cependant, d'autres mécanismes d'action n'ont toujours pas été évalués et pourraient mettre en cause la proprioception lombaire, les réponses réflexes et l'équilibre postural du tronc.

2. OBJECTIFS ET HYPOTHÈSES DE RECHERCHE

Ce projet poursuit trois objectifs :

(1) **Initier le développement de RPC** de succès et d'échec en utilisant des mesures pratiques (cliniques) obtenues lors d'un examen clinique initial.

Le développement d'une RPC nécessite essentiellement trois étapes (Childs et Cleland, 2006) :

1. Dérivation : Pour établir les facteurs ayant une valeur prédictive;
2. Validation : Pour évaluer l'efficacité de la RPC avec une population différente de patients ou avec un établissement de soins différent, par exemple avec d'autres physiothérapeutes rattachés à différentes cliniques). Cela nécessite un ECR afin de s'assurer que les prédicteurs déterminés lors de l'étape de dérivation ne sont pas apparus par hasard. Pour valider la présente RPC, le groupe contrôle de l'ECR ne devrait pas comprendre de composantes d'exercice dans le traitement;
3. Étude d'impact : Pour fournir la preuve que la RPC change le comportement des cliniciens et améliore les résultats cliniques des patients et/ou réduit les coûts. Différents plans d'étude peuvent être utilisés, mais c'est essentiellement une analyse coût/bénéfice.

Le présent projet de recherche constitue une étude préliminaire (étude pilote ou de faisabilité) pour vérifier si des résultats préliminaires soutiennent l'achèvement de la première étape du développement des RPC (dérivation).

(2) **Établir les mécanismes d'action** impliqués dans ce programme d'exercice à l'aide d'une batterie étendue de mesures, permettant ainsi aux effets spécifiques du traitement d'être décrits. En d'autres termes, nous voulons expliquer les raisons pour lesquelles certains patients ont une réponse positive aux exercices de stabilisation lombaire et d'autres pas. Dans cet ordre d'idée, une attention particulière a été portée à l'adhésion au programme d'exercice à la maison.

(3) **Évaluer la fidélité test-retest à moyen terme (8 semaines)** de six tests neuromusculaires chez des sujets sains qui ne suivent pas le programme d'exercice. En effet, l'évaluation de la fidélité test-retest nécessite un état de santé stable, ce qui est difficile à atteindre, même avec l'utilisation de patients en phase chronique et en particulier pour un intervalle de 8 semaines. Cela justifie l'utilisation de sujets sains. Ces sujets sains vont également servir de sujets contrôles afin de comparer les résultats avec les patients souffrant de lombalgie. Cela permettra de déterminer si les résultats neuromusculaires obtenus chez les patients sont anormaux (déficience) ou non au début et la fin du programme d'exercice.

Hypothèses de recherche :

(1) Un sous-groupe des patients montrera un succès thérapeutique évident à la suite du programme d'exercice, tel que documenté par les mesures de résultats primaires (incapacités, intensité de la douleur), et présentera des caractéristiques physiques et psychologiques qui permettront de les différencier du sous-groupe ayant eu un échec thérapeutique;

- (2) Le sous-groupe de patients présentant un succès thérapeutique démontrera des progrès dans le temps tels que documentés avec les mesures physiques, psychologiques et neuromusculaires, alors qu'aucune différence ne sera observée dans le sous-groupe démontrant un échec thérapeutique;
- (3) L'adhésion au programme d'exercice fait à la maison sera corrélée avec les mesures de résultats primaires (incapacités, intensité de la douleur);
- (4) Différentes variables mesurées par questionnaires (facteurs biopsychosociaux) permettront d'expliquer l'adhésion au programme d'exercice fait à la maison;
- (5) Le sous-groupe de patients ayant obtenu un succès sera caractérisé par certaines déficiences neuromusculaires au début du programme, lesquelles disparaîtront (ou du moins seront réduites) à la fin du programme, comme le révéleront les comparaisons avec le groupe contrôle;
- (6) La fidélité test-retest à moyen terme (8 semaines) des six tests neuromusculaires sera acceptable pour certaines variables de chacun de ces tests, selon les critères d'acceptabilité définis dans la prochaine section.

3. MÉTHODOLOGIE

3.1 Devis expérimental

Comme illustré (**figure 3**), nous avons réalisé une étude prospective comptant trois évaluations au cours de l'intervention, ainsi qu'une quatrième évaluation au suivi de six mois chez un seul groupe de patients. Afin de réduire le risque que les RPC retiennent des mesures non spécifiques au traitement ou des mesures qui ressortent de façon erronée (erreur de type 2), certains méthodologistes suggèrent l'utilisation d'un ECR avec groupe contrôle pour la dérivation de la RPC (Stanton *et al.*, 2010). Cependant, toutes les RPC à ce jour ont utilisé un devis avec un seul groupe à l'étape de dérivation (Stanton *et al.*, 2010). Nous avons également choisi cette stratégie et prévoyons de passer le test de l'ECR uniquement à l'étape de validation des RPC. Cependant, afin d'augmenter les chances de passer l'étape de validation avec succès, seules les mesures disposant d'un lien conceptuel avec la stabilité lombaire ou avec l'adhésion au programme d'exercice ont été retenues comme candidates.

Ainsi, pour la dérivation des RPC (**Objectif 1**), les patients ont été évalués par des mesures cliniques (examen clinique et questionnaires), au début du programme (T0), à la fin (T8), et six mois plus tard (T34). Pour étudier les mécanismes d'action impliqués dans ce programme d'exercice spécifique (**Objectif 2**), les patients recrutés pour l'objectif 1 ont également été évalués à mi-parcours du programme d'exercice (T4) au regard de mesures psychologiques et, à T0 et T8, au regard de l'évaluation neuromusculaire en laboratoire. Les mesures NRM ont finalement été recueillies chez 30 sujets sains à T0 et T8 (sans traitement), pour fins de comparaison avec les patients à T0 et d'évaluation de la fidélité test-retest à moyen terme (**Objectif 3**).

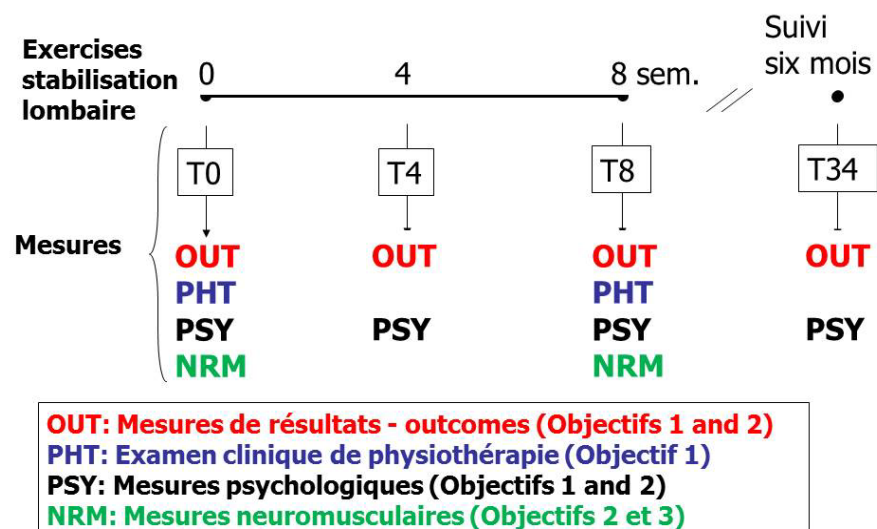


Figure 3. Quatre catégories de mesures (OUT, PHT, PSY, NRM) ont été recueillies chez les patients à différents moments (T0, T4, T8) et après (T34) le programme d'exercice. Les mesures PHT et NRM sont plus coûteuses et n'ont donc été collectées qu'à T0 et T8. Les mesures NRM ont aussi été recueillies chez 30 sujets sains pour l'étude de fidélité.

3.2 Sujets

La **taille de l'échantillon** nécessaire pour répondre à l'objectif 1 (dérivation des RPC) a été estimée selon une équation spécifique (Simel *et al.*, 1991), conduisant à 130 patients (65 hommes et 65 femmes) et en supposant taux d'attrition de 30 %. Certaines entrées de cette équation ont été obtenues à partir de l'étude préliminaire de Hicks (Hicks *et al.*, 2005). Trente sujets sains ont aussi été nécessaires pour évaluer la fidélité test-retest (Objectif 3), comme détaillé ci-dessous. Ces sujets ont également été utilisés comme groupe contrôle pour répondre à l'objectif 2. Dans ce rapport, l'utilisation de l'expression groupe contrôle ne signifie donc pas que nous avons conçu un ECR avec un groupe contrôle (patients sans traitement).

Dans la présente étude préliminaire, un échantillon de **60 patients (30 hommes et 30 femmes)** était visé, en recrutant à la clinique externe de l'Institut de réadaptation Gingras-Lindsay-de-Montréal (IRGLM), dans certaines cliniques de physiothérapie de la région métropolitaine et par le biais d'annonces dans les journaux. Les critères d'inclusion étaient les suivants : (1) être âgé entre 18 et 65 ans, (2) maîtrise de la langue française ou anglaise, (3) présence de douleur lombaire ou lombo-sacrée non aiguë, définie comme une douleur quotidienne ou quasi quotidienne depuis plus de 4 semaines, avec ou sans douleur radiculaire (4) obtenir un score supérieur à 12 % au questionnaire Oswestry (OSW), le changement minimal cliniquement important étant de 10 points (voir la section des analyses statistiques). Les principaux critères d'exclusion étaient les suivants : (1) pathologie lombaire spécifique (fracture, infection ou tumeur) ou scoliose, (2) signe neurologique positif dans deux des trois catégories de test (1. réflexes au genou et la cheville; 2. myotomes; 3. dermatomes), (3) chirurgie de l'appareil musculosquelettique du tronc, (4) maladie systémique, (5) début d'un programme d'exercice durant les derniers six mois, (6) grossesse, (7) douleur dorsale ou cervicale plus intense que la douleur lombaire et (8) litige sur le plan juridique lié à la blessure au dos. Une approche per protocole a été adoptée au lieu d'une approche en intention de traiter (*intention to treat*), car elle est plus pertinente à l'étape de dérivation d'une RPC. Un critère d'exclusion additionnel était donc une assiduité insuffisante aux rendez-vous cliniques (absences sans prévenir à deux séances consécutives). Seulement l'adhésion au programme d'exercice à la maison était laissée au choix des patients, car cela correspond à la pratique.

Trente sujets sains (15 hommes, 15 femmes), âgés entre 18 et 65 ans et maîtrisant le français ou l'anglais ont également été recrutés. La taille de l'échantillon a été obtenue à partir d'une étude qui a déterminé qu'au moins 25 à 30 cas doivent être considérés pour obtenir des estimations fiables des erreurs de mesure (Springate, 2012). Leurs critères d'exclusion étaient : (1) avoir souffert d'un mal de dos dans la dernière année ou d'un mal de dos d'une durée de plus d'une semaine dans les années précédentes; (2) avoir subi une chirurgie de l'appareil musculosquelettique du tronc; (3) avoir une maladie systémique, (4) avoir débuté un programme d'exercice durant les trois derniers mois, (5) être enceinte, (6) être obèse (indice de masse corporelle $> 30 \text{ kg/m}^2$). Le dernier critère a été utilisé parce que la qualité de plusieurs mesures NRM (ex. : EMG, ultrasons) est nettement compromise chez les personnes obèses. **D'ailleurs, seulement les patients non-obèses ont également été admis pour les mesures NRM.**

3.3 Intervention

Le programme d'exercice de stabilisation lombaire de 8 semaines a été pris en charge par sept physiothérapeutes de cliniques privées de physiothérapie de la région de Montréal, sans co-interventions d'autorisés (ex. : ergothérapie, TENS, massage, ultrasons, etc.), sauf pour les médicaments (anti-inflammatoire non stéroïdiens, analgésiques, opioïdes, relaxants musculaires) qui ont été enregistrés. Les physiothérapeutes ont reçu une formation de deux jours portant sur la description de l'étude (1 heure) et surtout, sur la façon d'enseigner les exercices aux patients (10 heures). Le programme d'exercice, tel que décrit à l'annexe A, respectait essentiellement l'approche australienne (Richardson *et al.*, 2004), qui se concentre sur le contrôle moteur des muscles profonds du tronc, suivie par l'approche de McGill (McGill, 2002), comprenant des exercices de surcharge. Ce programme a été utilisé dans une étude réalisée dans l'État du Vermont aux États-Unis (Henry *et al.*, 2014) par une coauteure de la présente recherche (S. Henry), et avait recours aux ultrasons comme outil de rétroaction. L'utilisation de méthodes de rétroaction plus accessibles telles que la palpation et l'unité de rétroaction de pression (Richardson *et al.*, 2004) a été privilégiée dans la présente étude afin de mieux généraliser nos résultats à la pratique actuelle en physiothérapie. Bien entendu, les physiothérapeutes étaient autorisés à ajuster la progression selon les besoins des patients. Tous les sujets ont fait le programme en clinique à raison de deux séances de 30 min par semaine sur une période de 8 semaines (sauf première visite de 60 min pour fins d'évaluation par le physiothérapeute attitré; aucune information n'a été tirée de cette évaluation par l'équipe de recherche). Pendant et après le programme de 8 semaines, les patients étaient encouragés à faire les exercices à la maison, à l'aide d'une feuille indiquant le type d'exercice et ses paramètres d'exécution, et cela chaque semaine. Afin d'uniformiser l'information donnée aux patients sur leur état, une brochure intitulée *Le Guide du dos* (ISBN : 978-2-923465-03-6) a été remise aux patients à leur première visite clinique. L'objectif principal de cette brochure est de changer les croyances et les comportements (reprise des activités) relatifs aux maux de dos. Il s'agit de la traduction en français du *Back Book* (Burton *et al.*, 1999).

3.4 Évaluations

Pour éviter toute interférence dans la relation entre le patient et son physiothérapeute, toutes les évaluations ont été effectuées par le personnel de recherche, en marge de l'intervention. De plus, il a été précisé aux patients et physiothérapeutes que les résultats de ces évaluations ne leur seraient pas transmis. En plus des caractéristiques démographiques de base (âge, sexe, état civil, scolarité) et certains éléments de l'histoire médicale de la personne, les quatre catégories de mesures identifiées à la **figure 3** et présentées plus en détail dans les prochaines sections (OUT, PHT, PSY, NRM) ont été considérées (détails additionnels à l'annexe B). Pour éviter les biais de mémoire, la durée de la douleur a été évaluée avec une question (**Depuis combien de temps souffrez-vous de douleurs au dos?**) et un choix de réponses : (1) moins de 1 mois, (2) 1-3 mois, (3) 3-6 mois, (4) 6 mois-1 an, (5) 1-5 ans, (6) plus de 5 ans.

3.4.1 Mesures de résultats (OUT)

Trois principales mesures de résultats ont été prises en compte : perception de l'incapacité, intensité de la douleur et satisfaction du patient (annexe B.1). Le questionnaire Oswestry (**OSW**) sur la perception de l'incapacité liée à une lombalgie (Roland et Morris, 1983) a été choisi comme la mesure critère pour développer les RPC, comme c'est la pratique pour le développement de RPC dans le domaine de la physiothérapie.

3.4.2 Mesures cliniques de physiothérapie (PHT)

L'examen physique (ex. : signes d'instabilité lombaire, mouvements aberrants, contrôle dysfonctionnel du mouvement, posture, tests musculaires et de performance, etc.) permettra de prendre des mesures qui seront des candidats potentiels pour la dérivation des RPC (objectif 1), comme détaillé à l'annexe B.1. Des tests qui ont théoriquement un lien avec la stabilité lombaire et qui ont une fidélité interjuges acceptable ($\kappa > 0,6$); coefficients de corrélation intraclasse [$\text{CCI} > 0,75$]) ont été sélectionnés. En ce qui a trait aux tests de déficiences du contrôle moteur, il a été choisi de n'évaluer que les symptômes provoqués par ces tests, car les compétences nécessaires pour l'évaluation des signes (alignement, mouvements) apparaissent beaucoup plus difficiles à acquérir (Van Dillen *et al.*, 1998), ce qui rendrait l'application d'une éventuelle RPC plus complexe pour la majorité des cliniciens. Ces mesures PHT ont été recueillies à T0 et T8. Les détails de plusieurs variables sont fournis à l'annexe B.1. Or, des décisions ont dû être prises afin de gérer les mesures des côtés gauche et droit (ex. : flexion latérale droite et gauche du tronc ou mesures sur les membres inférieurs gauche et droit), car les déficiences peuvent souvent être unilatérales. Conséquemment, au lieu de faire la moyenne des mesures des deux côtés, la valeur minimale a été retenue pour les mesures d'étendue de mouvement (exception : flexion latérale du tronc) et la mesure d'endurance (variable TEM-lat) alors que la valeur maximale a été retenue pour le test de performance physique (variable TPP-rouler), le but étant de retenir les mesures les plus associées à une déficience. En ce qui a trait aux mesures de déficience du contrôle moteur, la valeur maximale des deux côtés a été retenue.

3.4.3 Mesures psychologiques (PSY)

Les mesures psychologiques ont d'abord été sélectionnées en fonction du modèle peur/évitement afin d'investiguer les mécanismes d'ordre psychologique (**objectif 2**). Or, dans la poursuite de l'**objectif 1** (RPC), d'autres mesures biopsychosociales ont été choisies en lien avec l'adhésion au programme d'exercice. En effet, en plus des mesures associées au modèle peur/évitement (Vlaeyen et Linton, 2000), des mesures en lien avec le modèle d'autorégulation (Leventhal, 1980) de même qu'avec le concept d'alliance de travail (Bordin, 1979) ont été considérées, cela en se basant sur différentes revues systématiques portant sur l'adhésion en physiothérapie (Hall *et al.*, 2010a; Jack *et al.*, 2010b; McLean *et al.*, 2010; Beinart *et al.*, 2013a; Thompson *et al.*, 2015).

Les variables du modèle peur/évitement ont été évaluées avec des questionnaires autoadministrés qui ont de bonnes propriétés métriques (annexe B.2). Les variables importantes du modèle psychologique peur/évitement sont la dramatisation de la douleur (Sullivan *et al.*, 1995), les

peurs et croyances (Waddell *et al.*, 1993), et la détresse psychologique (Prévillie *et al.*, 1992). Une mesure de la détresse psychologique a été préférée à celle de la dépression pour obtenir une plus grande variabilité intersujet. Le questionnaire StarT Black (9 items) a également été utilisé comme outil de dépistage (Hill *et al.*, 2008) pour évaluer s'il est possible de prédire les échecs thérapeutiques en fonction du profil psychosocial.

De manière à prédire l'adhésion du programme d'exercice à la maison (et indirectement le succès ou l'échec de traitement avec les RPC), les aspects relatifs aux obstacles à l'adhésion (Jack *et al.*, 2010a) ont également été évalués en considérant (1) la douleur perçue durant l'exercice (Damsgard *et al.*, 2010), (2) le niveau d'activité physique durant les semaines précédentes (Baecke *et al.*, 1982), (3) l'anxiété, la dépression et le sentiment d'impuissance (composantes mesurées par les variables du modèle peur/évitement, (5) le soutien social ou familial à l'activité (Sallis *et al.*, 1987), (6) les nombreuses barrières à l'exercice (McAuley et Mihalko, 1998) (7) la crédibilité et les attentes du traitement (Deville et Borkovec, 2000), (8) la perception de la maladie (Broadbent *et al.*, 2006), (9) les attentes du patient sur le traitement par l'exercice (Resnick *et al.*, 2000) et (10) l'alliance thérapeutique entre le patient et son thérapeute (Hall *et al.*, 2010b). Ces variables mesurent des concepts complémentaires associés à différentes théories de l'adhésion aux traitements thérapeutiques (Coutu *et al.*, 2010; Jordan *et al.*, 2010). Deux de ces mesures PSY (la crédibilité et les attentes du traitement; l'alliance thérapeutique entre le patient et son thérapeute) ont été recueillies après la première semaine (au lieu de T0), car elles dépendent de la description du programme d'exercice faite par le physiothérapeute et nécessitent un minimum d'interactions entre le patient et le thérapeute pour être valides. Tous les questionnaires étaient disponibles en versions française et anglaise. La plupart de ces variables figurent parmi les candidates pour la dérivation des RPC (**objectif 1**) et pour évaluer les mécanismes d'origine psychologique (**objectif 2**).

L'adhésion au programme d'exercice à domicile n'a pas été évaluée pendant la phase clinique de huit semaines pour éviter de modifier le comportement du patient (Jordan *et al.*, 2010) et ainsi de biaiser la dérivation des RPC. Or, il n'existe aucun standard pour mesurer l'adhésion, ce qui exige de la créativité pour l'évaluer (Beinart *et al.*, 2013b). Aux temps T8 et T34, nous avons simplement posé la question suivante : combien de fois avez-vous fait vos exercices tel que prescrit durant la dernière semaine? Une récente revue systématique a justement permis de constater que la fréquence est la principale mesure utilisée dans l'évaluation de l'adhésion aux exercices (Beinart *et al.*, 2013b). Étant donné que l'adhésion est le degré avec lequel le comportement de la personne concorde avec les recommandations du professionnel de la santé, le ratio entre la fréquence des exercices et la fréquence prescrite par le thérapeute a été calculé. Les ratios au-dessus de 1 ont été tronqués à 1 (Mannion *et al.*, 2009).

3.4.4 Mesures neuromusculaires (NRM)

3.4.4.1 Techniques de mesure

Les instruments de mesure utilisés seuls ou en combinaison avec un des montages, comme illustré à l'annexe B.3, sont de différents ordres.

Imagerie par ultrasonographie. Un appareil à ultrasons de la compagnie Philips (Philips Medical Systems, Bothell, WA; modèle HD11 1.0.6) a été utilisé, avec une sonde linéaire de 50 mm (modèle L12-5, 12-5 MHz) pour les abdominaux et une sonde curvilinéaire (75°, 6,5 cm; modèle C5-2, 5-2 MHz) pour les LuM.

Électromyographie de surface. Pour les tests 5 (ajustements posturaux anticipatoires) et 6 (coordination du tronc) décrits ci-dessous, les signaux EMG des muscles dorsaux ($n = 6$), abdominaux ($n = 4$) et de l'épaule droite ont été recueillis (taux d'échantillonnage : 1000 Hz; bande passante : 20-450 Hz) avec un système Bagnoli-16 (DS-B04; Delsys Inc., MA) et 11 paires d'électrodes de surface (modèle DE-2.1; gain : 10, DelSys Inc., Wellesley, MA). Les électrodes ont été positionnées bilatéralement vis-à-vis le muscle multifide au niveau L5, l'ilio-costal lombaire au niveau L3, et le long dorsal à L1, de même que sur les obliques externes (OE), les obliques internes (OI) et le deltoïde antérieur.

Cinématique. La cinématique angulaire de la chaise instable (test 3), du tronc et du bras droit a été mesurée avec un système comprenant cinq senseurs 3D (X-Sens Motion Technologies, Enschede, Hollande) positionnés sur la chaise, le sacrum, les vertèbres T12 et C4, ainsi que sur le bras droit. Ces mesures étaient nécessaires pour les tests 3 (équilibre postural), 5 (ajustements posturaux anticipatoires) et 6 (coordination du tronc) décrits ci-dessous. Les senseurs positionnés sur le tronc et le bras ont été installés seulement après le test 3.

3.4.4.2 Tests neuromusculaires

Six tests ont permis d'évaluer les différentes fonctions neuromusculaires potentiellement associées à la stabilité lombaire (détails et figures à l'annexe B.3), comme suggéré par le modèle de la stabilité lombaire (Panjabi, 1992b). La plupart de ces tests ont été implantés et évalués au regard de leur validité ou fidélité test-retest à court terme (références ci-dessous), mais pas en ce qui concerne la fidélité test-retest à moyen terme (**objectif 3** de la présente étude).

Test n° 1. Épaisseur et activation des muscles profonds du tronc avec l'imagerie par ultrasons. L'épaisseur des muscles multifides (muscles profonds du dos à L3, L4 et L5) et des abdominaux (OE, OI, TrA) a été mesurée avec les images correspondant au repos et à l'activation musculaire, de manière à pouvoir détecter une possible atrophie musculaire (mesure au repos) ou une activation non optimale de ces muscles, en calculant le pourcentage de changement entre l'état de contraction et l'état de repos (Larivière *et al.*, 2013a; b). La sonde a été positionnée sur la paroi abdominale afin de permettre les mesures d'épaisseur des trois muscles, dans la portion où les muscles ont une épaisseur uniforme.

Test n° 2. Proprioception lombaire. Le test permet de quantifier le sens du mouvement, c.-à-d. le seuil où le sujet sent que sa colonne lombaire n'est plus dans sa position initiale (Lee *et al.*, 2010).

Test n° 3. Équilibre postural du tronc en position assise sur une chaise instable. Un capteur collé sur l'assise de la chaise, derrière le sujet, mesure les mouvements avant/arrière et médio-latéral de la chaise, ce qui permet de générer une représentation 2D du mouvement de la chaise, appelée stabilogramme (Larivière *et al.*, 2013b). Ce stabilogramme est quantifié de différentes façons, notamment avec des variables permettant de connaître l'amplitude des mouvements, mais aussi le contenu fréquentiel de ces mouvements. Vingt-quatre variables ont été retenues, parmi les 38 calculées antérieurement, sur la base des résultats de la première étude de fidélité réalisée avec ce protocole de mesure (Larivière *et al.*, 2013b).

Test n° 4. Rigidité lombaire (rigidités intrinsèque et réflexive). Les signaux de force et de mouvement du tronc (du harnais entourant le thorax) qui ont été recueillis lors des perturbations avant/arrière du tronc/harnais ont été utilisés dans un modèle mathématique permettant de départager les contributions intrinsèques et réflexives responsables de la rigidité lombaire, menant à l'estimation de 12 variables (Larivière *et al.*, 2015).

Test n° 5. Ajustements posturaux anticipatoires (APA). Il s'agit d'abord de quantifier la latence entre l'activation du muscle deltoïde antérieur (épaule) droit et l'activation de chacun des muscles du tronc, ce qui crée 10 variables de latence (électrodes EMG sur 10 muscles du tronc) (Larivière *et al.*, 2013a). Plusieurs de ces latences sont négatives, indiquant que certains muscles du tronc s'activent avant l'initiation du mouvement du bras (mesuré avec l'EMG du deltoïde antérieur), cela afin de contrer la perturbation imminente du tronc. Il s'agit ensuite de vérifier si cette préactivation des muscles du tronc est efficace pour limiter les mouvements de la colonne lombaire tels que mesurés avec les capteurs de mouvement. Le mouvement de la colonne lombaire a donc aussi été quantifié en fonction de la position (Larivière *et al.*, 2013a), de la vitesse et de l'accélération angulaires maximales enregistrées entre le moment précédant (-100 ms) et suivant (200 ms) l'activation du deltoïde antérieur.

Test n° 6. La coordination du tronc. Cette coordination a d'abord été quantifiée avec l'EMG de surface des muscles dorsaux, c.-à-d. en quantifiant le phénomène de flexion-relaxation avec ces deux ratios de l'activité musculaire, tel que détaillé dans un rapport de recherche antérieur (Larivière *et al.*, 2010) :

$$\text{Ratio flexion/relaxation (RFR)} = \frac{\text{EMG maximal lors du mouvement de flexion}}{\text{EMG minimal en fin de flexion}}$$

L'étendue de mouvement des trois segments du tronc (bassin, colonnes lombaire et thoracique) et du tronc en entier a aussi été quantifiée avec des capteurs de mouvement positionnés sur le sacrum (bassin) et sur la colonne vertébrale en deux endroits (T12 et C7), permettant d'évaluer les contributions de chaque segment. Afin de quantifier la coordination entre les segments, la contribution relative (variables ContRel) de chacun de ces segments au mouvement maximal du tronc (capteur à C7) a été calculée (Larivière *et al.*, 2010; Larivière *et al.*, 2014).

3.5 Analyses statistiques

3.5.1 Objectif 1 – Dérivation des RPC (hypothèse 1)

Les procédures statistiques généralement utilisées pour développer une RPC ont été utilisées. Tout d'abord, trois sous-groupes de patients ont été définis en fonction de leur niveau de succès à l'aide de l'OSW à T8 : (1) succès, (2) amélioration cliniquement significative, (3) échec, de façon similaire à ce que propose Hicks *et al.* (2005). Pour ce faire, le score de changement de l'OSW ($\Delta\text{OSW} = \text{OSWT0} - \text{OSWT8}$) et le pourcentage correspondant à ce changement [$\Delta\text{OSW}\% = ((\text{OSWT0} - \text{OSWT8}) / \text{OSWT0}) \times 100$] ont été calculés pour chaque patient. Avec le questionnaire Oswestry, un seuil d'amélioration de 50 % a déjà été utilisé (Hicks *et al.*, 2005) et plus récemment justifié comme un critère valable pour définir un succès clinique chez les patients souffrant de lombalgie (Fritz *et al.*, 2009). Un changement cliniquement important de 10 points dans les scores OSW a aussi été considéré (Ostelo *et al.*, 2008). En utilisant ces critères, les trois sous-groupes ont été définis comme suit :

- Succès : $\Delta\text{OSW} \% > 50 \%$
- Amélioration cliniquement significative : $\Delta\text{OSW} \% < 50 \%$, mais $\Delta\text{OSW} > 10$
- Échec : $\Delta\text{OSW} \% < 50 \%$ et $\Delta\text{OSW} < 10$

Des modèles de régression logistique ont ensuite été développés, selon la méthode pas à pas ascendante, afin de définir, sur la base des mesures initiales (PHT et la plupart des mesures PSY à T0), les caractéristiques des patients qui ont réussi (RPC-succès) ou échoué (RPC-échec) à T8. Voici les étapes d'analyse :

1. Pour chaque variable, une analyse univariée (T-test, khi carré) entre les sous-groupes « succès » et « échec » a été réalisée pour sélectionner les variables qui ont un certain potentiel de prédiction, en utilisant un critère statistique libéral ($p < 0,20$) ;
2. Pour les variables continues sélectionnées, des courbes ROC (*Receiver Operating Characteristic*) ont été utilisées pour déterminer les points de coupure qui optimisent la discrimination. Ensuite, les scores de sensibilité et de spécificité ainsi que les valeurs prédictives et les rapports de vraisemblance positifs et négatifs ont été calculés ;
3. Une modélisation hiérarchique en trois étapes a été effectuée :
 - Étape 1 : considération des variables qui sont spécifiquement (théoriquement) associées à ce traitement (variables de classe A - relation directe ou indirecte avec la stabilité lombaire);
 - Étape 2 : en plus des variables de classe A, considération des variables qui peuvent influencer les résultats grâce à l'adhésion au programme d'exercice à la maison (variables de classe B - potentiellement liés à l'adhésion);
 - Étape 3 : en plus des variables des classes A et B, considération des variables qui peuvent être associées à n'importe quel programme d'exercice (variables de classe C).

Pour définir les RPC de succès, on a donc respectivement attribué un 0 et un 1 aux sous-groupes « échec » et « succès ». Pour les RPC d'échec, ces scores ont été inversés.

Les variables des classes A, B et C sont décrites dans les annexes B.1 et B.2. L'interprétation des résultats à chaque étape aidera à définir la signification clinique des RPC. Compte tenu que le

but de la RPC consiste à prédire si la condition d'un patient s'améliorera ou pas avec ce programme d'exercice, les facteurs liés à l'adhésion au programme à la maison, considérés à l'étape 2, risquent d'être importants. En effet, si ces facteurs sont problématiques, il faudra d'abord y remédier avant de débiter le programme d'exercice. Advenant que des variables de classe C aient aussi une valeur prédictive additionnelle (étape 3), il faudra conclure qu'elles sont associées à tout programme d'exercice.

3.5.2 Objectif 2 – Étude des mécanismes d'action (hypothèses 2 à 5)

Les analyses statistiques ont été menées de manière à toujours avoir un nombre minimum de 10 sujets dans chacun des sous-groupes comparés. Ce nombre nous apparaît acceptable pour une étude exploratoire.

Hypothèse 2 (pour variables PHT et PSY) : Pour les mesures PHT et PSY (variables continues) recueillies chez les patients, des ANOVA à deux voies pour mesures répétées sur le facteur TEMPS, soit 2 SOUS-GROUPES $\times$ 2 TEMPS pour les mesures PHT (aux temps T0 et T8 ; $n = 48$) et 2 SOUS-GROUPES $\times$ 4 TEMPS pour les mesures PSY (aux temps T0, T4, T8 et T34 ; $n = 45$) ont été réalisées. Pour ce qui est des variables catégoriques PHT et PSY, un tel modèle statistique mixte n'est pas disponible alors seulement le facteur TEMPS a été étudié, avec l'échantillon complet des patients ($n = 48$). Le test de McNemar a ainsi été appliqué aux variables PHT (temps T0 par rapport à T8) alors que le test Q de Cochran fût appliqué aux variables PSY pour comparer les quatre temps de mesure. Étant donné qu'il n'y avait pas de groupe contrôle composé de patients n'ayant pas eu le traitement, il était impossible d'attribuer l'effet TEMPS au temps ou au traitement, c'est la raison pour laquelle il a été choisi d'écrire « effet temps/traitement » dans le texte qui suit portant sur les variables PHT et PSY.

De manière à permettre une interprétation plus claire de la grandeur des effets détectés, la taille d'effet a été calculée à l'aide de la distance d de Cohen de type d_s (pour groupes indépendants) et d_{av} (pour mesures répétées) (Lakens, 2013). Un d d'une valeur aux alentours de 0,2 est interprété comme un effet « faible », 0,5 « moyen » et 0,8 « fort ». Afin de faciliter l'interprétation, les valeurs d pour décrire l'effet TEMPS ont été calculées de manière à ce que les valeurs négatives indiquent une diminution dans le temps.

Hypothèses 2 et 5 (pour variables NRM) : En ce qui a trait aux mesures NRM, moins de patients étaient disponibles ($n = 32$; 14 hommes et 18 femmes). Cependant, nous disposons d'un groupe contrôle de 30 sujets sains (15 hommes et 15 femmes) pour ces mesures. Il a donc été possible de conduire des ANOVA à trois voies (2 STATUTS $\times$ 2 SEXE $\times$ 2 TEMPS) pour mesures répétées sur le facteur TEMPS pour comparer les patients et les sujets contrôles (facteur STATUT) et pour comparer les sexes, ceci entre les deux temps de mesure (T0 et T8). Afin de s'en tenir à l'essentiel, seuls les effets principaux STATUT et TEMPS ainsi que l'interaction STATUT $\times$ TEMPS ont été rapportés et interprétés dans ce rapport. Ici, étant donné qu'il y avait un groupe contrôle (sujets sains) n'ayant pas eu le traitement, il n'était pas non plus possible d'attribuer l'effet TEMPS au temps ou au traitement. Par contre, l'étude de l'interaction

STATUT $\times$ TEMPS permettait d'exclure l'apprentissage des tests comme explication possible de l'effet TEMPS chez les patients. Les tailles d'effet (d de Cohen) ont aussi été calculées.

Pour les variables PHT, PSY et NRM continues, obtenues chez les patients, des analyses corrélationnelles ont été réalisées pour évaluer la présence potentielle de deux phénomènes : (1) la présence de sous-groupes cliniques et (2) la présence d'un mécanisme d'action.

1. Bien que la **présence de sous-groupes cliniques** est en lien avec l'objectif 1 de la présente étude, la méthode statistique utilisée ici (corrélations) est différente, car elle permet de considérer tous les patients ($n = 48$) au lieu de faire le contraste entre deux groupes distincts (succès et échec), ce qui peut aider à mieux déterminer les variables qui ont le potentiel de jouer un **rôle de modération**. Une **variable modératrice** permet d'établir la présence de sous-groupes cliniques (définis avant le traitement c.-à-d. à T0) qui ont des trajectoires thérapeutiques différentes. En plus des variables PHT et PSY ($n = 48$), les variables NRM ($n = 32$) ont aussi été investiguées dans ce sens. Pour chaque variable indépendante (PHT, PSY, NRM), une corrélation de Pearson a été faite entre la variable indépendante mesurée à T0 et le changement clinique ($T8 - T0$) observé avec les mesures de résultats (OSW, douleur).
2. L'évaluation de la **présence potentielle de certains mécanismes d'action** a été faite en étudiant la présence d'interactions SOUS-GROUPE $\times$ TEMPS (variables PHT et PSY) et STATUT $\times$ TEMPS (variables NRM), comme proposé ci-haut (ANOVA). Encore ici, une approche différente (analyses corrélationnelles) a été utilisée pour déterminer des variables qui ne l'auraient pas été par les ANOVA. Pour ce faire, les corrélations de Pearson ont cette fois-ci été menées entre le changement ($T8 - T0$) de chaque variable indépendante (PHT, PSY, NRM) et le changement ($T8 - T0$) observé avec le questionnaire OSW et l'intensité de la douleur. En fait, des corrélations partielles ont été effectuées afin de tenir compte de l'état initial des patients (mesure PHT, PSY ou NRM à T0 considérée comme covariable). Ces analyses exploratoires permettent d'identifier les variables qui ont le « potentiel » de jouer un **rôle de médiation**. Une **variable médiatrice** suggère la présence d'un mécanisme d'action, car le changement de cette variable au cours du traitement est associé aux changements cliniques. Cependant, il est à noter que l'étude de la présence d'effets médiateurs requiert un devis de recherche avec groupe contrôle, des analyses statistiques plus élaborées et des effectifs plus importants. C'est la raison pour laquelle nous qualifions ces analyses « d'exploratoires », dans le but de déterminer la présence « potentielle » de variables médiatrices.

Finalement, de manière à connaître le potentiel prédictif de chaque variable, une analyse de **régression multiple linéaire** a été menée, ayant comme variables indépendantes (PHT, PSY, NRM) la valeur initiale (T0) et son changement (T8 – T0) et comme variable dépendante le changement des variables cliniques (OSW ou douleur). Les coefficients de détermination R^2 calculés, permettant de juger de la taille de l'effet, peuvent être interprétés selon les critères de Cohen : 0,02 (effet faible), 0,13 (effet modéré) et 0,26 (effet fort).

Hypothèses 3 (relation entre l'adhésion et les mesures de résultats cliniques) : L'adhésion au programme d'exercice fait à la maison est un des mécanismes par lequel les effets du programme peuvent être modulés. Pour vérifier l'hypothèse 3, des corrélations de Pearson ont été calculées entre l'adhésion (à T8 et puis à T34) et le changement (T8-T0 et puis T34-T0) de la douleur et les incapacités (OSW).

Hypothèse 4 (prédiction de l'adhésion). Afin de connaître les variables qui ont le potentiel de prédire l'adhésion, soit celles qui pourraient être utilisées à l'étape 2 des régressions hiérarchiques décrites dans la section 2.5.1 précédente (dérivation des RPC de succès et d'échec), un modèle multivarié (procédure PROC MIXED, SAS 9.3; SAS Institute, Cary NC) a été créé pour lier ces variables à l'adhésion. Ce modèle a la particularité de tenir compte des mesures répétées faites dans le temps, c.-à-d. les variables indépendantes mesurées à T0, T4, T8 et T34 et la variable dépendante (adhésion) mesurée à T8 et T34.

3.5.3 Objectif 3 – Fidélité des mesures neuromusculaires (hypothèse 6)

L'analyse de la fidélité, basée sur la théorie générale de la fidélité ou *generalizability theory* (Shavelson et Webb 1991), a permis non seulement d'établir les sources de variabilités (variances intersujets, interessais, interjours, interactions doubles et triples), mais aussi d'estimer le nombre d'essais nécessaires pour obtenir des variables fidèles. En effet, la théorie générale de la fidélité consiste en deux parties. La première est l'étude-G qui estime les composantes de variance jugées importantes pour la mesure d'intérêt. Dans le cas présent, il s'agit des composantes de variance dues au Sujet, à l'Essai, au Jour et de leurs interactions. L'étude-G a consisté en une ANOVA à deux voies avec mesures répétées sur les facteurs Essais (entre 3 et 10, selon le test; voir annexe B.3) et Jour (n = 2 sessions de mesure). Les composantes de variance sont alors calculées à partir des résultats de l'ANOVA [Sujet (σ_s^2), Essai (σ_e^2), Jour (σ_j^2), Sujet (Essai (σ_{se}^2), Sujet $\times$ Jour (σ_{sj}^2), Essai $\times$ Jour (σ_{ej}^2), Sujet (Essai $\times$ Jour (σ_{sej}^2))].

La deuxième partie de la théorie générale de la fidélité est l'étude-D permettant de donner une estimation de la fidélité pour divers devis de recherche (stratégies de mesures) autres que l'étude-G. Grâce à l'étude D, il est possible d'estimer l'amélioration de la fidélité lorsque les mesures sont moyennées sur plusieurs essais et/ou plusieurs jours, pourvu qu'il n'y ait pas d'erreurs systématiques entre les essais et jours (apprentissage). En d'autres mots, faire la moyenne de plusieurs mesures permet de contrer les effets des erreurs aléatoires présentes dans toute mesure. Bien entendu, réaliser des mesures sur plusieurs jours n'est pas pratique d'un point de vue clinique. Ici, nous ne vérifierons que la fidélité correspondant à la moyenne d'un nombre d'essais

dépendant du test neuromusculaire (certains tests demandent ou permettent plus d'essais). Les sources de variance ont ainsi été utilisées pour calculer l'erreur standard de mesure (ESM) et le coefficient de dépendabilité (ϕ) correspondant, selon les équations suivantes :

$$ESM = \sqrt{\frac{\sigma_E^2}{n_E} + \frac{\sigma_J^2}{n_J} + \frac{\sigma_{SE}^2}{n_E} + \frac{\sigma_{SJ}^2}{n_J} + \frac{\sigma_{EJ}^2}{n_E n_J} + \frac{\sigma_{SEJ}^2}{n_E n_J}} \text{ et } \Phi = \frac{\sigma_S^2}{\sigma_S^2 + ESM}$$

où n_E et n_J sont, respectivement, le nombre d'essais et de jours considérés, lorsque des études-D sont planifiées. Il est prévisible, à partir de ces deux équations, qu'une augmentation de n_E permette d'augmenter la fidélité (augmentation de ϕ et diminution de ESM).

Le coefficient de dépendabilité (ϕ) correspond à la proportion de variance expliquée par le facteur Sujet et est analogue au coefficient de corrélation intraclasse (CCIC) communément utilisée pour quantifier la fidélité (Shrout et Fleiss 1979), soit le CCIC de type (2,1). Le ϕ donne une idée de la capacité de la mesure à différencier (ordonner) les sujets et a donc une valeur diagnostique importante lorsque l'on compare des individus. L'appréciation des ϕ a été faite en fonction de ce qui est suggéré pour les CCIC (Fleiss, 1986) : $\phi < 0,40$ (pauvre), $0,40 < \phi < 0,75$ (modéré), $\phi > 0,75$ (excellent). L'ESM, qui estime la variabilité de la mesure, indique la capacité à détecter un changement dans le temps et a donc une importance lorsque des mesures répétées sont réalisées, comme c'est le cas pour évaluer les effets de la réadaptation.

4. RÉSULTATS

4.1 Éléments de faisabilité

Seulement six patients ont été recrutés dans les cliniques, car ceux-ci débutent généralement un programme d'exercice avant la fin de la phase aiguë. Les patients ont été recrutés principalement par le biais d'annonces dans les journaux, comme détaillé avec les statistiques suivantes. Ainsi, 714 appels ont été reçus, dont 77 ont permis de recruter des participants pour la première évaluation clinique. Puis, 13 d'entre eux ont été exclus parce qu'ils ne répondaient pas à certains critères (12 % OSW ou signes neurologiques). Parmi les 64 patients qui ont débuté le programme d'exercice, 48 l'ont complété et ont été réévalués (questionnaires et examen physique post-traitement), toutes ces mesures étant nécessaires pour répondre à l'objectif 1 (dérivation préliminaire des RPC). Cette attrition ($n = 16$ patients ; soit 25 %) s'explique le plus souvent par des facteurs dits « non évitables » par l'équipe de recherche (début grossesse, déménagement, chirurgie, décès dans la famille, apparition douleurs cervicales), mais aussi pour des raisons évitables (6 pour manque d'assiduité aux rendez-vous; 1 parce qu'il ne percevait pas assez d'amélioration). Au suivi à 6 mois, une attrition additionnelle de trois patients a été observée.

Les caractéristiques démographiques, anthropométriques et cliniques des patients étaient équivalentes entre les hommes ($n = 23$) et les femmes ($n = 25$), à l'exception de la taille, comme attendu (**tableau 1**). Dans l'ensemble, ces patients avaient une incapacité et une douleur modérées ainsi que des caractéristiques psychologiques sous les seuils de signification clinique, comme révélé avec les échelles PCS (seuil : 30/52), IDP (seuil : 26 %) et StarT Back (seuil : 4/9).

La durée de la douleur était distribuée de la façon suivante à travers les différents intervalles proposés : (1) moins de 1 mois ($n = 0$), (2) 1-3 mois ($n = 2$), (3) 3-6 mois ($n = 2$), (4) 6 mois-1 an ($n = 6$), (5) 1-5 ans ($n = 17$), (6) plus de 5 ans ($n = 21$). L'échantillon était donc composé à 96 % (46/48) de patients avec douleurs chroniques (3 mois ou plus).

Tableau 1. Description des caractéristiques démographiques, anthropométriques et cliniques des 48 patients

Variables	Hommes ($n = 23$)		Femmes ($n = 25$)		Test-t Valeur P
	Moyenne	(écart-type)	Moyenne	(écart-type)	
Âge (années)	45	(12)	48	(11)	0,361
Taille (m)	1,72	(0,06)	1,63	(0,05)	< 0,001
Masse (kg)	79	(18)	77	(14)	0,689
IMC (kg/m^2)*	26,6	(6,1)	28,8	(4,6)	0,156
OSW (%)	26,4	(9,9)	29,4	(11,1)	0,335
Int-Douleur (score /10)	4,8	(1,5)	4,7	(1,2)	0,702
PCS (score /52)	23,6	(11,8)	21,0	(13,1)	0,475
IDPtot (score/100)	25,6	(12,0)	20,3	(13,3)	0,159
StarT Back (score/9)	2,0	(0,8)	1,6	(0,6)	<u>0,053</u>

* IMC : Indice de masse corporelle.

Les valeurs $P \leq 0,05$ sont en caractères gras alors que les valeurs situées entre 0,05 et 0,10 sont soulignées.

4.2 Effets du programme d'exercice

Durant les huit premières semaines, tous les patients ont atteint la phase 3, c.-à-d. un niveau modéré/avancé de contrôle des déficiences et fonctions, où l'accent est placé sur le développement de l'endurance. Le programme a produit des effets significatifs dans le temps sur toutes les mesures de résultats primaires (**tableau 2**). Des progrès ont été observés autant au regard de la douleur, des incapacités (OSW) et des changements globaux (ChangGlob), et cela dès le mi-traitement (T4) et les gains acquis à T8 se sont maintenus au suivi de 6 mois (T34).

Les patients correspondant aux critères de réussite, d'amélioration cliniquement significative et d'échec étaient respectivement au nombre de 31 (13 H + 18 F), 5 (2 H + 3 F) et 12 (8 H + 4 F). Les mesures OUT obtenues pour ces sous-groupes de patients sont présentées au **tableau 3**. Les *d* de Cohen correspondant à la diminution de OSW et Int-Douleur à T8 sur l'ensemble du groupe (*n* = 48) étaient respectivement de -1,26 et -1,45. Ces effets étaient plus élevés pour le sous-groupe succès (-1,59 et -1,61, respectivement), ainsi que pour les sous-groupes amélioration clinique (-1,38 et -0,85) et échec (-0,24 et -1,27).

Tableau 2. Effet du temps/traitement sur les mesures de résultats primaires (OUT), chez les 45 patients qui ont fait le suivi de 6 mois

Variables	Moyenne (écart-type)								ANOVA	Test
	T0		T4		T8		T34		Valeur <i>P</i>	Post-hoc
Oswestry (%)	28	(11)	19	(12)	12	(10)	12	(10)	< 0,001	T4, T8, T34
Int-Douleur (/10)	4,7	(1,3)	3,1	(1,3)	2,1	(1,1)	2,2	(1,7)	< 0,001	T4, T8, T34
ChangGlob (-3 à 3)			1,7	(0,8)	2,6	(0,6)	2,0	(1,0)	< 0,001	T8 > T4, T34
Satisfaction du traitement (%)					94	(13)			< 0,001	≠ 0

Tableau 3. Mesures de résultats primaires (OUT) chez les 48 patients qui ont complété le programme d'exercice de huit semaines, classés selon le niveau de succès du traitement

Variables	Temps	Tous (<i>n</i> = 48)		Échec (<i>n</i> = 12)		Amélioration (<i>n</i> = 5)		Succès (<i>n</i> = 31)	
Oswestry (%)*	T0	28	(11)	22	(9)	36	(9)	29	(10)
	T8	11	(10)	20	(10)	22	(6)	7	(6)
Int-Douleur (/10)	T0	4,7	(1,3)	4,6	(1,7)	4,7	(1,7)	4,8	(1,2)
	T8	2,1	(1,1)	2,4	(0,9)	3,2	(1,7)	1,8	(1,0)
ChangGlob (-3 à 3)									
	T8	2,6	(0,6)	2,1	(0,8)	2,6	(0,5)	2,7	(0,5)
Satisfaction du traitement (%)									
	T8	94	(12)	93	(6)	94	(5)	94	(15)

* Variable ayant servi de critère pour déterminer l'appartenance aux sous-groupes « Échec », « Amélioration », « Succès ».

4.3 Objectif 1 – Dérivation préliminaire des RPC

4.3.1 Sélection des variables prédictives potentielles

Les résultats des analyses univariées réalisées sur les variables continues et dichotomiques sont respectivement présentés dans les **tableaux C-1 et C-2 (annexe C)**. Les variables continues qui ont démontré un potentiel prédictif ($P < 0,20$) ont ensuite été dichotomisées et réévaluées avec un khi carré (**tableau C-3**). La durée de la douleur (six intervalles) a été analysée de différentes façons (variable continue ou dichotomisée de différentes façons), sans donner de résultats concluants. Ces résultats ont permis d'identifier 14 variables de classe A, 4 variables de classe B et une variable de classe C comme candidates potentielles ($P < 0,20$) dans les analyses multivariées présentées dans la prochaine section. Les valeurs prédictives univariées de ces 19 variables sont détaillées dans le **tableau 4**. Il est d'usage de ne retenir que les variables ayant un $LR+ > 2,0$, pour une RPC de succès, ou un $LR- < 0,5$ pour une RPC d'échec, afin de ne conserver que les variables qui ont un gain diagnostique potentiel modéré, un gain fort se définissant par un $LR+ > 5,0$ et un $LR- < 0,2$ (Jaeschke *et al.*, 1994). Cependant, étant donné la nature exploratoire de l'étude, toutes les variables ont été retenues pour la prochaine étape, en misant sur les interactions possibles dans les analyses multivariées. On remarque aussi des $LR+ < 1$ et des $LR- > 1$ (valeurs soulignées dans le tableau 4), ce qui peut paraître inhabituel. Ces résultats indiquent une relation contraire au rationnel théorique (association possible avec l'instabilité lombaire ou l'adhésion) qui a motivé la considération de ces mesures.

4.3.2 Analyses multivariées

4.3.2.1 Règle de prédiction clinique de succès du traitement

Modèle n° 1 (variable de classe A seulement) :

- Le modèle final comprenait deux variables (illustration des tests à la **figure 4**) :
 - TPP-portée $> 0,665$ (scores inversés) ($P = 0,008$)
 - HanRot-Pas-Max positif ($P = 0,014$)
- Variance expliquée : 38,6 % (R^2 de Nagelkerke)
- Pourcentage global de classification (précision globale du modèle) : 81,4 %
- Rapports de cote (odds ratio - OR) :
 - TPP-portée : 13,7 (IC 95 % : 2,0 – 94,0)
 - HanRot-Pas-Max : 11,3 (IC 95 % : 1,6 – 78,2)
- Absence de multicollinéarité (VIF = 1,0)
- Sensibilité (Se) : 94 % (IC 95 % : 85-100 %)
- Spécificité (Sp) : 50 % (IC 95 % : 22-78 %)
- Valeur prédictive positive (VP+) : 83 % (70–95 %)
- Valeur prédictive négative (VP-) : 75 % (45–100 %)
- Rapport de vraisemblance positif (LR+) : 1,9 (IC 95 % : 1,0-3,3)
- Rapport de vraisemblance négatif (LR-) : 0,13 (IC 95 % : 0,03-0,55)

Modèle n° 2 (variables des classes A et B) : Aucune valeur ajoutée des variables de classe B.

Modèle n° 3 (variables des classes A, B et C) : Aucune valeur ajoutée des variables de classe C.

Tableau 4. Valeurs prédictives univariées des variables sélectionnées avec le test khi carré

Variables*	Se	Sp	LR+ (IC 95 %)	LR- (IC 95 %)
Variables de classe A				
Sexe féminin	0,58 (0,41-0,75)	0,67 (0,40-0,93)	1,74 (0,74-4,09)	0,63 (0,35-1,12)
EJT-Act/5-Max-D2 (>1/5)	0,26 (0,10-0,41)	0,50 (0,22-0,78)	0,52 (0,23-1,17)	1,48 (0,81-2,71)
Instabilité-Man positif	0,26 (0,10-0,41)	0,50 (0,22-0,78)	0,52 (0,23-1,17)	1,48 (0,81-2,71)
HanExt-Pas-Max positif	0,97 (0,91-1,03)	0,17 (-0,04-0,38)	1,16 (0,89-1,51)	0,19 (0,02-1,94)
HanRot-Pas-Max positif	0,58 (0,41-0,75)	0,75 (0,51-1,00)	2,32 (0,83-6,47)	0,56 (0,33-0,95)
HanRot-Act-Max positif	0,52 (0,34-0,69)	0,75 (0,51-1,00)	2,06 (0,73-5,83)	0,65 (0,40-1,05)
Laxité (>0,5/9)	0,39 (0,22-0,56)	0,92 (0,76-1,07)	4,65 (0,68-31,94)	0,67 (0,48-0,93)
Courbure (<29°)	0,58 (0,41-0,75)	0,83 (0,62-1,04)	3,48 (0,95-12,78)	0,50 (0,31-0,82)
TPP-portée (<0,665)	0,39 (0,22-0,56)	0,17 (-0,04-0,38)	0,46 (0,28-0,77)	3,68 (1,01-13,44)
TPP-rouler-Max (>2,4 s)	0,39 (0,22-0,56)	0,33 (0,07-0,60)	0,58 (0,32-1,05)	1,84 (0,79-4,29)
TEM-lat-Min (<13 s)	0,32 (0,16-0,49)	0,33 (0,07-0,60)	0,48 (0,25-0,93)	2,03 (0,88-4,69)
TEM-abdominaux (<45 s)	0,48 (0,31-0,66)	0,17 (-0,04-0,38)	0,58 (0,37-0,90)	3,10 (0,84-11,48)
Variables de classe B				
StadeChange-D2 (>1/5)	1,00 (1,00-1,00)	0,25 (0,01-0,50)	1,33 (0,96-1,85)	†
FABQ-AP (<18,5/24)	0,74 (0,59-0,90)	0,67 (0,40-0,93)	2,23 (0,97-5,09)	0,34 (0,16-0,73)
PCS (<28,5/52)	0,77 (0,63-0,92)	0,67 (0,40-0,93)	2,32 (1,02-5,29)	0,34 (0,16-0,73)
IDPcog (<24/100)	0,55 (0,37-0,72)	0,75 (0,51-1,00)	2,19 (0,78-6,15)	0,60 (0,36-1,00)
Variables de classe C				
STarT Back-D1 (risque faible)	0,39 (0,22-0,56)	0,92 (0,76-1,07)	4,65 (0,68-31,94)	0,67 (0,48-0,93)

* Seulement les variables qui ont démontré une tendance ($P < 0,20$) avec les analyses khi carré. Les variables qui ont été retenues dans les différentes RPC (succès et d'échec) sont rédigées en caractères gras.

Se : sensibilité; Sp : spécificité; LR+ : rapport de vraisemblance positif (*positive likelihood ratio*); LR- : rapport de vraisemblance négatif (*negative likelihood ratio*); IC 95 % : intervalle de confiance à 95%;

† Impossible d'en faire le calcul.

4.3.2.2 Règle de prédiction clinique d'échec du traitement

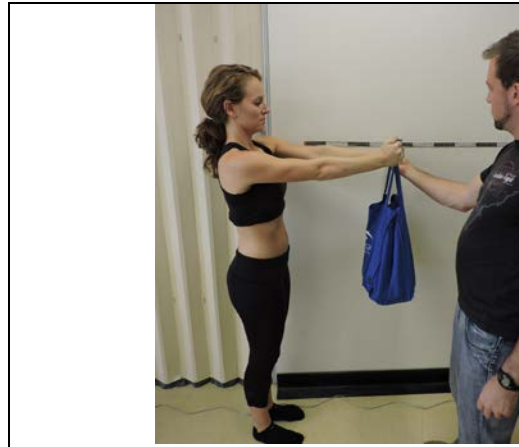
Modèle n° 1 (variable de classe A seulement) :

- Le modèle final comprenait deux variables (illustration à la **figure 5**) :
 - Courbure lombaire > 29° (scores inversés) ($P = 0,006$)
 - Sexe masculin (scores inversés) ($P = 0,021$)
 Note : les scores ont été inversés pour faciliter les interprétations
- Variance expliquée : 37,8 % (R^2 de Nagelkerke)
- Pourcentage global de classification (précision globale du modèle) : 81,4 %
- Rapports de cote (odds ratio - OR) :
 - Courbure lombaire (scores inversés) : 19,4 (IC 95 % : 2,4 – 157,3)
 - Sexe masculin (scores inversés) : 9,4 (IC 95 % : 1,4 – 62,3)
- Absence de multicollinéarité (VIF = 1,0)
- Sensibilité : 50 % (IC 95 % : 22-78 %)
- Spécificité : 93 % (IC 95 % : 85-100 %)
- Valeur prédictive positive (VP+) : 75 % (45–100 %)
- Valeur prédictive négative (VP-) : 83 % (70–95 %)
- Rapport de vraisemblance positif (LR+) : 7,8 (IC 95 % : 1,8-33,2)
- Rapport de vraisemblance négatif (LR-) : 0,53 (IC 95 % : 0,3-0,95)

Modèle n° 2 (variables des classes A et B) :

- La variable PCS s'est ajoutée aux deux variables du modèle #1 afin de donner les résultats suivants :
 - Courbure lombaire > 29° (scores inversés) ($P = 0,005$)
 - Sexe masculin (scores inversés) ($P = 0,014$)
 - PCS > 28,5/52 (scores inversés) ($P = 0,007$)
- Variance expliquée : 62,1 % (R^2 de Nagelkerke)
- Pourcentage global de classification (précision globale du modèle) : 88,4 %
- Rapports de cote (odds ratio - OR) :
 - Courbure lombaire (scores inversés) : 66,9 (IC 95 % : 3,5 – 1268,8)
 - Sexe masculin (scores inversés) : 25,5 (IC 95 % : 1,9 – 341,6)
 - PCS (scores inversés) : 28,8 (IC 95 % : 2,5 – 333,9)
- Absence de multicollinéarité (VIF = 1,0)
- Sensibilité : 83 % (IC 95 % : 62-100 %)
- Spécificité : 90 % (IC 95 % : 80-100 %)
- Valeur prédictive positive (VP+) : 77 % (54–100 %)
- Valeur prédictive négative (VP-) : 93 % (84–100 %)
- Rapport de vraisemblance positif (LR+) : 8,6 (IC 95 % : 2,8-26,0)
- Rapport de vraisemblance négatif (LR-) : 0,18 (IC 95 % : 0,05-0,66)

Modèle n° 3 (variables des classes A, B et C) : Aucune valeur ajoutée des variables de classe C.



TPP-portée : un ruban est collé horizontalement sur le mur à la hauteur des épaules. Position initiale du patient : alignement de l'acromion avec le 0 du ruban. La longueur du bras est alors mesurée en demandant d'allonger les bras avec les poings fermés (sans sac) et en prenant la mesure de la position des jointures métacarpophalangiennes.

Ensuite, le patient doit tenir un poids (5 % du poids du patient jusqu'à concurrence de 5 kg) près du corps à la hauteur des épaules pour ensuite allonger les bras à l'horizontale vers l'avant jusqu'à la limite de la tolérance du patient. La distance maximale atteinte est mesurée et divisée par la longueur du bras précédemment mesurée, pour donner un ratio.



HanRot-Pas-Max : abduction et rotation latérale de la hanche, de façon passive (générée par le thérapeute).

Symptômes (augmentation [1], diminution [-1], stables [0]) lors du mouvement.

Cette variable correspond à la valeur maximale des deux côtés et en dichotomisant de la façon suivante : 0 si -1 ou 0; 1 si 1



Courbure lombaire : le patient est dans une position détendue avec les pieds écartés à une distance équivalente à la largeur des épaules, les mains sur les côtés et le regard vers l'avant. La courbure lombaire est mesurée avec 2 inclinomètres positionnés à T12-L1 et L5-S1.

La mesure de l'inclinomètre T12-L1, variant entre -26 et 2°, est alors soustraite de la mesure de l'inclinomètre L5-S1, variant entre 0 et 40°, ce qui donne des valeurs variant entre 6 et 60°. Ces valeurs correspondent à l'échantillon de la présente étude.

Figure 4. Tests PHT retenus dans la RPC de succès.

Figure 5. Tests PHT retenus dans la RPC d'échec.

4.4 Objectif 2 – Étude des mécanismes d'action

4.4.1 Mesures PHT

Les ANOVASOUS-GROUPE (succès par rapport à échec) $\times$ TEMPS (T0 par rapport à T8) ont révélé deux interactions SOUS-GROUPE $\times$ TEMPS, soit pour les variables Instabilité-15Q et EJT-Pas-Doul-Max (**figure 6**). Les analyses *a posteriori* ont montré une diminution significative de Instabilité-15Q pour le sous-groupe succès seulement, de sorte qu'une différence entre les groupes a été atteinte à T8. EJT-Pas-Doul-Max a de son côté augmenté significativement pour le sous-groupe succès et la différence entre les sous-groupes a tout juste effleuré le niveau de signification à T8 ($P = 0.053$).

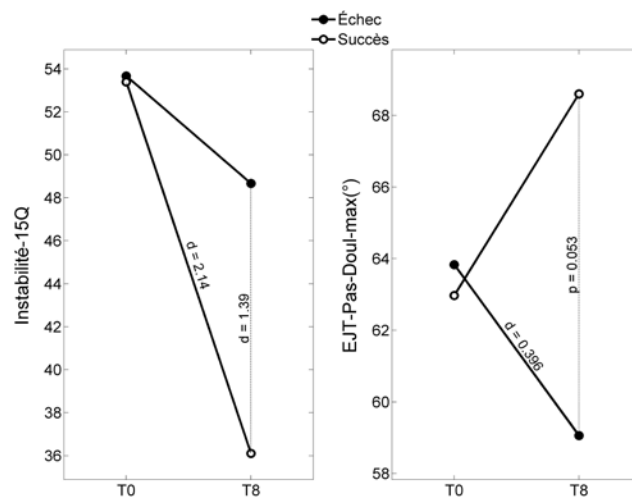


Figure 6. Illustration des interactions SOUS-GROUPE $\times$ TEMPS obtenues pour les variables PHT de type continu.

Les différences significatives obtenues avec les tests *a posteriori* sont identifiées avec les valeurs d de Cohen correspondantes.

D'autres effets SOUS-GROUPE ont aussi été observés pour TPP-flexions et TPP-rouler avec des valeurs moins élevées (temps d'exécution plus courts) chez les patients du sous-groupe succès (**figure 7**). D'ailleurs, les autres mesures TPP (TPP-portée et TPP-assis) ont presque aussi atteint le niveau de signification statistique, les différences allant dans la même direction, c.-à-d. de meilleures performances chez les patients du sous-groupe succès (**figure 7**).

L'effet du temps/traitement sur les mesures PHT (T0 par rapport à T8) a été significatif pour la moitié des mesures continues (**tableau 5**) et pour presque toutes les mesures dichotomiques (**tableau 6**), avec des améliorations observées pour toutes ces mesures à l'exception de Instabilité-Man. On note un effet marqué (d de Cohen : -1,22) sur la variable Instabilité-15Q et des effets moindres, bien qu'assez élevés (d entre -0,73 et -0,84), pour les variables de test de performance physique (variables TTP-assis, TTP-flexion, TTP-rouler) et pour la flexion maximale du bassin ($d = 0,74$).

Les analyses corrélationnelles avec les mesures PHT (**tableau 7**) suggèrent un rôle modérateur de OSW de la part de HanRE-Act-ROM-Min alors que trois variables suggèrent un rôle de médiateur, soit avec OSW (Instabilité-15Q, FlxLatLomb-ROM) ou Int-Douleur (FlxLatLomb-ROM). Trois modèles de régression (OSW : variables Instabilité-15Q, FlxLatLomb-ROM; Int-Douleur : variable TPP-portée) ont été significatifs, expliquant entre 10 et 15 % de la variance.

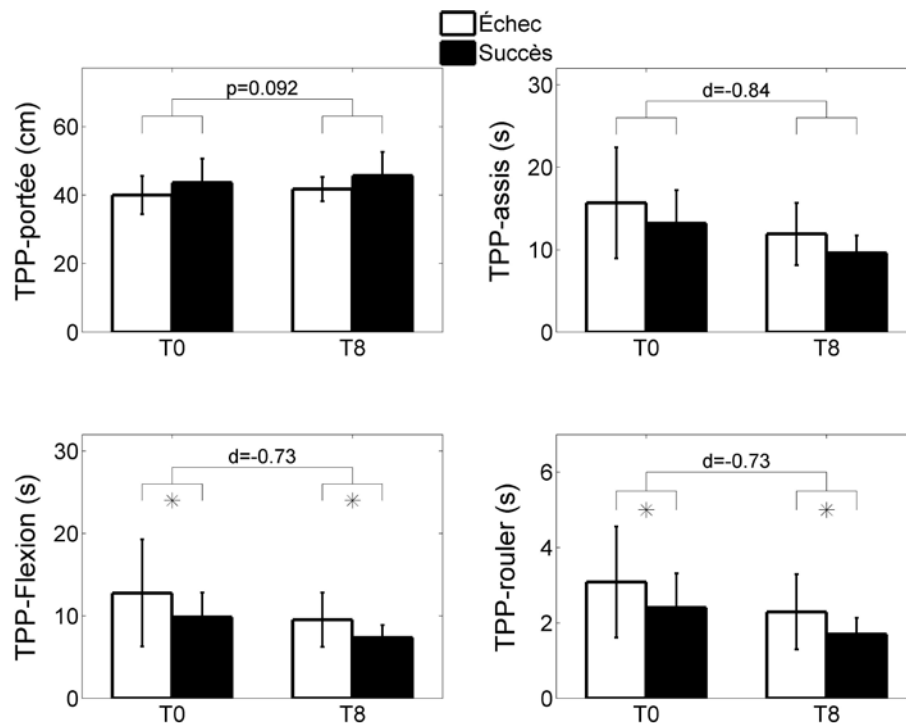


Figure 7. Illustration des effets SOUS-GROUPE et TEMPS pour les mesures des quatre tests de performance physique (TPP).

Les effets SOUS-GROUPE ($P < 0.05$) sont identifiés par des astérisques ou les valeurs d de Cohen correspondantes (effets TEMPS).

4.4.2 Mesures PSY

Les ANOVA SOUS-GROUPE (succès par rapport à échec) $\times$ TEMPS (T0, T4, T8, T34) ont révélé cinq interactions SOUS-GROUPE $\times$ TEMPS, dont trois mettant en cause certaines dimensions de la détresse psychologique (IDPcog, IDPdep, IDPtot) et les deux autres mettant en cause la perception de la maladie (PercMaladie) et le niveau d'activité physique (NAP-sport). La nature de ces interactions est illustrée à la **figure 8** pour IDPtot (même profil que ceux de IDPcog et de IDPdep), PercMaladie et NAP-sport.

D'autres effets SOUS-GROUPE ont aussi été observés pour FABQ-AP (échec : $13,1 \pm 6,7$ > succès : $8,7 \pm 6,7$), PCS (échec : $23,5 \pm 11,5$ > succès : $9,8 \pm 10,6$), IDPcol (échec : $22,7 \pm 17,4$ >

succès : $14,1 \pm 15,6$), NAP-loisirs (échec : $2,3 \pm 0,6$ < succès : $2,8 \pm 0,8$) et StarT Back (échec : $3,2 \pm 2,1$ > succès : $2,0 \pm 2,0$).

L'effet du temps/traitement sur les mesures PSY (T0 par rapport à T8) a aussi été statistiquement significatif pour une majorité des mesures continues investiguées (**tableau 8**), telles que FABQ-AP, PCS, les différentes sous-échelles de l'IDP (exception de la sous-échelle « colère » – $P = 0.055$), PercMaladie, le niveau d'activité physique (NAP-sport, NAP-loisirs), le sentiment d'efficacité personnelle à l'exercice (SEPE), le stade de changement (StadeChange), l'intensité de la douleur (Int-Douleur) et le StarT Back, cette dernière étant un indice synthétique servant au triage des patients en trois catégories de risque. Les tailles d'effet calculées avec les scores à T0 et T8 [$d = (X_{T8} - X_{T0}) / S_{T0T8}$; valeurs négatives indiquant une diminution dans le temps] étaient élevées (d de Cohen ente -0.82 et -1,31) pour FABQ-AP, PCS, PercMaladie, Int-Douleur et StarTBack (**tableau 8**). Seules les variables du support social face à l'exercice (SSFEfamRP, SSFEfamPa, SSFEamiRP, SSFEamiPa) n'ont clairement pas bougé, ce qui était d'ailleurs attendu.

Tableau 5. Effet du sous-groupe et du temps/traitement sur les mesures PHT (variables continues)

Variables*	ANOVA (Valeur <i>P</i>)			<i>d</i> de Cohen† (effet TEMPS) T8 - T0
	SOUS-GROUPE (S-G)	TEMPS (T) T0 vs T8	S-G × T	
Variables de classe A				
Instabilité-15Q (score/75)	0,003	< 0,001	0,003	-1,22
Laxité (score/75)	<u>0,086</u>	0,224	0,521	/
Courbure (°)	0,275	0,869	0,678	/
TPP-portée (cm)	<u>0,055</u>	<u>0,092</u>	0,872	/
TPP-assis (s)	<u>0,058</u>	< 0,001	0,883	-0,84
TPP-flexions (s)	0,018	< 0,001	0,472	-0,73
TPP-rouler (max des 2 côtés) (s)	0,025	< 0,001	0,777	-0,73
TEM-lat (min des 2 côtés) (s)	<u>0,082</u>	0,001	0,636	0,46
TEM-abdominaux (s)	0,155	0,301	0,966	/
TEM-dorsaux (s)	0,112	0,035	0,639	0,28
Variables de classe C				
EJT-Pas-Doul-Max (°)	0,342	0,842	0,019	/
EJT-Pas-ROM-Min (°)	0,232	0,008	0,283	0,50
FlxLomb-ROM (°)	0,442	0,998	0,991	/
FlxLatLomb-ROM (°)	0,968	0,243	<u>0,070</u>	/
FlxBassin-ROM (°)	<u>0,100</u>	< 0,001	0,729	0,74
HanRI-Pas-ROM-Min (°)	0,793	0,607	0,331	/
HanRI-Act-ROM-Min (°)	0,978	<u>0,070</u>	0,682	/
HanRE-Pas-ROM-Min (°)	0,598	0,002	0,623	0,47
HanRE-Act-ROM-Min (°)	0,636	0,062	0,405	/

* Les variables qui ont été retenues dans les différentes RPC (succès et d'échec) sont rédigées en caractères gras.

† $d = (x_{T8} - x_{T0}) / s_{T0T8}$; les valeurs négatives indiquent une diminution dans le temps.

Les valeurs $P \leq 0,05$ sont en caractères gras alors que les valeurs situées entre 0,05 et 0,10 sont soulignées.

Une seule variable dichotomique (DoulActPhys) a été recueillie sur les quatre temps de mesure, révélant une proportion décroissante de patients qui ont une douleur lors de l'activité physique, passant de 79 % (38/48) à T0 à 50 % (24/48) à T4, 25 % (12/48) à T8 et 25 % (12/48) à T34. Le test de Cochran a révélé une différence significative ($P < 0,001$), les tests *a posteriori* indiquant une différence entre les temps de mesure à l'exception de T8 par rapport à T34.

Les analyses corrélationnelles avec les mesures PSY (**tableau 9**) suggèrent que quelques variables jouent un rôle modérateur de OSW (SSFEfamRP, SSFEamiPa) et d'Int-Douleur

Tableau 6. Effet du temps/traitement sur les mesures PHT (variables dichotomiques)

Variables*	Proportion (%)		McNemar Valeur <i>P</i>
	T0	T8	
Variables de classe A			
EJT-Act/5-Max-D2	35	4	< 0,001
EJT-Act-Doul-Max	50	9	< 0,001
Spring	35	24	0,180
Instabilité-Man	33	52	0,039
Instabilité-Ext	46	17	0,001
Mvt-Abe	37	11	0,004
GenFlx-Pas-Max	33	16	0,019
GenFlx-Act-Max	54	13	< 0,001
HanRI-Pas-Max	57	30	0,004
HanRI-Act-Max	48	30	0,029
HanRE-Pas-Max	46	15	0,001
HanRE-Act-Max	48	22	0,006
HanExt-Pas-Max	33	15	0,029
HanExt-Act-Max	67	33	< 0,001
ÉpaFlx-Act-Max	30	4	0,001
GenExt-Pas-Max	37	20	0,038
GenExt-Act-Max	41	17	0,006
HanRot-Pas-Max	48	15	0,001
HanRot-Act-Max	48	15	0,001

* Les variables qui ont été retenues dans les différentes RPC (succès et d'échec) sont en caractères gras. Les valeurs $P \leq 0,05$ sont en caractères gras.

(PercMaladie, SSFEfamRP). Alors qu'une seule variable suggère un rôle de médiateur d'Int-Douleur (IDPcog), sept sont identifiées pour OSW (PCS, IDPcog, IDPdep, IDPtot, PercMaladie, NAP-loisirs, Int-Douleur). Les modèles de régression qui ont été significatifs, la plupart impliquant ces mêmes variables, ont expliqué entre 9 et 22 % de la variance de OSW et entre 9 et 11 % de la variance de Int-Douleur.

Tableau 7. Corrélations de Pearson et modèles de régression entre chaque variable indépendante PHT et le changement (T8 – T0) de l'incapacité (Δ OSW) ou de l'intensité de la douleur (Δ Int-Douleur).

	Changement de l'incapacité perçue (ΔOSW)						Changement de l'intensité de la douleur (ΔInt-Douleur)							
Variables indépendantes	Score T0*		Score T8 – T0†		Régr. multiple‡		Score T0*		Score T8 – T0†		Régr. multiple‡			
	<i>r</i>	<i>P</i>	<i>r</i>	<i>P</i>		<i>P</i>	<i>R</i> ² <i>aj.</i>	<i>r</i>	<i>P</i>	<i>r</i>	<i>P</i>		<i>P</i>	<i>R</i> ² <i>aj.</i>
Mesures PHT – Classe A														
Instabilité-15Q (score/75)	-0,07	0,608	0,36	0,010		0,032	0,103	-0,02	0,857	0,23	0,108		0,267	0,015
Laxité (score/75)	-0,01	0,911	0,03	0,818		0,971	-0,045	-0,14	0,315	-0,02	0,852		0,627	-0,024
Courbure (°)	0,23	0,114	-0,16	0,273		0,167	0,036	-0,01	0,907	0,00	0,993		0,990	-0,046
TPP-portée (cm)	-0,15	0,296	-0,29	<u>0,051</u>		0,101	0,059	-0,28	<u>0,050</u>	-0,27	<u>0,069</u>		0,036	0,102
TPP-assis (s)	0,05	0,716	0,21	0,146		0,339	0,004	0,16	0,248	0,15	0,318		0,364	0,001
TPP-flexions (s)	-0,01	0,918	0,27	<u>0,069</u>		0,177	0,034	0,15	0,285	0,10	0,482		0,519	-0,015
TPP-rouler (max 2 côtés) (s)	0,10	0,460	0,23	0,114		0,244	0,019	0,17	0,246	0,20	0,182		0,243	0,019
TEM-lat (min des 2 côtés) (s)	-0,07	0,632	-0,12	0,406		0,680	-0,027	-0,24	<u>0,089</u>	-0,04	0,747		0,291	0,011
TEM-abdominaux (s)	-0,10	0,497	-0,22	0,132		0,288	0,012	-0,12	0,390	0,00	0,973		0,795	-0,035
TEM-dorsaux (s)	-0,05	0,709	-0,23	0,124		0,302	0,010	-0,16	0,273	-0,04	0,790		0,662	-0,026
HanRI-Pas-ROM-Min (°)	-0,02	0,845	-0,09	0,545		0,828	-0,037	0,07	0,596	0,17	0,246		0,385	-0,001
HanRI-Act-ROM-Min (°)	0,15	0,282	-0,14	0,327		0,264	0,016	0,13	0,359	0,05	0,716		0,524	-0,015
HanRE-Pas-ROM-Min (°)	0,19	0,193	0,17	0,245		0,247	0,019	-0,01	0,938	0,16	0,286		0,557	-0,018
HanRE-Act-ROM-Min (°)	0,31	0,029	-0,09	0,528		<u>0,080</u>	0,069	0,02	0,876	0,06	0,652		0,891	-0,040
Mesures PHT – Classe C														
EJT-Pas-Doul-Max (°)	0,17	0,236	-0,10	0,492		0,480	-0,011	0,12	0,410	-0,03	0,810		0,764	-0,033
EJT-Pas-ROM-Min (°)	0,07	0,616	-0,12	0,413		0,638	-0,024	-0,04	0,752	0,03	0,819		0,918	-0,042
FlxLomb-ROM (°)	0,04	0,738	-0,14	0,357		0,617	-0,023	0,08	0,581	-0,23	0,126		0,265	0,016
FlxLatLomb-ROM (°)	0,27	<u>0,054</u>	-0,30	0,040		0,011	0,148	0,03	0,835	-0,30	0,040		0,112	0,054
FlxBassin-ROM (°)	-0,12	0,388	-0,20	0,176		0,286	0,012	0,00	0,977	-0,32	0,029		<u>0,090</u>	0,064

* Corrélation de Pearson entre la variable indépendante (VI) à T0 et le changement (T8 – T0) de OSW (Δ OSW) ou Int-Douleur (Δ Int-Douleur)

† Corrélation partielle de Pearson entre le changement (T8 – T0) de la VI (Δ VI) et le changement (T8 – T0) de OSW (Δ OSW) ou Int-Douleur (Δ Int-Douleur), en ajustant pour la VI à T0 (covariable)

‡ Modèle de régression multiple linéaire de Δ OSW ou Δ Int-Douleur, avec deux VI (score T0 et score T8 – T0). R^2 aj : R^2 ajusté

Les variables qui ont été retenues dans les différentes RPCs (succès et d'échec) sont identifiées en gras.

Les valeurs $P \leq 0,05$ sont en caractères gras alors que les valeurs situées entre 0,05 et 0,10 sont soulignées.

Tableau 8. Effet du sous-groupe et du temps/traitement sur les mesures PSY (variables continues)

Variables	ANOVA (Valeur <i>P</i>)			Tests Post-hoc*	<i>d</i> de Cohen† (TEMPS) T8 - T0
	SOUS- GROUPE (S-G)	TEMPS (T) T0 vs T4 vs T8 vs T34	S-G × T		
Variables de classe B					
FABQ-AP (/24)	0,001	< 0,001	0,442	T4, T8, T34	-1,10
PCS (/52)	< 0,001	< 0,001	0,568	T4, T8, T34	-1,04
IDPcog (/100)	< 0,001	< 0,001	0,009	T34	/
IDPanx (/100)	0,340	< 0,001	0,458	T4, T8, T34	-0,61
IDPdep (/100)	0,008	< 0,001	0,007	T34	/
IDPcol (/100)	0,035	<u>0,055</u>	0,169	/	/
IDPtot (/100)	0,012	< 0,001	0,025	T8, T34	-0,54
PercMaladie (/10)	< 0,001	< 0,001	< 0,001	T4, T8, T34	-1,23
NAP-sport (/5)	0,260	< 0,001	0,034	T34	/
NAP-loisirs (/5)	0,026	< 0,001	0,363	T34	/
SEPE (/100)	0,323	< 0,001	0,297	T34	/
SSFEfamRP (/100)	0,107	0,815	0,957	/	/
SSFEfamPa (/100)	0,143	0,491	0,401	/	/
SSFEamiRP (/100)	0,895	0,485	0,920	/	/
SSFEamiPa (/100)	0,963	0,738	0,327	/	/
AttentesTrait (1-5)	0,192	0,124	0,565	/	/
StadeChange (1-5)	0,113	< 0,001	0,991	T8, T34	0,61
Variables de classe C					
Int-Douleur (/10)	<u>0,075</u>	< 0,001	0,105	T4, T8, T34	-0,82
StarT Back (/9)	0,003	< 0,001	0,529	T4, T8, T34	-1,31

* Seulement les différences significatives par rapport à T0 sont identifiées.

† $d = (x_{T8} - x_{T0}) / s_{T0T8}$; les valeurs négatives indiquent une diminution dans le temps.

Les variables qui ont été retenues dans les différentes RPC (succès et d'échec) sont en caractères gras (dans ce tableau : PCS seulement).

Les valeurs $P \leq 0,05$ sont en caractères gras alors que les valeurs situées entre 0,05 et 0,10 sont soulignées.

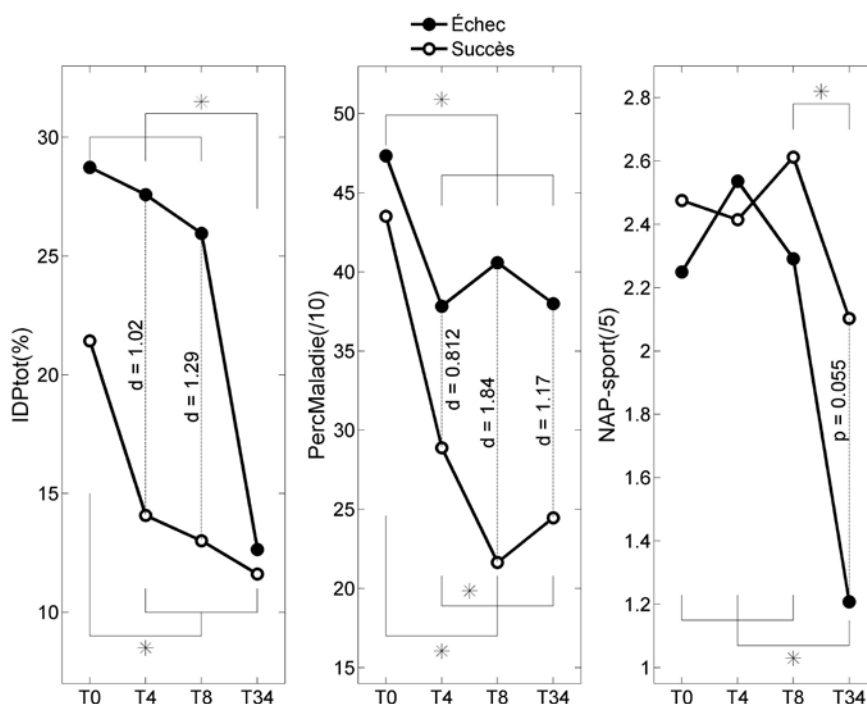


Figure 8. Illustration des interactions SOUS-GROUPE $\times$ TEMPS obtenues pour les variables PHT de type continu.

IDPtot : indice total de détresse psychologique ; PercMaladie : perception de la maladie ; NAP-sport : niveau d'activité physique sur le plan sportif.

Les différences significatives obtenues avec les tests *a posteriori* sont identifiées avec des astérisques (effets TEMPS) ou avec les valeurs d de Cohen correspondantes (effets SOUS-GROUPE).

Tableau 9. Corrélations de Pearson et modèles de régression entre chaque variable indépendante PSY et le changement (T8 – T0) de l'incapacité (Δ OSW) ou de l'intensité de la douleur (Δ Int-Douleur).

	Changement de l'incapacité perçue (ΔOSW)							Changement de l'intensité de la douleur (ΔInt-Douleur)							
Variables indépendantes	Score T0*		Score T8 – T0†			Régr. multiple‡			Score T0*		Score T8 – T0†			Régr. multiple‡	
	<i>r</i>	<i>P</i>	<i>r</i>	<i>P</i>		<i>P</i>	<i>R</i> ² <i>aj.</i>		<i>r</i>	<i>P</i>	<i>r</i>	<i>P</i>		<i>P</i>	<i>R</i> ² <i>aj.</i>
Mesures PSY – Classe B															
FABQ-AP (/24)	0,00	0,964	0,22	0,122		0,299	0,010		-0,02	0,854	0,07	0,630		0,875	0,038
PCS (/52)	0,00	0,955	0,46	0,000		0,003	0,185		-0,20	0,155	0,25	<u>0,089</u>		<u>0,085</u>	0,063
IDPcog (/100)	0,08	0,581	0,31	0,029		<u>0,078</u>	0,067		-0,10	0,496	0,32	0,026		<u>0,066</u>	0,074
IDPanx (/100)	-0,03	0,797	0,19	0,178		0,387	0,001		-0,14	0,331	0,00	0,971		0,627	0,023
IDPdep (/100)	0,07	0,610	0,30	0,039		0,102	0,056		-0,20	0,170	0,07	0,619		0,349	0,003
IDPcol (/100)	-0,03	0,831	0,23	0,114		0,277	0,013		-0,09	0,536	0,00	0,986		0,827	0,035
IDPtot (/100)	0,03	0,798	0,32	0,024		<u>0,074</u>	0,069		-0,19	0,185	0,09	0,525		0,343	0,004
PercMaladie (/10)	-0,15	0,291	0,48	0,000		0,001	0,222		-0,34	0,017	0,18	0,207		0,027	0,109
NAP-sport (/5)	-0,08	0,575	-0,11	0,454		0,645	0,024		0,08	0,553	-0,05	0,730		0,791	0,033
NAP-loisirs (/5)	-0,14	0,318	-0,44	0,001		0,004	0,182		-0,14	0,340	-0,17	0,236		0,313	0,007
SEPE (/100)	0,09	0,522	-0,14	0,317		0,493	0,012		0,21	0,134	-0,16	0,253		0,171	0,034
SSFEfamRP (/100)	-0,32	0,024	-0,09	0,520		<u>0,067</u>	0,073		-0,33	0,020	-0,16	0,253		0,036	0,098
SSFEfamPa (/100)	-0,16	0,268	-0,15	0,300		0,317	0,007		0,12	0,409	0,07	0,617		0,630	0,023
SSFEamiRP (/100)	0,07	0,598	0,04	0,782		0,838	0,036		-0,18	0,220	0,05	0,727		0,447	0,007
SSFEamiPa (/100)	0,37	0,007	-0,04	0,742		0,029	0,107		0,15	0,298	-0,14	0,345		0,373	0,000
AttentesTrait (1-5)	-0,06	0,670	-0,21	0,149		0,319	0,007		0,10	0,458	-0,22	0,125		0,232	0,021
StadeChange (1-5)	-0,01	0,896	-0,20	0,167		0,380	0,000		-0,28	<u>0,050</u>	0,01	0,921		0,106	0,055
Mesures PSY – Classe C															
Int-Douleur (/10)	-0,18	0,211	0,30	0,034		0,048	0,087		-0,690	0,000					
StarT Back (/9)	0,12	0,380	0,26	0,075		0,138	0,043		-0,26	0,073	0,340	0,015		0,010	0,145

* Corrélation de Pearson entre la variable indépendante (VI) à T0 et le changement (T8 – T0) de OSW (Δ OSW) ou Int-Douleur (Δ Int-Douleur)

† Corrélation partielle de Pearson entre le changement (T8 – T0) de la VI (Δ VI) et le changement (T8 – T0) de OSW (Δ OSW) ou Int-Douleur (Δ Int-Douleur), en ajustant pour la VI à T0 (covariable)

‡ Modèle de régression multiple linéaire de Δ OSW ou Δ Int-Douleur, avec deux VI (score T0 et score T8 – T0). R^2 aj : R^2 ajusté

Les variables qui ont été retenues dans les différentes RPC (succès et d'échec) sont en caractères gras (dans ce tableau : PCS seulement).

Les valeurs $P \leq 0,05$ sont en caractères gras alors que les valeurs situées entre 0,05 et 0,10 sont soulignées.

Adhésion au programme d'exercice à la maison

Les corrélations entre l'adhésion et le changement de Int-Douleur ou de OSW ont toutes été non significatives :

- Adhésion à T8 par rapport à changement (T8 – T0) de Int-Douleur : $r = 0,14$; $P = 0,337$;
- Adhésion à T8 par rapport à changement (T8 – T0) de OSW : $r = 0,02$; $P = 0,892$;
- Adhésion à T34 par rapport à changement (T34 – T0) de Int-Douleur : $r = -0,21$; $P = 0,164$;
- Adhésion à T34 par rapport à changement (T34 – T0) de OSW : $r = -0,06$; $P = 0,697$.

Avant de lier les variables indépendantes (facteurs psychosociaux) à la variable dépendante (adhésion) avec l'analyse multivariée, des corrélations de Pearson ont été calculées de façon univariée. Aucune corrélation n'a atteint le niveau de signification statistique. Cependant, l'analyse multivariée a permis de relever le rôle de l'interaction entre plusieurs variables (Chang-Glob, DoulActPhys, NAP-loisirs, IDPtot, PCS, Durée douleur, Âge) et le temps pour expliquer l'adhésion à T8 et T34 (**tableau 10**). La variance expliquée de ce modèle était de 50 %. Chang-Glob était de loin le meilleur prédicteur (voir estimés transformés, **tableau 10**). Étant donné qu'il s'agit d'une mesure agrégat intégrant de nombreux concepts, un second modèle de régression a été fait pour établir les variables qui y sont le plus associées. Toujours en interaction avec le temps, PercMaladie, Int-Douleur, NAP-loisirs étaient les variables les plus importantes, avec une contribution marginale additionnelle de SEPE (sentiment d'efficacité personnelle pour l'exercice) et PCS.

Tableau 10. Modèle multivarié de l'adhésion au programme d'exercice à la maison

	Temps	Estimé ajusté	Estimé transformé*	P	Intervalle de confiance à 95 %
Chang-Glob × Temps	34	0,286	0,601	<0,001	[0,135, 0,436]
DoulActPhys × Temps	8	-0,250	N.A.	0,001	[-0,387, -0,113]
DoulActPhys × Temps	34	-0,313	N.A.	0,007	[-0,535, -0,090]
NAP-loisirs × Temps	34	0,170	0,255	0,026	[0,021, 0,320]
IDPtot × Temps	34	-0,008	-0,240	0,038	[-0,015, -0,00046]
PCS × Temps	8	0,011	0,172	0,029	[0,001, 0,021]
Durée douleur à T0 × Temps	8	-0,093	0,099	0,009	[-0,161, -0,025]
Âge × Temps	8	0,007	0,169	0,037	[0,0004, 0,013]
Âge × Temps	34	0,012	-0,167	0,006	[0,004, 0,020]

* Pour aider à l'interprétation de l'importance des différentes variables (mesurées avec diverses échelles), une amélioration cliniquement significative de 30 % (Ostelo *et al.*, 2008) a été calculée pour chaque échelle, laquelle a ensuite été multipliée par la valeur de leur estimé.

4.4.3 Mesures NRM

Parmi les 48 patients qui ont complété le programme d'exercice et qui ont été évalués à T8, 32 patients, 14 hommes et 18 femmes ont fait l'objet d'une estimation en laboratoire pour obtenir les mesures NRM. Ils seront comparés aux 30 sujets sains (15 hommes, 15 femmes) qui ont fait ces évaluations avec le même écart de temps (8 semaines). Les patients étaient significativement plus vieux (de 7 ans en moyenne) et avaient un IMC plus élevé que les sujets contrôles (**tableau 11**). Comme attendu, les femmes avaient un gabarit plus petit (taille, masse) que les hommes ainsi qu'un pourcentage de graisse plus élevé.

Avant de procéder aux analyses sur les mesures NRM, des analyses (ANOVA avec mesures répétées) ont été réalisées afin de connaître l'effet du programme d'exercice, chez les 32 patients, en ce qui a trait aux mesures de résultats primaires (OSW, Int-Douleur, ChangeGlob) (**tableau 12**). Comme pour l'échantillon complet de patients, on peut remarquer les effets du programme sur toutes les mesures de résultats primaires.

4.4.3.1 Épaisseur et activation des muscles profonds du tronc (test n° 1)

Mesures des structures de la paroi abdominale. Les ANOVA ont révélé deux interactions STATUT $\times$ TEMPS (**annexe D, tableau D-1.1**), telles qu'illustrées à la **figure 9**. Les analyses *a posteriori* n'ont démontré aucun effet TEMPS, mais ont mis en évidence que les sujets lombalgiques avaient une plus petite épaisseur du muscle OI droit à la session 1.

Aucun effet STATUT n'a été observé, mais deux effets TEMPS ont permis de documenter une augmentation du pourcentage d'activation de l'OI droit ($d = 0,16$) et du TrA droit ($d = 0,27$) chez les deux groupes (interactions STATUT $\times$ TEMPS non significatives).

Mesures des structures dorsales. Les ANOVA n'ont pas révélé d'interaction STATUT $\times$ TEMPS, ni d'effet TEMPS (**annexe D, tableau D-1.2**). Trois effets STATUT ont été obtenus, les trois démontrant un plus petit pourcentage de changement du LuM à L5 [côtés droit ($d = 0,59$) et gauche ($d = 0,33$)] et à L3 (côté droit; $d = 0,52$), comme illustré à la **figure 10**.

Les analyses corrélationnelles (**tableau 13**; test n° 1) suggèrent que quelques variables jouent un rôle modérateur de OSW (LuM-L5-R droit, LuM-L5-R gauche, LuM-L5-%C droit) ou d'Int-Douleur (OE-R droit), alors que d'autres indiquent un rôle de médiateur de OSW (TrA-R droit, LuM-L5-%C gauche, LuM-L4-R droit, LuM-L3-R droit) ou de Int-Douleur (OE-R droit, OE-R gauche, OI-R droit, OI-R gauche). À noter que trois autres corrélations (avec OSW) ont presque été significatives ($0,05 < P < 0,10$). Les modèles de régression qui ont été significatifs, la plupart mettant en cause ces mêmes variables, ont expliqué entre 14 et 22 % de la variance de OSW et entre 16 et 22 % de la variance de Int-Douleur.

Tableau 11. Description des caractéristiques démographiques et anthropométriques des sujets sains et lombalgiques qui ont réalisé les tests neuromusculaires

Variables	Sujets sains (n = 30)				Sujets lombalgiques (n = 32)				Valeur P (ANOVA)		
	Hommes (n=15)		Femmes (n=15)		Hommes (n=14)		Femmes (n=18)		STATUT (S)	SEXE (SX)	S×SX
	M	(ET)	M	(ET)	M	(ET)	M	(ET)			
Âge (années)	39	(14)	40	(14)	44	(14)	49	(11)	0,029	0,604	0,561
Taille (m)	1,78	(0,08)	1,64	(0,06)	1,73	(0,06)	1,63	(0,06)	0,126	< 0,001	0,459
Masse (kg)	77,1	(10,7)	62,9	(10,6)	76,5	(13,7)	72,3	(10,0)	0,161	0,002	<u>0,068</u>
IMC (kg/m ²)	24,3	(3,2)	23,3	(3,6)	25,5	(3,9)	27,1	(3,0)	0,005	0,941	0,135
% graisse	21	(7)	33	(6)	23	(7)	36	(4)	0,103	< 0,001	0,460

M : moyenne; ET : écart-type; IMC : indice de masse corporelle; % graisse : estimé à partir des plis cutanés (biceps, triceps, abdominal, sous-scapulaire) (Durnin et Womersley, 1974); Les valeurs $P \leq 0,05$ sont en caractères gras alors que les valeurs situées entre 0,05 et 0,10 sont soulignées.

Tableau 12. Description des mesures de résultats (OUT) des sujets lombalgiques qui ont réalisé les tests neuromusculaires

Variables	Hommes (n = 14)				Femmes (n = 18)				Valeur P (ANOVA)		
	T0		T8		T0		T8		SEXE (S)	TEMPS (T)	S×T
	M	(ET)	M	(ET)	M	(SX)	M	(ET)			
OSW (%)	27	(8)	10	(9)	29	(9)	13	(10)	0,387	< 0,001	0,930
Int-Douleur (/10)	4,8	(1,4)	1,9	(1,1)	4,9	(1,4)	2,2	(1,3)	0,630	< 0,001	0,582
ChangGlob (-3 à 3)	/	/	2,36	(0,50)	/	/	2,67	(0,59)	<u>0,051</u> *	< 0,001 *	/

M : mMoyenne; ET : écart-type. Les valeurs $P \leq 0,05$ sont en caractères gras alors que les valeurs situées entre 0,05 et 0,10 sont soulignées. * Pour la variable ChangGlob, deux Tests-t séparés ont été réalisés pour évaluer les effets SEXE et TEMPS ($\neq 0$).

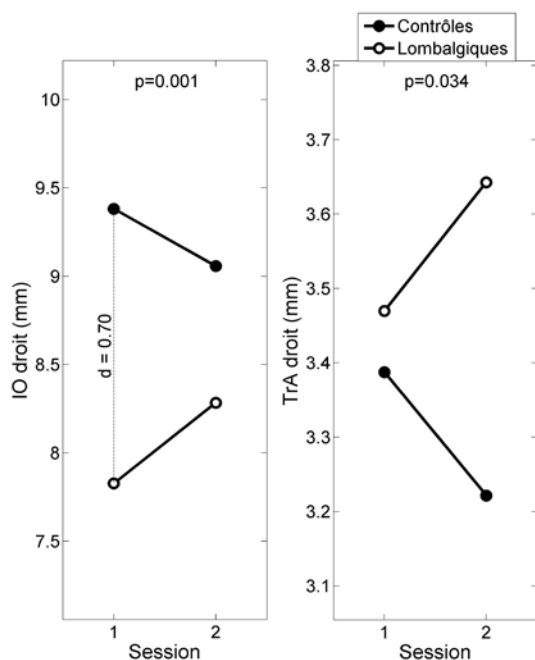


Figure 9. Illustration des interactions STATUT × TEMPS qui ont atteint le niveau de signification statistique pour certaines variables associées à l'épaisseur des muscles profonds du tronc.

Les différences significatives obtenues avec les tests *a posteriori* sont identifiées avec les valeurs *d* de Cohen correspondantes.

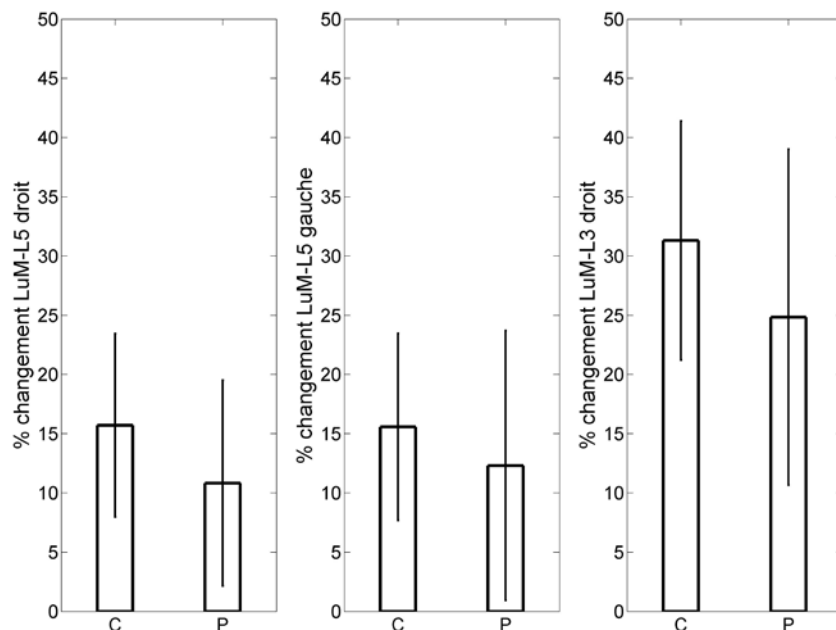


Figure 10. Différences significatives entre les sujets contrôles (C) et les patients (P) au regard du pourcentage de changement du LuM à différents niveaux vertébraux et côtés.

4.4.3.2 Proprioception lombaire (test n° 2)

L'ANOVA n'a pas révélé d'interaction STATUT $\times$ TEMPS (**annexe D, tableau D-2**). Aucun effet STATUT n'a été observé, mais un effet TEMPS a été relevé pour lequel on remarque une diminution entre T0 et T8. Cependant, rappelons que l'interaction STATUT $\times$ TEMPS demeurait non significative, indiquant que l'effet dans le temps était équivalent entre les sujets contrôles et les patients ($d = -0,51$). Finalement, les analyses corrélationnelles n'ont mené à aucune association avec OSW ou Int-Douleur.

4.4.3.3 Équilibre postural (test n° 3)

Les ANOVA ont révélé une interaction STATUT $\times$ TEMPS (**annexe D, tableau D-3**) pour la variable HRRA-AP. Cependant, les tests *a posteriori* n'ont rien révélé. En ce qui a trait aux effets principaux, aucun effet STATUT n'a été observé, mais des effets TEMPS ont été relevés pour toutes les variables à l'exception de FREQD, HRRA, DIAG et ENTROP. Dans tous les cas, on remarque une diminution entre T0 et T8 (d entre $-0,25$ et $-0,35$), à l'exception de %DET qui augmente ($d = 0,13$). Rappelons que l'interaction STATUT $\times$ TEMPS demeurait non significative dans tous ces cas, indiquant que l'effet dans le temps était équivalent entre les sujets contrôles et les patients.

Les analyses corrélationnelles (**tableau 13**; test n° 3) suggèrent un rôle modérateur de OSW de quelques variables (FD, FD-CC, %RECUR, %DET, DIAG), ce qui n'a pas été le cas pour Int-Douleur. D'autres variables suggèrent un rôle de médiateur de OSW (HRRA-ML) ou d'Int-Douleur (FD-CC, %RECUR, %DET, DIAG). Les deux seuls modèles de régression qui ont été significatifs ($P \leq 0,05$) l'ont été pour prédire Int-Douleur et mettaient en cause les variables %RECUR et %DET. Ces variables ont respectivement expliqué 17 et 13 % de la variance de Int-Douleur.

4.4.3.4 Rigidité lombaire (test n° 4)

Les ANOVA n'ont pas révélé d'interaction STATUT $\times$ TEMPS, ni d'effet principaux STATUT et TEMPS (**annexe D, tableau D-4**). Les résultats des analyses corrélationnelles avec les mesures NRM du test n° 4 sont présentés dans le **tableau 13**. Une seule corrélation était significative, suggérant un rôle modérateur de %VAF $F_{REF-BAS}$ sur Int-Douleur. Plusieurs corrélations ont presque atteint le niveau de signification statistique, mais aucun modèle de régression n'a été significatif.

4.4.3.5 Ajustements posturaux anticipatoires (test n° 5)

Les ANOVA menées sur les mesures EMG (latences) et de cinématique lombaire ont révélé plusieurs interactions STATUT $\times$ TEMPS, mais pour les mesures cinématiques lombaires seulement (**annexe D, tableau D-5**), comme illustré à la **figure 11**. Les analyses *a posteriori* n'ont démontré qu'un effet STATUT, soit un mouvement lombaire moins élevé, en flexion latérale, chez les sujets lombalgiques, à la session 1 (**figure 11**, variable ROM FL). La disparition de cet effet lors de la session 2 s'explique par un rapprochement des mesures des deux groupes, expliquant l'interaction. Ces analyses *a posteriori* ont démontré quatre effets

TEMPS, trois d'entre eux mettant en cause le groupe contrôle (**figure 11**). Le seul effet impliquant uniquement les sujets lombalgiques montre une augmentation de la vitesse angulaire maximale en flexion latérale (VitAngMax FL) entre les sessions 1 et 2, ce qui est contraire à nos attentes.

Tableau 13. Corrélations de Pearson et modèles de régression entre chaque variable indépendante NRM et le changement (T8 – T0) de l'incapacité (Δ OSW) ou de l'intensité de la douleur (Δ Int-Douleur).*

Variables indépendantes (unités)	Changement de l'incapacité perçue (Δ OSW)						Changement de l'intensité de la douleur (Δ Int-Douleur)					
	Score T0†		Score T8 – T0‡		Régr. multiple‡‡		Score T0†		Score T8 – T0‡		Régr. multiple‡‡	
	<i>r</i>	<i>P</i>	<i>r</i>	<i>P</i>	<i>P</i>	<i>R² aj.</i>	<i>r</i>	<i>P</i>	<i>r</i>	<i>P</i>	<i>P</i>	<i>R² aj.</i>
Test n° 1 – Mesures ultrasonographiques												
OE-R droit (mm)							-0,37	0,029	0,40	0,024	0,012	0,216
OE-R gauche (mm)									0,36	0,049	<u>0,064</u>	0,123
OI-R droit (mm)			0,35	<u>0,057</u>					0,37	0,042	<u>0,091</u>	0,096
OI-R gauche (mm)									0,45	0,012	0,035	0,160
TrA-R droit (mm)			0,42	0,017	0,030	0,164						
LuM-L5-R droit (mm)	0,34	0,044			<u>0,077</u>	0,097						
LuM-L5-R gauche (mm)	0,46	0,005			0,008	0,216						
LuM-L4-R droit (mm)			0,34	0,048	<u>0,058</u>	0,113						
LuM-L3-R droit (mm)			0,49	0,003	0,012	0,197						
OE-%C droit (%)	-0,31	<u>0,068</u>										
TrA-%C droit (%)			-0,34	<u>0,075</u>								
LuM-L5-%C droit (%)	-0,34	0,042	0,31	<u>0,072</u>	0,036	0,139						
LuM-L5-%C gauche (%)			-0,44	0,010	0,031	0,147						
Test n° 2 – Proprioception lombaire (aucune)												
Test n° 3 – Équilibre postural												
MVELO-AP (°/s)	0,28	<u>0,098</u>										
MFREQ-AP (Hz)			-0,29	<u>0,100</u>								
MFREQ-ML (Hz)												
FD	0,33	0,049							0,32	<u>0,064</u>		
FD-CC	0,40	0,018							0,39	0,022	<u>0,056</u>	0,116
HRRA-ML			0,37	0,029	<u>0,075</u>	0,099						
%RECUR	-0,46	0,006							-0,42	0,013	0,019	0,173
%DET	-0,36	0,033							-0,39	0,021	0,044	0,129
DIAG	-0,37	0,031							-0,35	0,043	<u>0,087</u>	0,090
ENTRec	-0,29	<u>0,087</u>										

* Seulement les variables NRM ayant mené à des corrélations ou modèles de régression avec des valeurs $P < 0,10$ apparaissent dans ce tableau.

† Corrélation de Pearson entre la variable indépendante (VI) à T0 et le changement (T8 – T0) de OSW (Δ OSW) ou Int-Douleur (Δ Int-Douleur)

‡ Corrélation partielle de Pearson entre le changement (T8 – T0) de la VI (Δ VI) et le changement (T8 – T0) de OSW (Δ OSW) ou Int-Douleur (Δ Int-Douleur), en ajustant pour la VI à T0 (covariable)

‡‡ Modèle de régression multiple linéaire de Δ OSW ou Δ Int-Douleur, avec deux VI (score T0 et score T8 – T0). R^2 aj : R^2 ajusté

Les valeurs $P \leq 0,05$ sont en caractères gras alors que les valeurs situées entre 0,05 et 0,10 sont soulignées.

Tableau 13 (suite). Corrélations de Pearson et modèles de régression entre chaque variable indépendante NRM et le changement (T8 – T0) de l'incapacité (Δ OSW) ou de l'intensité de la douleur (Δ Int-Douleur)*

Variables indépendantes (unités)	Changement de l'incapacité perçue (Δ OSW)						Changement de l'intensité de la douleur (Δ Int-Douleur)					
	Score T0†		Score T8 – T0‡		Régr. multiple‡‡		Score T0*		Score T8 – T0†		Régr. multiple‡‡	
	<i>r</i>	<i>P</i>	<i>r</i>	<i>P</i>	<i>P</i>	<i>R</i> ² aj.	<i>r</i>	<i>P</i>	<i>r</i>	<i>P</i>	<i>P</i>	<i>R</i> ² aj.
Test n° 4 – Rigidité lombaire												
%VAF $F_{\text{INT-TOTAL}}$			0,32	<u>0,070</u>								
%VAF $F_{\text{INT-BAS}}$												
%VAF $F_{\text{REF-BAS}}$							-0,35	0,041				
%VAF $F_{\text{REF-MOY}}$							0,29	<u>0,090</u>			<u>0,080</u>	0,101
K (N/m)									-0,33	<u>0,068</u>		
B (N·s/m)							-0,32	<u>0,060</u>				
I (N·s ² /m)									-0,31	<u>0,088</u>		
Test n° 5 – Ajustements posturaux anticipatoires												
L3 – gauche (ms)							-0,28	<u>0,093</u>				
L3 - droit (ms)	-0,32	<u>0,057</u>										
Latence mouv. lomb. (ms)							-0,29	<u>0,086</u>				
ROM lombaire - FE (°)									-0,31	<u>0,069</u>		
ROM lombaire - FL (°)							-0,33	0,048			<u>0,100</u>	0,082
VitAng lombaire – FL (rad/s)							-0,30	<u>0,072</u>				
Test n° 6 – Coordination du tronc												
RFR-L3									-0,31	<u>0,066</u>	<u>0,067</u>	0,101
RER-L3							-0,29	<u>0,084</u>				
ROM lombaire (°)			0,42	0,015	0,024	0,167						
ROM thoracique (°)	-0,30	<u>0,076</u>										
ContRelBas (%)			-0,31	<u>0,081</u>	<u>0,088</u>	0,092						
ContRelLom (%)			0,40	0,019	<u>0,054</u>	0,121						
ContRelThor (%)												

* Seulement les variables NRM ayant menées à des corrélations ou modèles de régression avec des valeurs $P < 0,10$ apparaissent dans ce tableau. Les valeurs $P \leq 0,05$ sont identifiées en gras alors que les valeurs situées entre 0,05 et 0,10 sont soulignées.

† Corrélation de Pearson entre la variable indépendante (VI) à T0 et le changement (T8 – T0) de OSW (Δ OSW)

‡ Corrélation partielle de Pearson entre le changement (T8 – T0) de la VI (Δ VI) et le changement (T8 – T0) de OSW (Δ OSW), en ajustant pour la VI à T0

‡‡ Modèle de régression multiple linéaire de Δ OSW, avec deux VI (score T0 et score T8 – T0). R^2 aj : R^2 ajusté

Bien qu'aucun effet STATUT n'ait été observé, plusieurs effets TEMPS ont été obtenus, démontrant une diminution des latences pour trois muscles [L3 droit, $d = -0,30$; OE gauche, $d = -0,36$; OE droit, $d = -0,23$], une diminution de la latence du mouvement lombaire (chez les sujets contrôles seulement, $d = -0,47$) et une augmentation de la vitesse angulaire maximale en flexion/extension de la région lombaire ($d = 0,21$).

Les analyses corrélationnelles (**tableau 13**; test n° 5) ont révélé une seule corrélation significative, suggérant un rôle modérateur de l'étendue de mouvement lombaire en flexion latérale (ROM lombaire – FL) sur Int-Douleur. Il faut remarquer que plusieurs autres corrélations ont presque atteint le niveau de signification statistique.

4.4.3.6 Coordination du tronc (test n° 6)

Les ANOVA menées sur les mesures EMG (ratios) n'ont révélé aucune interaction STATUT $\times$ TEMPS, ni d'effet TEMPS, mais ont toutes montré des effets STATUT (**annexe D, tableau D-6**). Les ratios RFR ont mené aux mêmes résultats pour tous les muscles, avec des ratios significativement plus petits (disparition du phénomène de flexion-relaxation) chez les patients comparativement aux sujets sains. Les d de Cohen correspondant variaient entre 0,49 et 0,67.

Les ANOVA menées sur les variables cinématiques n'ont révélé aucune interaction STATUT $\times$ TEMPS, ni d'effet TEMPS, mais six effets STATUT ont été observés (**annexe D, tableau D-6**). Des valeurs moins élevées ont été observées, chez les patients comparativement aux sujets sains, pour l'étendue de mouvement du tronc ($d = 0,64$) et de la région lombaire ($d = 1,02$), pour la contribution relative lombaire ($d = 0,73$) ainsi que pour les trois variables portant sur les phases relatives entre les mouvements lombaire et pelvien (pic, $d = 0,05$; moyenne, $d = 0,07$; écart-type, $d = 0,56$). Les variables pic et moyenne révèlent une coordination moins séquentielle entre la région lombaire et le bassin chez les patients, bien que les tailles d'effet soient faibles ($d \leq 0,07$). Par contre, on note une taille d'effet moyenne ($d = 0,56$) de la variable écart-type, indiquant moins de variabilité de la coordination lombo-pelvienne des patients.

Les analyses corrélationnelles (**tableau 13**; test n° 6) ne suggèrent aucun rôle de modérateur, bien que quelques corrélations aient presque atteint le niveau de signification statistique. Cependant, deux variables suggèrent un rôle de médiateur de OSW (ROM lombaire, ContRelLom). Un seul modèle de régression a été significatif ($P = 0,024$), l'étendue de mouvement lombaire (ROM lombaire) expliquant 17 % de la variance de OSW.

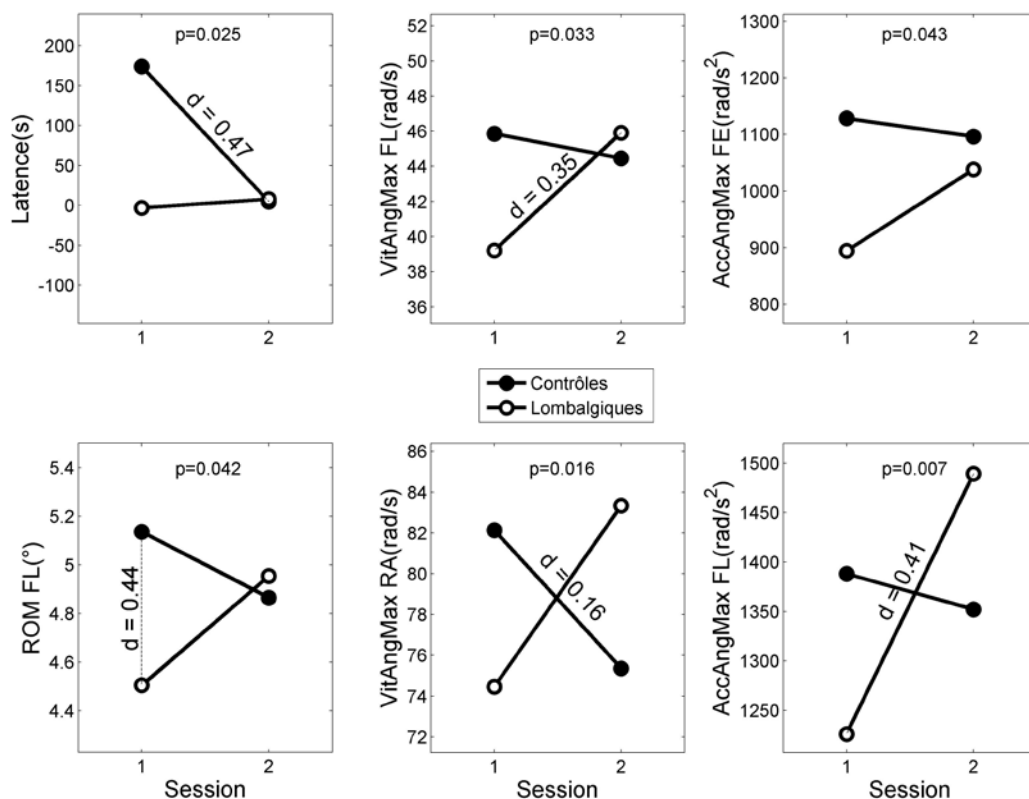


Figure 11. Illustration des interactions STATUT × TEMPS qui ont atteint le niveau de signification statistique pour certaines variables associées aux ajustements posturaux anticipatoires, soit les variables cinématiques de la région lombaire.

Description des variables. Latence : début du mouvement lombaire par rapport au début de l'activation du deltoïde droit; Vit : vitesse; Acc : accélération; Ang : angulaire; Max : maximale; ROM : étendue de mouvement ; FE : flexion/extension; FL : flexion latérale; RA : rotation axiale. Les différences significatives obtenues avec les tests *a posteriori* sont identifiées avec les valeurs *d* de Cohen correspondantes.

4.5 Objectif 3 – Fidélité des mesures neuromusculaires

4.5.1 Vérification de la présence d'erreurs systématiques entre les essais et les jours

Des ANOVA à mesures répétées ont d'abord servi à vérifier s'il y avait la présence d'effets entre les essais d'un même jour et entre les jours (erreurs systématiques), ce qui suggérerait, entre autres, la présence d'apprentissage de la tâche. Voici un résumé des principaux résultats. Un effet JOUR important a été détecté ($P < 0,001$; variance : 10 %) pour la **proprioception lombaire** (test n° 2), démontrant une diminution du seuil de détection du mouvement entre l'évaluation à T0 ($3,1 \pm 2,0^\circ$) et T8 ($2,1 \pm 1,5^\circ$). Les autres effets JOUR détectés n'expliquaient que 3 % de la variance et apparaissent donc négligeables. L'étude des effets ESSAI a permis de déterminer que le premier essai du test de **rigidité lombaire** (test n° 4) (Larivière *et al.*, 2015) et

les essais 1 et 5 du test de **coordination du tronc** (test n° 6) devaient être retirés avant de faire les analyses de fidélité détaillées dans la prochaine section, ainsi que les comparaisons entre groupes et entre les temps de mesures (T0 par rapport à T8) présentées dans la section précédente.

4.5.2 Indices de fidélité (résultats de l'étude-D)

Les résultats des études-D sont présentés à l'annexe E pour les variables correspondant à chaque test neuromusculaire. Rappelons que les stratégies de mesures ont été choisies en fonction des données disponibles afin d'obtenir des estimations qui reflètent bien le nombre d'essais ou de cycles disponibles pour obtenir le score moyen. Bien entendu, faire la moyenne de plusieurs essais a augmenté la fidélité de toutes les mesures. Voici les résultats principaux et spécifiques de chacun des tests :

Test n° 1 – Contrôle des muscles profonds du tronc avec l'imagerie par ultrasons :

- Autant pour les muscles abdominaux que dorsaux, les mesures au repos ont atteint une fidélité acceptable, voire excellente, contrairement au pourcentage de changement.
- Les résultats correspondant au muscle TrA sont moins bons que ceux associés aux muscles OE et OI.

Test n° 2 – Proprioception lombaire : la fidélité peut être qualifiée de modérée.

Test n° 3 – Équilibre postural du tronc en position assise sur une chaise instable :

- Plusieurs mesures (RMSdist, MFREQ, FD, %RECUR, %DET, DIAG, ENTROP) ont atteint une fidélité acceptable, voire excellente.
- Les autres mesures (MedFREQ, FREQD, HRRA) peuvent être qualifiées de modérément fidèles.

Test n° 4 – Rigidité lombaire (rigidités intrinsèque et réflexive) :

- En général, la fidélité des mesures est modérée. Par contre, trois paramètres sur 12 ont atteint des valeurs $\phi > 0,75$.
- La rigidité intrinsèque est quantifiée de façon plus fidèle que la rigidité réflexive.
- La rigidité intrinsèque est quantifiée de façon plus fidèle dans la bande de fréquence moyenne alors que la rigidité réflexive est quantifiée de façon plus fidèle dans les bandes de fréquence basse et modérée (pas dans les hautes fréquences).

Test n° 5 – Ajustements posturaux anticipatoires (APA) :

- Les mesures EMG de latence (n = 10) ont généralement démontré une fidélité modérée, avec deux cas d'exception (L5 et OE droits) qui ont atteint des valeurs $\phi > 0,75$ et un seul cas démontrant une fidélité médiocre (OE gauche).
- Les mesures cinématiques lombaires (n = 9) ont aussi généralement démontré une fidélité modérée, avec trois cas d'exception (vitesse angulaire en rotation axiale; accélérations angulaires maximales en flexion/extension ; rotation axiale) qui ont atteint des valeurs $\phi > 0,75$.

Test n° 6 – Coordination du tronc :

- Les ratios EMG ont atteint une fidélité acceptable seulement pour les électrodes situées à L5, contrairement aux électrodes à L3 et L1 où la fidélité était modérée.
- Parmi les mesures cinématiques du tronc (n = 10), trois (ROM bassin; ROM tronc; contribution relative du bassin) ont atteint une excellente fidélité alors que les autres ont montré une fidélité modérée.

5. DISCUSSION

5.1 Effets du programme d'exercice

Le programme d'exercice a produit des effets cliniques importants sur l'ensemble du groupe ($n = 48$), avec des d de Cohen de -1.26 et -1.45, correspondant respectivement à la diminution de OSW et Int-Douleur à T8. Les d de Cohen dépendent beaucoup des critères d'inclusion utilisés, notamment lorsqu'un seuil minimal d'OSW est requis. Dans les études où l'information nécessaire était disponible et ayant recruté une clientèle de patients en phase chronique, ces valeurs d variaient entre -0.58 et -1.11 (incapacités) et entre -0.61 et -1.02 (Int-Douleur) lorsqu'aucun critère de sévérité (selon OSW) n'était utilisé (Goldby *et al.*, 2006; Ferreira *et al.*, 2007) alors qu'elles sont plus élevées (OSW : -1.99 ; Int-Douleur : -1.43) lorsqu'un critère d'incapacité était utilisé (Rabin *et al.*, 2014). Les effets observés dans la présente étude étaient donc relativement importants par rapport à ce qui est rapporté dans la littérature, ce qui s'expliquerait par le recrutement d'une clientèle plus sévèrement atteinte.

5.2 Objectif 1 – Dérivation des RPC

5.2.1 Règle de prédiction clinique de succès du traitement

La RPC de succès a été constituée de deux variables de classe A qui ont un lien théorique avec l'instabilité lombaire, soient TPP-portée et HanRot-Pas-Max. L'étude préliminaire de Hicks (Hicks *et al.*, 2005), de son côté, a mené à une RPC de succès comprenant quatre éléments : (1) test d'instabilité lombaire positif (notre variable Instabilité-Man), (2) présence d'au moins un des cinq signes de mouvements aberrants lors d'un mouvement de flexion/extension maximale du tronc (notre variable Mvt-Abe), (3) test élévation passive jambe tendue $> 91^\circ$ (notre variable EJT-Pas-Max-ROM) et (4) âge < 40 ans. Leur LR+ était de 4,0 (IC 95 % : 1,6 – 10,0), soit une valeur supérieure à celle de la présente étude (1,9; IC 95 % : 1,0 - 3,3). Par contre, leur LR- était de 0,52 (IC 95 % : 0,30 – 0,88), ce qui est moins avantageux que dans la présente étude (0,13; IC 95 % : 0,03-0,55). Ces résultats inverses reflètent le fait que notre modèle est plus sensible (Se = 0,94; Sp = 0,50), alors que celui de Hicks est plus spécifique (Se = 0,56; Sp = 0,86). Rappelons que l'étude de Hicks se différencie de la présente étude par la population étudiée, car les patients en phase aiguë étaient aussi recrutés, ce qui a mené à un échantillon ayant une durée moyenne des symptômes de 41 jours, ce qui est nettement inférieur à celle de notre échantillon composé à 96 % (46/48) de patients avec douleurs chroniques (3 mois ou plus). La population plus hétérogène étudiée par Hicks expliquerait donc la faible sensibilité de son modèle comparativement à la nôtre (population plus homogène). En somme, l'idée d'une RPC de succès étant de maximiser LR+, notre RPC préliminaire a une valeur prédictive moins élevée (LR+ 1,9 $<$ 4,0). Par contre, sa sensibilité est plus élevée (94 $>$ 56 %), ce qui est une très bonne chose. En effet, étant donné que ces exercices représentent un risque très faible pour la santé, presque tous les patients qui en ont besoin pourront y recourir, ce qui n'est pas si dramatique pour les autres patients étant donné la valeur ajoutée de faire de l'exercice sur les dimensions psychologiques, peu importe le type.

L'association entre le test de performance physique TPP-portée et l'instabilité lombaire semble avoir des assises théoriques, mais les résultats se sont avérés contraires à nos attentes. Ce test apparaît avoir certaines caractéristiques permettant de mettre à l'épreuve le rôle des muscles stabilisateurs de la colonne lombaire. Premièrement, la stabilité lombaire est moindre lorsque la région lombaire est en position neutre (comme en position debout), car les tissus passifs ne peuvent contribuer à stabiliser les articulations lombaires (Cholewicki et McGill, 1996). Deuxièmement, le fait d'élever la charge à la hauteur des épaules augmente aussi l'instabilité lombaire, comme le démontre l'augmentation de l'activation des muscles du tronc lorsque la charge est plus haute (Granata et Orishimo, 2001). Finalement, une réaction similaire est observée lorsque la charge soutenue est maintenue loin du corps, car non seulement l'activation des muscles dorsaux est augmentée pour contrer le moment net en flexion, mais il y a aussi augmentation de l'activation des muscles abdominaux qui ne peut être attribuable qu'au maintien de la stabilité lombaire (Mohammadi *et al.*, 2015). Notre hypothèse de départ était que les patients qui stabilisent moins bien leur colonne lombaire auraient de la difficulté à réaliser ce test (scores inférieurs à 0,665) et bénéficieraient du programme d'exercice de stabilisation lombaire. Or, ce sont les patients avec des scores supérieurs qui semblent pouvoir en bénéficier. L'explication possible serait que l'éloignement de la charge, induisant une cocontraction des muscles du tronc, augmenterait la stabilité lombaire et réduirait la douleur des patients dont la douleur est provoquée par une instabilité articulaire. Ces patients bénéficieraient donc d'un programme d'exercice de stabilisation lombaire. Les patients, qui ont une douleur qui ne se contrôle pas avec la cocontraction des muscles du tronc, performeraient donc moins bien lors de ce test et, par conséquent, ne bénéficieraient pas de ce programme d'exercice. Il s'agit de la même théorie sous-jacente au test d'instabilité en position décubitus ventral (*prone instability test*, soit notre variable Instabilité-Man). En effet, ce test est positif lorsque le patient voit sa douleur lombaire réduite (ou disparaître selon les auteurs et comme ce fut le cas dans la présente étude) lorsqu'il soulève les membres inférieurs du sol, car ce mouvement a aussi pour effet d'induire une cocontraction des muscles du tronc et une meilleure stabilité lombaire. Cela pourrait donc expliquer pourquoi TPP-portée ressort dans notre RPC, à la place de Instabilité-Man qui ressortait dans celle de Hicks. D'ailleurs, nos résultats obtenus avec le test Instabilité-Man sont contraires à ceux attendus, ce qui sera discuté plus loin. Il est à noter que ce test fait l'objet de controverse au regard de sa fidélité interjuges (Ravenna *et al.*, 2011) et semble devoir être fait en suivant une procédure stricte pour permettre une bonne fidélité (Hicks, 2011). Si TPP-portée mesure vraiment le même phénomène, ce test représenterait une alternative intéressante, bien que du matériel soit nécessaire pour le réaliser (sac avec poids et ruban à mesurer). D'ailleurs, la mesure continue (en cm) a une fidélité interjuges quasi parfaite (CCIC : 0,99) et une excellente fidélité interjours (2 semaines d'écart) (CCIC : 0,91) (Simmonds *et al.*, 1998), ce qui devrait aussi se traduire positivement par des scores dichotomisés. Cette bonne fidélité n'est peut-être pas étrangère au fait que ce test ne requière pas d'intervention manuelle de la part du thérapeute.

L'association entre le test de déficience du contrôle moteur relatif à l'abduction et la rotation passives de la hanche (variable HanRot-Pas-Max) et l'instabilité lombaire est moins évidente. Tout mouvement actif du tronc ou des membres requiert la stabilisation de la région lombaire pour éviter la provocation de symptômes, ce qui est moins évident lors de mouvements passifs. En effet, ce test en mode passif en est un de provocation de la douleur et il peut ne pas être

spécifique aux patients qui ont besoin d'un programme d'exercice de stabilité de la colonne lombaire pour éliminer ces symptômes. C'est à l'étape de validation des RPC, qu'il sera possible d'établir si ce test est spécifique ou non à un trouble d'instabilité lombaire.

Les variables de classe B (potentiellement liées avec l'adhésion au programme d'exercice à la maison) et de classe C (non-spécifique, c.-à-d. associées à n'importe quel programme d'exercice) n'ont pas permis de mieux prédire le succès thérapeutique. L'idée d'introduire les variables de classe B était d'essayer de prédire l'adhésion au programme d'exercice à la maison à T0, l'hypothèse sous-jacente (**hypothèse 3**) étant que l'adhésion est associée aux mesures de résultats cliniques (Int-Douleur, OSW). Or, cette hypothèse fut rejetée. De plus, les analyses corrélationnelles univariées ont indiqué que les variables de classe B n'étaient même pas associées à l'adhésion. En fait, plusieurs variables (Chang-Glob, DoulActPhys, NAP-loisirs, IDPtot, PCS, Durée de la douleur, Âge) étaient associées à l'adhésion, mais seulement lorsqu'elles étaient mises en relation avec le temps, comme discuté dans la section suivante (section 5.2.2). Cela suggère qu'il est difficile, sinon impossible, d'obtenir l'information recherchée sans prendre des mesures dans le temps, ce qui va à l'encontre de l'utilité d'une RPC. Cependant, il ne faut pas exclure la possibilité qu'il y ait eu un biais de sélection des patients. En effet, les patients qui ressentaient déjà des peurs ou de la réticence à se lancer dans un programme d'exercice, peu importe les raisons, peuvent tout simplement ne pas avoir répondu aux annonces parues dans les journaux. Une proportion importante des patients (42 patients, soit 88 %) ont été recrutés après avoir pris connaissance des annonces, comparativement au recrutement en clinique ($n = 6$). Il est possible qu'un recrutement exclusivement fait en clinique, par le biais des cliniciens qui ont en charge ces patients, aurait aidé à obtenir des patients qui n'auraient pas par eux-mêmes participé au programme d'exercice. Nous nous serions alors possiblement retrouvés avec plus de variations : (1) dans l'adhésion au traitement, ce qui aurait pu aider à établir des relations entre l'adhésion et la douleur et les incapacités (hypothèse 3) et (2) dans les caractéristiques biopsychosociales théoriquement associées à l'adhésion, ce qui aurait pu aider à établir des relations avec les résultats cliniques et à produire des RPC plus complètes (hypothèse 1).

5.2.2 Règle de prédiction clinique d'échec du traitement

La RPC d'échec avec les variables de classe A a été constituée de la courbure lombaire ($> 29^\circ$) et du sexe (masculin), permettant d'atteindre une précision globale de 81 % et de disposer des statistiques prédictives suivantes : sensibilité : 50 %; spécificité : 93 %; LR+ : 7,8; LR- : 0,53. La considération des variables de classe B a permis d'introduire PCS ($>28,5/52$) dans le modèle, ce qui permettait d'améliorer la précision globale (88 % au lieu de 81 %), ainsi que le LR+ (8,6 au lieu de 7,8) et surtout, le LR- (0,18 au lieu de 0,53). Cela a aussi permis de rehausser nettement les rapports de cote de Courbure lombaire (de 19 à 67) et de Sexe (de 9 à 26), une valeur élevée de 29 ayant aussi été atteinte pour PCS.

L'étude préliminaire de Hicks (Hicks *et al.*, 2005), pour sa part, a mené à une RPC d'échec comprenant quatre éléments : (1) FABQ-AP > 9 , (2) présence d'aucun des cinq signes de mouvements aberrants lors d'un mouvement de flexion/extension maximale du tronc (notre variable Mvt-Abe), (3) test d'instabilité lombaire négatif (notre variable Instabilité-Man) et (4) pas d'hypermobilité (Spring test négatif). Une RPC d'échec a pour objectif de minimiser LR-.

Dans l'étude de Hicks, LR- était de 0,18 (IC 95 % : 0,08 – 0,38), ce qui est mieux que les valeurs correspondant à la RPC comprenant les variables Sexe et Courbure lombaire (0,53; IC 95 % : 0,3 - 0,95), mais équivalent au modèle dans lequel a été ajouté PCS (0,18; IC 95 % : 0,05, 0,66). Une RPC, qui est spécifique pour identifier les patients qui auraient un échec, est plus que souhaitable et la RPC de Hicks (87 %), autant que celles de la présente étude (93 et 90 %), donne d'excellents résultats.

La contribution d'une variable psychologique (PCS > 28,5/52) dans notre deuxième modèle s'apparente à la variable FABQ-AP retenue dans le modèle de Hicks (Hicks *et al.*, 2005). En effet, ces deux variables mesurent des concepts rapprochés, la corrélation entre les deux étant de 0,45 ($P = 0,001$) dans la présente étude ($n = 48$; à T0). D'ailleurs, la dichotomisation de ces variables a produit un tableau de contingence presque identique (voir tableau C-3, annexe C), ce qui suggère que PCS a tout juste été plus prédictive que FABQ-AP dans notre cas. À noter qu'une étude a documenté une corrélation ($r = -0,34$; $P = 0,034$) entre FABQ-AP et l'activation du TrA (équivalent de notre variable TrA-%C) telle que mesurée lors de l'ADIM, soit une contraction volontaire (Hebert *et al.*, 2010). Dans cette même étude, aucune corrélation n'avait été observée lors d'une contraction automatisée (élévation jambe tendue), suggérant que les patients qui auraient des peurs vis-à-vis de l'activité physique puissent avoir de la difficulté à produire l'ADIM. Il est donc possible que la présence de FABQ-AP (ou PCS) dans les RPC d'échec de Hick et de la présente étude s'explique par une incapacité de certains patients, soient ceux qui éprouvent ces peurs, à produire l'ADIM lors du traitement. D'ailleurs, en lien avec cette hypothèse, une corrélation presque significative ($r = -0,34$; $P = 0,075$) entre le changement de TrA-%C droit et le changement de OSW a été observée. Certains chercheurs proposent d'être prudent avec les patients qui ont peur du mouvement ou de la douleur, car ce programme d'exercice favorise ni plus ni moins le contrôle des mouvements lombaires. Un manque de prudence à cet égard pourrait les rendre plus craintifs par rapport aux mouvements que suggèrent les exercices (Nijs *et al.*, 2013). Ce point est discuté plus en détail dans la section portant sur les mécanismes d'origine psychologique.

Une courbure lombaire supérieure à 29° est associée à l'échec du traitement. Bien que les études biomécaniques démontrent que le degré de courbure lombaire influence l'anatomie fonctionnelle (lignes d'action et bras de levier des muscles dorsaux) et les forces appliquées sur les structures lombaires (Mawston et Boock, 2015), la relation avec la stabilité lombaire n'est pas clairement établie. Une seule étude, publiée dans des actes de congrès, a estimé à l'aide d'un modèle biomécanique que la stabilité augmente lorsque la courbure lombaire passe de la cyphose vers la lordose (Granata, 1998). Selon les résultats de la présente étude, les patients qui ont déjà une courbure lombaire plus prononcée (en lordose) n'auraient donc pas de gains à obtenir avec les exercices de stabilisation lombaire. Une lordose lombaire normale requiert l'activation des muscles profonds et superficiels, ceux-ci étant aussi responsables de la stabilité lombaire (Penning, 2000). L'adoption d'une lordose lombaire anormale (plus en cyphose) va peut-être donc de concert avec une perte de stabilité lombaire. D'ailleurs, bien que la courbure lombaire soit en partie expliquée par la génétique, il apparaît possible de la modifier avec un programme d'exercice (Scannell et McGill, 2003; Obayashi *et al.*, 2012) et même avec un programme d'exercice de stabilisation lombaire (Cho *et al.*, 2015), bien que cela n'ait pas été le cas dans la présente étude. Cette mesure, qui est la plus influente du modèle, est facile à obtenir avec les

deux inclinomètres et démontre une fidélité test-retest (3 jours d'écart) très élevée (CCIC = 0,95) (Ng *et al.*, 2001).

Le sexe masculin serait associé à un échec de traitement, ce qui est étonnant, d'autant plus que le rapport de cote était très élevé (25,5). Il n'y a aucune indication que le sexe avait été considéré dans les travaux de Hicks, mais cette variable n'aurait probablement pas été retenue d'après la proportion de femmes constituant leurs trois sous-groupes de patients (échec : 55 %; amélioration : 62 %; succès : 56 %), les femmes constituant 57 % de leur échantillon de 54 patients. En quoi le sexe serait-il associé à la stabilité lombaire? Bien entendu, considérant le plus gros gabarit des hommes, il n'est pas étonnant que les mesures directes de rigidité passive (muscles au repos) de la colonne lombaire soient plus élevées (McGill *et al.*, 1994). Cependant, les mesures directes obtenues sur les unités vertébrales (Kumar, 2011), les estimations de la rigidité intrinsèque de la présente étude (variables K et B, tableau D-4, annexe D) obtenues avec le test de rigidité lombaire, ainsi que les estimations de la stabilité lombaire dynamique lors de mouvements répétés du tronc (Granata et Gottipati, 2008; Graham *et al.*, 2012) ne démontrent pas de différences entre les sexes. Il n'y a qu'une étude suggérant que les femmes ont une moins bonne stabilité lombaire et qu'elles doivent augmenter plus que les hommes l'activation de certains muscles du tronc lors d'un test d'abduction de la hanche en position couchée sur le côté (Cynn *et al.*, 2006). Ces résultats ne sont peut-être pas étrangers à ceux de la présente étude démontrant que les hommes et les femmes contrôlent différemment les muscles qui assurent la stabilité lombaire lors du test d'équilibre postural (Lariviere *et al.*, 2015). Il demeure possible que ces exercices, qui utilisent souvent les membres inférieurs comme résistance, soient plus exigeants pour les femmes que pour les hommes (relativement à leur force maximale respective), ce qui en retour pourrait être plus bénéfique pour elles. L'interaction entre le sexe et l'autre variable de la RPC (courbure lombaire) pourrait finalement expliquer ce résultat. En effet, des différences entre sexes (femmes > hommes) ont déjà été relevées pour la courbure lombaire (Norton *et al.*, 2004) et même dans l'exécution de plusieurs tests de déficience du contrôle moteur, dont un exemple est HanRot-Act-Max (Scholtes et Van Dillen, 2007). Il y a même eu des relations établies entre le sexe, la courbure lombaire et les tests de déficience du contrôle moteur décrivant l'interaction entre ces variables (Norton *et al.*, 2004).

Certaines mesures ont présenté des tableaux de contingence déséquilibrés, ce qui s'explique par le petit nombre de patients, notamment ceux du sous-groupe échec (n = 12). Les estimations des modèles ont aussi été peu précises, avec des intervalles de confiance très larges. Ces résultats préliminaires sont suffisants pour justifier la poursuite du recrutement des patients (n = 80), ce qui permettra non seulement de remédier à ces problèmes, mais aussi de potentiellement faire varier les prédicteurs retenus pour chaque RPC.

5.3 Objectif 2 – Étude des mécanismes d'action

5.3.1 Mesures PHT

L'effet du temps/traitement sur les mesures PHT (T0 par rapport à T8) a été statistiquement significatif pour environ la moitié des mesures, avec des améliorations observées pour chacune d'entre elles, à l'exception d'Instabilité-Man (discuté ci-dessous). Malheureusement, seulement

deux études portant sur les effets d'un programme d'exercice de stabilisation lombaire sur une population de patients ont considéré ce type de mesures de résultats, les deux démontrant une augmentation de l'endurance des muscles du tronc (Aasa *et al.*, 2015; Chuter *et al.*, 2015) et une montrant une amélioration telle que révélée avec une batterie de tests du contrôle moteur (Aasa *et al.*, 2015).

Seulement deux interactions SOUS-GROUPE $\times$ TEMPS ont été observées, soient pour EJT-Pas-Doul-Max et Instabilité-15Q. La variable EJT-Pas-Doul-Max (amplitude de mouvement lorsqu'il y a apparition de douleur) a de son côté augmenté significativement pour le sous-groupe succès seulement et la différence entre sous-groupes a tout juste effleuré le niveau de signification à T8 ($P = 0.053$). Il faudra augmenter l'échantillon de patients pour confirmer ce résultat, notamment pour vérifier s'il y a véritablement une diminution de l'amplitude de mouvement lors de ce test chez le sous-groupe échec (**figure 6**). Ces résultats sont en accord avec les objectifs poursuivis avec le programme d'exercice, car s'il y a amélioration de la stabilisation lombaire; on devrait observer une augmentation d'amplitude de mouvement sans douleur chez le sous-groupe succès.

Une diminution significative de Instabilité-15Q a été observée pour le sous-groupe succès seulement (interaction SOUS-GROUPE $\times$ TEMPS), ce qui supporte l'hypothèse 2. Il est étonnant que la mesure d'instabilité la plus documentée (Instabilité-Man) ait produit des effets TEMPS opposés aux autres mesures d'instabilité qui étaient considérées (Instabilité-Ext, Instabilité-15Q), avec une augmentation de la proportion des patients avec un test positif à T8 comparativement à T0. Ces mesures, qui ont la prétention de mesurer le même concept, font appel à des procédures très différentes pour y arriver. Si cette variable avait été retenue dans les RPC, elle l'aurait été pour des raisons opposées à celles évoquées dans l'étude de Hicks *et al.* (2005). En effet, contrairement à ce qui était attendu, une réponse positive (et non négative) à ce test était prédicteur d'échec dans la présente étude. Ce test sous-tend que l'élévation des membres inférieurs exige nécessairement une stabilisation de la colonne lombaire, ce qui en retour expliquerait l'élimination de la douleur lombaire lors de la pression postéro-antérieure appliquée sur les vertèbres. Il semble donc logique de croire que les exercices de stabilisation lombaire aideraient ces patients. Or, se pourrait-il que le recrutement des différents muscles extenseurs de la colonne (multifides par rapport à érecteurs du rachis) puisse faire varier le résultat de ce test? En effet, le test est peut-être positif pour les patients qui recrutent préférentiellement les multifides, soient les muscles locaux qui sont théoriquement mieux positionnés pour stabiliser la colonne lombaire. En contrepartie, le test serait négatif pour les patients qui recrutent les érecteurs du rachis, soient les muscles globaux qui sont théoriquement mieux positionnés pour produire un moment de force en extension? Une explication alternative à ce qui a toujours été proposé serait donc que le programme d'exercice de stabilisation lombaire serait inefficace chez les patients qui recrutent déjà automatiquement les muscles qui assurent la stabilité lombaire (test positif) et efficace chez les patients qui utilisent les mauvais muscles (test négatif). Une étude de l'activation des muscles extenseurs du rachis lors de cette manœuvre serait nécessaire pour vérifier si les résultats du test Instabilité-Man varient en fonction d'une modification possible de l'activation de ces muscles.

Les tests de performance physique (TPP) se sont avérés assez sensibles aux effets de temps/traitement et de sous-groupe, notamment pour les trois tests portant sur la mesure de la

vitesse d'exécution des tâches (TPP-assis, TPP-flexions, TPP-rouler). En effet, les effets du temps/traitement n'ont été obtenus que pour ces trois tests, avec des valeurs d de Cohen substantielles (entre 0,73 et 0,84). Comme pour les mesures PSY, il est fort probable que ces effets de traitement ne soient pas spécifiques à un programme d'exercice en particulier et ne reflètent qu'une amélioration de la condition générale du patient. D'ailleurs, ces mesures dites objectives sont influencées par le comportement (Simmonds, 2006). Des effets SOUS-GROUPE ont aussi été observés pour TPP-flexions et TPP-rouler avec des valeurs moins élevées (temps d'exécution plus courts) chez les patients du sous-groupe succès (**figure 7**). Ces résultats sont en accord avec ceux d'études antérieures sur le sujet, notamment en ce qui a trait aux différences entre sujets sains et sujets lombalgiques (Simmonds, 2006). Les autres mesures TPP (TPP-portée et TPP-assis) ont presque aussi atteint le niveau de signification statistique, les différences allant dans la même direction, c.-à-d. de meilleures performances chez les patients du sous-groupe succès (**figure 7**). Ces tests sont possiblement moins exigeants pour la région lombaire que les tests TPP-flexions et TPP-rouler, ce qui pourrait expliquer ces effets moindres.

Les analyses corrélationnelles entre les mesures PHT (variables continues) et les mesures de résultats primaires (OSW, Int-Douleur) ont permis de déterminer une seule variable (HanRE-Act-ROM-Min) pouvant jouer un rôle modérateur de OSW. Rappelons qu'une **variable modératrice** permet d'établir la présence de sous-groupes cliniques (définis avant le traitement c.-à-d. à T0) qui ont des trajectoires thérapeutiques différentes. À première vue, ces résultats ne semblent pas corroborer les analyses logistiques menées pour dériver les RPC de succès et d'échec. Cependant, rappelons que les analyses logistiques ne consistaient pas à prédire le changement de OSW, mais plutôt l'appartenance aux sous-groupes succès et échec. Bien que ces sous-groupes ont été définis à partir du changement de OSW, différents critères de changement étaient utilisés pour chacun d'entre eux. Les analyses corrélationnelles ne font donc que relever des variables qui pourraient potentiellement ressortir dans les RPC lorsque les effectifs seront plus importants. Les analyses corrélationnelles ont aussi permis de distinguer trois variables (Instabilité-15Q, FlxLatLomb-ROM, FlxBassin-ROM) ayant le potentiel de jouer un rôle de médiation, soit avec OSW (Instabilité-15Q, FlxLatLomb-ROM) ou Int-Douleur (FlxLatLomb-ROM, FlxBassin-ROM). Rappelons qu'une **variable médiatrice**, de son côté, suggère la présence d'un mécanisme d'action, car le changement de cette variable au cours du traitement est associé aux changements cliniques. Cela semble aller de soi pour Instabilité-15Q, car le traitement pourrait, comme le suggère la théorie sous-jacente au programme d'exercice de stabilisation lombaire, améliorer la condition des patients (ici mesurée avec OSW) en réduisant l'instabilité lombaire. L'explication pour FlxLatLomb-ROM ($r = -0.30$ avec OSW ou Int-Douleur) et FlxBassin-ROM (Int-Douleur) ne semble pas conforme à la théorie sous-jacente à ce programme d'exercice (variables de classe C). Ces résultats suggèrent que l'amélioration du patient (réduction de OSW et Int-Douleur) pourrait être causée par une augmentation de l'étendue de mouvement du tronc (flexion latérale lombaire et flexion avant du bassin). Il s'agit possiblement ici d'un effet non spécifique associé à n'importe quel traitement. Rappelons que l'étude de la présence d'effets médiateurs requière un devis de recherche avec groupe contrôle, des analyses statistiques plus élaborées et des effectifs plus importants. Ces résultats ne permettent que de formuler des hypothèses à vérifier avec la bonne méthodologie.

5.3.2 Mesures PSY

Il est bien connu que différents programmes d'exercice autres que les exercices de stabilisation lombaire ont démontré des effets positifs sur différentes dimensions psychologiques associées à l'anxiété, au stress et à la dépression (Salmon, 2001) ainsi que sur les croyances par rapport à la douleur telle que les peurs du mouvement (Kernan et Rainville, 2007), les peurs et croyances (Kernan et Rainville, 2007; Marshall *et al.*, 2013) et la dramatisation de la douleur (Mannion *et al.*, 1999; Woby *et al.*, 2004; Smeets *et al.*, 2006; Marshall *et al.*, 2013). Par contre, comme soulevé en introduction, il reste à savoir si les exercices de stabilisation lombaire, qui représentent moins d'activités physiques vigoureuses que d'autres programmes d'exercice (aérobie, renforcement musculaire avec appareils), démontrent aussi de tels effets. De plus, certains auteurs avancent l'hypothèse qu'un tel programme, ayant pour objectif de « limiter » le mouvement de la région lombaire sur le plan biomécanique (Nijs *et al.*, 2013), pourrait avoir comme effet délétère de rendre les patients craintifs face au mouvement, comme le suggérerait le modèle peur/évitement. D'ailleurs, les résultats sont mixtes en ce qui a trait aux effets d'un programme d'exercice de stabilisation lombaire sur les variables du modèle peur/évitement. Deux études publiées au cours de la présente recherche n'ont pas observé d'amélioration de FABQ-AP (Rasmussen-Barr *et al.*, 2009; Unsgaard-Tondel *et al.*, 2010) et FABQ-travail (Unsgaard-Tondel *et al.*, 2010), alors que deux autres ont obtenu des améliorations sur le FABQ-AP (Henry *et al.*, 2014) et les peurs du mouvement mesurées avec l'échelle de Kinésiophobie de Tampa (Koumantakis *et al.*, 2005). Une amélioration a aussi été observée pour FABQ-AP et PCS avec les exercices Pilates (Marshall *et al.*, 2013), soit une modalité d'exercice qui s'apparente beaucoup aux exercices de stabilisation lombaire. C'est entre autres pour intervenir sur les croyances en rapport avec la douleur que la brochure *Back Book* (Burton *et al.*, 1999) a été livrée aux patients à T0, tel que l'avait aussi fait Koumantakis *et al.* (2005) qui ont observé des effets positifs sur les peurs du mouvement.

La majorité (13/19) des nombreuses mesures PSY investiguées ont démontré une amélioration dans le temps, dont certaines (FABQ-AP, PCS, PercMaladie, Int-Douleur, StarT Back) avec des tailles d'effet substantielles (d de Cohen entre -0,82 et -1,31). Quelques mesures (5/19 : IDPcog, IDPdep; IDPtot; PercMaladie; NAP-sport) ont même prouvé une amélioration (ou un maintien pour NAP-sport) plus marquée du sous-groupe succès comparativement au sous-groupe échec (interaction SOUS-GROUPE $\times$ TEMPS), ce qui permet d'étayer l'hypothèse 2 de l'étude. Malheureusement, à la connaissance des auteurs, aucune autre étude ne portait sur les effets d'un programme d'exercice sur ces variables chez des patients souffrant d'une lombalgie, et cela, peu importe le programme d'exercice. Cependant, il est fort probable que ces effets ne soient pas spécifiques à un programme d'exercice en particulier, comme le démontrent quelques études sur le sujet (Mannion *et al.*, 1999; Marshall *et al.*, 2013; Henry *et al.*, 2014). Nos résultats suggèrent donc qu'un tel programme d'exercice, jumelé à l'éducation des patients (*Back Book*), permettrait d'agir sur différentes dimensions psychologiques, particulièrement chez les patients qui ont vécu un succès thérapeutique. Malheureusement, la présente étude ne permet pas d'établir la direction de la relation entre ces mesures psychologiques et les résultats cliniques (Int-Douleur, OSW), à savoir si ce sont les améliorations sur le plan psychologique qui diminuent la douleur et les incapacités ou l'inverse. Aussi, il n'est pas très clair si le maintien dans le temps de NAP-sport à T34, observé chez le sous-groupe succès, s'explique par une modulation des croyances associées

à la douleur, telle que le propose le modèle peur/évitement. En effet, bien qu'aucune interaction SOUS-GROUPE $\times$ TEMPS n'ait été observée pour PCS et FABQ-AP, la corrélation partielle entre le changement (T8 – T0) de PCS et OSW, en ajustant pour PCS à T0 ($r = 0,46$; $P < 0,001$), supporte le modèle peur/évitement. Il est toutefois intéressant de constater que la baisse de NAP-sport chez le sous-groupe échec ne s'est effectuée qu'après la phase clinique, laissant supposer que ces patients, n'ayant pas connu de succès à T8, n'entrevoient plus les bienfaits associés à la poursuite de l'activité physique.

Les analyses corrélationnelles entre les mesures PSY (variables continues) et les mesures de résultats primaires (OSW, Int-Douleur) ont permis de déterminer deux variables (SSFEfamRP, SSFEamiPa) ayant le potentiel de jouer un rôle modérateur de OSW et deux autres (PercMaladie, SSFEfamRP) pour Int-Douleur. La corrélation négative ($r = -0,34$) entre la perception de la maladie à T0 et le changement de Int-Douleur suggère que les patients qui se perçoivent plus malades à T0 auraient ressenti une diminution plus marquée de la douleur. Les variables SSFE, qui mesurent le soutien social/familial à l'exercice, pourraient avoir un lien avec l'adhésion aux exercices faits à la maison et ainsi influencer OSW et Int-Douleur. La variable SSFEfamRP, mesurant le soutien de la famille sous forme de récompenses et de punitions, démontre une corrélation négative avec OSW ($r = -0,32$) et Int-Douleur ($r = -0,33$), suggérant que les patients qui ont à T0 des valeurs plus élevées à cette échelle auraient moins d'incapacités et de douleur après le traitement, ce qui renforce notre hypothèse. Par contre, SSFEamiPa, mesurant le soutien des amis à la participation à l'activité physique, démontre une corrélation positive ($r = 0,37$) avec OSW, suggérant qu'un meilleur soutien se traduirait par une augmentation de l'incapacité, ce qui va à l'encontre des attentes des auteurs. Par contre, il est possible que les patients qui ont un taux d'incapacités plus élevé demandent plus de soutien social pour faire leur programme d'exercices.

En ce qui a trait au rôle de médiation qui pourrait être potentiellement joué par certaines variables, une d'entre elles (IDPcog) a été identifiée pour Int-Douleur alors que sept autres (PCS, IDPcog, IDPdep, IDPtot, PercMaladie, NAP-loisirs, Int-Douleur) ont été établies pour OSW. Toutes, à l'exception de NAP-loisirs, ont démontré des corrélations positives, suggérant que la réduction de ces variables (amélioration) est associée à la réduction de OSW ou de Int-Douleur. La variable NAP-loisirs, de son côté, suggère qu'une réduction de l'activité physique dans les loisirs est associée à une augmentation de OSW, tel que le suggèrent les données probantes (Abenhaim *et al.*, 2000). Avec NAP-loisirs ($r = -0,44$), PCS ($r = 0,46$) et PercMaladie ($r = 0,48$) sont les trois variables ayant montré les plus fortes corrélations; elles ont été retenues pour prédire l'adhésion au programme maison, comme discuté ci-dessous. Le rôle de médiation de PCS sur l'incapacité et la douleur est déjà connu en ce qui a trait aux effets de programmes d'exercice (Smeets *et al.*, 2006), comme l'est d'ailleurs la détresse psychologique pour tout type de traitement (Gurung *et al.*, 2015), ce que suggèrent aussi nos résultats (variables IDP). La perception de la maladie a aussi été reconnue comme telle (Broadbent *et al.*, 2015). Encore ici, rappelons que ces analyses corrélationnelles exploratoires ne permettent que de formuler des hypothèses qui restent à être vérifiées avec un essai clinique dont le groupe contrôle et les statistiques sont appropriés.

Adhésion au programme d'exercices à la maison (hypothèse 4).

L'adhésion au programme d'exercice à la maison est une variable médiatrice potentielle que nous ne voulions pas mesurer au cours du programme en clinique afin de ne pas influencer le comportement des patients aux fins de dérivation des RPC. Étant donné qu'une mesure d'adhésion ne peut être candidate à une RPC, car elle ne peut être mesurée avant le traitement, nous avons tenté de prédire l'adhésion avec un éventail de variables qui sont théoriquement associées à l'adhésion. Or, aucune corrélation n'a été observée entre ces variables mesurées à T0 et l'adhésion. En fait, seulement l'analyse multivariée, laquelle permettait de considérer l'interaction avec le temps, a permis de prédire l'adhésion, et cela avec succès, car plus de 50 % de la variance a ainsi été expliquée. D'ailleurs, certaines des variables dans les deux modèles de régression (NAP-loisirs, IDPtot, PCS, PercMaladie, Int-Douleur) avaient aussi été déterminées comme variables médiatrices potentielles dans les analyses corrélationnelles discutées ci-haut. Ces résultats suggèrent qu'il est difficile de prédire l'adhésion avec des mesures prises à T0, c'est-à-dire sans tenir compte du temps et potentiellement de l'alliance qui se crée avec le clinicien, ce qui expliquerait qu'une seule variable PSY ait été retenue dans une des RPC.

L'adhésion mesurée à T8 n'était pas corrélée avec le changement de OSW, soit la mesure étalon utilisée pour dériver les RPC. Deux études ont abordé cette question dans un contexte d'un programme d'exercice fait à la maison chez les patients souffrant de douleurs lombaires (Friedrich *et al.*, 1998; Mannion *et al.*, 2009), la première n'attestant aucune corrélation avec les incapacités (Friedrich *et al.*, 1998) et la seconde démontrant des corrélations avec la douleur (Spearman Rho = 0,54; $P = 0,003$) et l'incapacité (Spearman Rho = 0,38; $P = 0,036$) (Mannion *et al.*, 2009). Ces résultats mixtes peuvent être expliqués par la difficulté à mesurer l'adhésion.

5.3.3 Mesures NRM

Les mesures réalisées en laboratoire ont rarement mené à des effets STATUT à T0, ce qui démontre que les patients présentaient peu de déficiences neuromusculaires avant le programme d'exercice. Il était donc illusoire de croire que le programme d'exercice induirait des changements sur ces mesures. Les quelques déficiences neuromusculaires observées chez les patients, comparativement aux sujets contrôles, ont impliqué (1) une diminution du pourcentage de changement de trois muscles dorsaux (mesures ultrasonographiques), (2) une diminution d'amplitude de mouvement lombaire faisant suite aux APA, (3) une disparition du phénomène de flexion/relaxation tel que mesuré auprès des trois groupes musculaires du dos et (4) une diminution de l'étendue de mouvement lombaire et une altération de la coordination lombo-pelvienne (moins séquentielle) lors de la flexion avant du tronc. Or, aucune de ces observations n'était accompagnée d'une interaction STATUT $\times$ TEMPS statistiquement significative ou d'une interaction crédible (changement dans le temps observé seulement chez les patients).

Une interaction significative STATUT $\times$ TEMPS est nécessaire pour s'assurer que le changement observé dans le temps est attribuable uniquement au traitement et non pas à l'apprentissage de la tâche exigée lors de chaque test, comme observé pour le test de proprioception lombaire et dans une moins grande mesure pour d'autres tests. Considérant que les patients ne démontraient pas de déficiences neuromusculaires, il n'est pas étonnant que peu

d'interactions STATUT $\times$ TEMPS aient été observées. Des analyses supplémentaires ont même été menées afin de vérifier si l'interaction STATUT $\times$ TEMPS apparaîtrait en ne considérant que le sous-groupe de patients pour lequel une amélioration cliniquement importante avait été observée. Pour chaque test NRM et chaque variable, ce sous-groupe avait été déterminé soit avec OSW (sous-groupe succès ; $n = 24$), soit avec le critère d'intensité de la douleur, un critère de 50 % d'amélioration ayant aussi été choisi pour ces patients ($n = 25$). Le programme d'exercice ayant eu un succès pour une proportion importante de notre échantillon, ces analyses avec ces deux sous-groupes succès devenaient suffisamment crédibles sur le plan de la puissance statistique, du moins dans le contexte de la présente étude préliminaire ou de faisabilité. Or, ces analyses n'ont pas mené à la détection de plus d'interactions STATUT $\times$ TEMPS, indiquant que les effets cliniques importants observés chez ces patients ne pouvaient s'expliquer par des déficiences neuromusculaires plus marquées.

Les analyses corrélationnelles représentaient un autre moyen d'évaluer les rôles potentiels (modération, médiation) que les variables NRM pourraient jouer pour influencer la trajectoire clinique des patients, telle que mesurée avec OSW et Int-Douleur. Ce type d'analyse a l'avantage de non seulement considérer tout l'échantillon de patients ($n = 32$) sur le plan de la puissance statistique, mais de permettre aussi d'examiner la variation entre eux comme sous-groupes cliniques, ce qui n'a pas été possible d'évaluer avec les ANOVA, faute d'un nombre suffisant de patients dans le sous-groupe échec. Or, dans l'ensemble, deux tests (test n° 1. Épaisseur et activation des muscles profonds du tronc; test n° 3. Équilibre postural) ont mené à plusieurs corrélations significatives, alors que trois autres (test n° 4. Rigidité lombaire ; test n° 5. Ajustements posturaux anticipatoires; test n° 6. Coordination du tronc) ont produit plusieurs corrélations ayant presque atteint le niveau de signification statistique ($0,05 < P < 0,10$) alors que rien de tel n'a été observé avec le test n° 2 (Proprioception). Étant donné le nombre de corrélations significatives et presque significatives à interpréter et à comparer avec la littérature, une analyse détaillée ne sera pas fournie ici. En somme, certaines corrélations ont du sens et d'autres sont difficiles, voire impossibles, à interpréter avec les connaissances actuelles. Voici les principaux constats qui se dégagent pour chacun des tests :

Test n° 1. Épaisseur et activation des muscles profonds du tronc : c'est pour ce test que le plus de corrélations significatives ont été obtenues. D'ailleurs, c'est aussi pour ces mesures que suffisamment d'analyses corrélationnelles comparables ($n = 5$) ont été réalisées pour en faire un bilan de la littérature (Wong *et al.*, 2013). Ce bilan a permis de faire certains constats. Le premier constat est qu'aucune étude n'a présenté la relation entre les mesures au repos et les mesures de résultats (douleur et incapacité), ce qui rend nos résultats originaux. En d'autres mots, seulement les mesures de changement d'épaisseur ont été considérées. Le deuxième constat est que les corrélations observées avec ces mesures ne vont pas toujours dans le sens attendu, comme nous avons aussi observé dans nos résultats. En fait, les différents résultats publiés dans la littérature peuvent varier en fonction de l'intensité et du type d'intervention (manipulation vertébrale, différentes modalités d'exercice) et en fonction de l'utilisation ou non d'une tâche automatisée pour mesurer l'activation des muscles. Comme nous l'avons fait dans la présente étude, il est recommandé d'utiliser une contraction automatisée pour évaluer l'activation musculaire (Wong *et al.*, 2013), contrairement à l'ADIM qui est une contraction volontaire et qui a malheureusement souvent été utilisée jusqu'à maintenant. Finalement, aucune étude n'a porté sur

les muscles OE et OI. Contre toute attente, nos résultats montrent des corrélations significatives avec Int-Douleur, notamment pour les mesures prises au repos.

Test n° 3. Équilibre postural : dans l'ensemble, les mesures d'équilibre postural semblent jouer un rôle de modulation sur OSW et un rôle de médiation sur Int-Douleur. Toutes les corrélations significatives ont impliqué des variables non linéaires qui mesurent la qualité et non la quantité de mouvements, ce qui rend leur interprétation très difficile. Par exemple, les fluctuations fractales (FD-CC) suggèrent qu'à des patrons de mouvement plus complexes serait associée une augmentation de la douleur. Les pourcentages de récurrence (%RECUR) et de déterminisme (%DET), de leur côté, suggèrent qu'à une augmentation de la périodicité (répétition) dans le mouvement serait associée une diminution de la douleur. Il est tout de même étonnant que parmi les neuf variables non linéaires investiguées (sur 24), six aient produit des corrélations significatives avec OSW ou Int-Douleur et qu'une septième ait presque atteint le niveau de signification statistique (FD-PD vs Int-Douleur; $r = 0,33$; $P = 0,064$). Ces résultats consistants indiquent que l'information portant sur la qualité du mouvement a une certaine valeur sur le plan clinique. Le défi est d'en connaître la signification.

Test n° 4. Rigidité lombaire : parmi les corrélations significatives et presque significatives ($n = 6$), cinq sont en relation avec Int-Douleur, dont trois (%VAF $F_{REF-BAS}$: -0,35; %VAF $F_{REF-MOY}$: 0,29; B : -0,32) suggérant un rôle de modulation et deux (K : -0,33; I : -0,31) un rôle de médiation. Les corrélations portant sur les variables estimant la contribution réflexive (%VAF $F_{REF-BAS}$ et %VAF $F_{REF-MOY}$) vont dans des directions opposées (-0,35 et 0,29), ce qui rend leur interprétation ambiguë. Plutôt que de spéculer sur leur signification, nous jugeons qu'il est primordial d'augmenter le nombre de patients afin de confirmer ou infirmer la présence de relation avec Int-Douleur. Les variables K (élasticité), B (viscosité) et I (inertie), toutes associées à la rigidité intrinsèque de la colonne lombaire, ont démontré des corrélations négatives avec Int-Douleur. La variable K est la plus importante et elle indique qu'à une augmentation de cette composante de la rigidité intrinsèque est associée une diminution de la douleur, ce qui a du sens. Cela pourrait être attribuable à des changements des structures passives de la colonne vertébrale chez certains patients, comme le suggèrent les corrélations entre le changement d'épaisseur des muscles abdominaux (OE et OI droits et gauches) et Int-Douleur, ainsi que par une plus grande préactivation de certains muscles, notamment ceux qui ont démontré une activation plus importante après le traitement, comme le mesurait le test n° 1 (mesures ultrasonographiques des muscles OI et TrA droits). Il est à noter que ce type de mesures est utilisé pour la première fois pour documenter les effets d'un programme d'exercice. L'absence d'effet TEMPS et STATUT×TEMPS avec les ANOVA a possiblement réduit les chances d'obtenir des corrélations entre le changement de ces variables et le changement de Int-Douleur ou de OSW.

Test n° 5. Ajustements posturaux anticipatoires : après les mesures ultrasonographiques des muscles profonds, il s'agit du deuxième test NRM le plus utilisé pour évaluer les effets des interventions. Deux équipes de chercheurs ont réalisé des études corrélationnelles comparables aux nôtres (Mannion *et al.*, 2012; Unsgaard-Tondel *et al.*, 2012), mais sans obtenir de corrélations significatives. Cependant, ces études n'ont porté que sur le TrA (pas LuM) en relation soit avec Int-Douleur (Unsgaard-Tondel *et al.*, 2012), soit avec l'incapacité (Mannion *et al.*, 2012). Dans la présente étude, bien qu'une seule corrélation (entre ROM lombaire en flexion latérale et Int-Douleur; $r = -0,33$) ait tout juste atteint le niveau de signification statistique ($P = 0,048$), plusieurs démontraient des tendances ($0,05 < P < 0,10$). En fait, la majorité des

corrélations ont impliqué des variables cinématiques au lieu de variables EMG, soient des variables qui n'avaient pas été investiguées jusqu'à maintenant. Ces corrélations, qui décrivaient presque exclusivement le rôle de médiation joué par quatre variables APA sur Int-Douleur, étaient suffisamment nombreuses et cohérentes avec les attentes pour être crédibles. En effet, il apparaît logique que les patients, qui ont des valeurs plus élevées (à T0) de latence du muscle L3 gauche ($r = -0,28$; $P = 0,093$), aient en retour une latence ($r = -0,29$; $P = 0,086$), une flexion latérale ($r = -0,33$; $P = 0,048$) et une vitesse angulaire en flexion latérale ($r = -0,30$; $P = 0,072$) plus élevées du mouvement lombaire. Comme le suggèrent ces corrélations négatives, ces patients ressentiraient une diminution de la douleur à la suite du traitement. Ces patients risquent effectivement de mieux répondre à ce programme d'exercice qui vise justement à améliorer les APA et ainsi à réduire les mouvements lombaires, ce qui en retour diminuerait la douleur rapportée entre T0 et T8.

Test n° 6. Coordination du tronc : il faut d'abord se rappeler qu'aucun effet TEMPS et STATUT×TEMPS a été observé avec les ANOVA, suggérant que dans l'ensemble, les patients n'ont pas bénéficié d'effets allant tous dans la même direction. Les corrélations positives ($r = 0,42$ et $0,40$) entre la flexion lombaire maximale et OSW suggèrent qu'une hausse de la flexion lombaire avec le traitement, qui serait obtenue seulement chez un sous-échantillon de patients, générerait plus d'incapacités, ce qui est contraire aux attentes. Inversement, une réduction de la flexion lombaire, obtenue chez un autre sous-échantillon de patients, générerait une réduction de l'incapacité. Compte tenu de l'objectif principal du programme d'exercice, qui consiste à stabiliser la région lombaire à l'aide de la cocontraction des muscles profonds (TrA et LuM), ce qui aurait pour effet de réduire l'amplitude des mouvements lombaires, il faut peut-être s'attendre à ce que les patients, qui réussissent le mieux à atteindre cet objectif, parviennent à réduire la douleur et finalement, l'incapacité. En ce sens, il est étonnant de ne pas obtenir de corrélation avec Int-Douleur.

Dans l'ensemble, les corrélations significatives obtenues avec les différents tests NRM variaient entre 0,34 et 0,49 (signes positifs ou négatifs), ce qui mène à des coefficients de détermination (r^2) variant entre 0,12 et 0,24. En d'autres mots, entre 12 et 24 % de la variance de Int-Douleur ou OSW serait ainsi expliquée par ces variables, comme le suggèrent les R^2 ajustés obtenus (entre 0,13 et 0,22) avec les modèles de régression correspondants. Cela n'est pas négligeable, considérant que la douleur et l'incapacité sont des concepts multifactoriels difficiles à mesurer et à expliquer.

En somme, les ANOVA portant sur les mesures NRM ont révélé très peu d'effets d'intérêt, soit peu d'effets TEMPS, mais surtout peu d'interactions STATUT × TEMPS. Cependant, les analyses corrélationnelles se sont révélées plus révélatrices, bien que plusieurs corrélations restent à expliquer. Il est évident que l'ensemble de ces analyses souffrent d'un manque de puissance statistique, ce qui n'est pas étonnant pour une étude exploratoire. Ces résultats préliminaires soutiennent donc partiellement l'**hypothèse 3** en lien avec la présence de déficiences NRM et l'**hypothèse 2** en lien avec la détermination des mécanismes d'action d'origine NRM du programme d'exercice. Il faudra un plus grand échantillon de patients pour bien vérifier ces hypothèses, notamment l'hypothèse 2, requérant l'étude des interactions entre les groupes de sujets et le temps. À titre d'exemple, il aurait été intéressant d'étudier dans le temps le comportement des sous-groupes succès et échec, en plus du groupe contrôle (sujets

sains). Un plus grand échantillon de patients permettrait aussi de faire des analyses de régression qui serait en mesure non seulement de consolider ou non la présence de relations significatives avec le changement de Int-Douleur et OSW, mais aussi d'ajuster pour quelques variables confondantes potentielles telles que l'âge, le sexe, le gabarit des sujets, les valeurs initiales de Int-Douleur et OSW et certaines variables psychologiques (Wong *et al.*, 2013). Cela est particulièrement vrai pour les tests n° 1. (Épaisseur et activation des muscles profonds du tronc) et n° 5 (ajustements posturaux anticipatoires), soient les tests les plus étudiés jusqu'à maintenant, mais aussi pour les tests n° 3 (Équilibre postural) et n° 6 (Coordination du tronc) qui laissent également entrevoir une valeur prédictive. Il est difficile de se prononcer sur le test de rigidité lombaire (test n° 4) pour l'instant. Le test n° 2 (proprioception lombaire), de son côté, pourrait être remplacé par une mesure du sens du repositionnement (au lieu du sens du mouvement), pour bénéficier d'une mesure de proprioception ayant une meilleure fidélité test-retest, comme il sera discuté dans la prochaine section.

5.4 Objectif 3 – Fidélité des mesures neuromusculaires

Rappelons qu'aucune étude de fidélité de cette durée n'a été publiée, et cela, pour aucun des six tests neuromusculaires de la présente étude. Cela représente non seulement des résultats originaux, mais donne aussi confiance dans certaines de ces mesures pour l'étude des fonctions neuromusculaires lors d'un programme de réadaptation. En effet, les résultats de fidélité obtenus sont acceptables pour certaines mesures, avec des ϕ supérieurs à 0,75, et passables pour les autres. Peu de mesures ont démontré une mauvaise fidélité. Ainsi, pour chaque test, il est possible d'éliminer ces mesures et d'accorder plus d'importance aux autres. Il est donc possible de conclure, dans l'ensemble, que l'**hypothèse 4** a été vérifiée avec succès.

Comme discuté dans la section précédente, deux tests neuromusculaires (proprioception lombaire, équilibre postural) ont démontré des effets JOUR significatifs, suggérant qu'il y a eu apprentissage entre les deux sessions de mesure. C'est un peu étonnant étant donné l'intervalle de temps relativement important entre la prise des mesures, mais les résultats sont consistants à travers les différentes mesures d'équilibre. Le test de proprioception lombaire, de son côté, est particulièrement difficile à réaliser, car il requiert d'être extrêmement attentif aux très petits changements produits sur le plan de la posture lombaire. Nous comprenons donc que les sujets, après une première session de mesure qui peut avoir été difficile, aient été plus attentifs aux sensations ressenties lors de ce test. D'ailleurs, la taille d'effet ($d = 0,51$) correspondant à l'effet TEMPS attribuable aux deux groupes de sujets (sujets contrôles et lombalgiques), qui est qualifiée de moyenne selon Cohen, n'est pas négligeable. Il apparaît donc nécessaire de réaliser préalablement (lors d'une journée précédente) une session de mesure, afin d'éliminer cet apprentissage. En effet, l'effet ESSAI étant demeuré non significatif, cet apprentissage ne semble pas possible à l'intérieur d'une seule session de mesure. Étant donné qu'une telle procédure est moins pratique et plus coûteuse, il est peut-être alors préférable d'évaluer une autre composante de la proprioception lombaire (sens du repositionnement au lieu du sens du mouvement), en autant qu'il y ait peu ou pas d'apprentissage, ce qui reste à être déterminé. Pour ce qui est du test d'équilibre postural, les valeurs d correspondant aux effets TEMPS (ANOVA 2 STATUT $\times$ 2 TEMPS ; avec interactions non significatives) variaient entre 0,13 et 0,32, ce qui peut être

qualifié de faible, selon Cohen. Il apparaît donc acceptable ici de négliger cet effet d'apprentissage de la tâche et de conserver ce test pour de futures recherches.

5.5 Forces et limites

La force principale de cette étude réside dans le fait que les sous-groupes cliniques (succès, échec) ont été définis avec des critères permettant de bien les distinguer en éliminant le sous-groupe « amélioration clinique » situé entre les deux. Cette approche, proposée par Hicks *et al.* (2005), est plus rigoureuse que plusieurs autres études de dérivation de RPC qui définissent les sous-groupes succès et échec en séparant tout simplement le groupe en deux. Nous croyons que cela permet de sélectionner des prédicteurs qui ont un meilleur lien avec le traitement spécifique qui est proposé. En effet, le devis utilisé (essai clinique sans groupe contrôle) a le potentiel d'ouvrir la porte à des prédicteurs qui sont non spécifiques aux effets du programme d'exercice. Il est alors important de minimiser les risques que cela se produise. C'est d'ailleurs aussi la raison pour laquelle les modèles de régression étudiés comportaient trois niveaux qui tenaient compte de la force de la relation théorique entre chaque prédicteur et l'instabilité lombaire. Cette caractéristique distingue la présente étude de dérivation des études précédentes. Comme discuté plus haut, cela permet des interprétations cliniques plus nuancées. Une autre force de cette étude est la considération d'un large spectre de prédicteurs potentiels du succès ou de l'échec du traitement, qu'ils soient de nature physique ou psychologique. Finalement, l'étude des mécanismes de nature psychologique et neuromusculaire qui ont le potentiel d'expliquer le succès de ce programme d'exercice permet d'apporter un éclairage que peu d'études ont tenté de faire. La batterie de six tests neuromusculaires rend la présente étude unique, car les études précédentes ne comportaient pas une batterie aussi complète de tests pertinents sur le plan biomécanique.

La limite principale de cette étude est sa nature exploratoire qui est caractérisée par un échantillon restreint de patients. Rappelons que le but d'une telle étude est de vérifier si les résultats démontrent des tendances pouvant justifier la poursuite du recrutement. La deuxième limite principale est l'utilisation d'un devis expérimental sans groupe de patients n'ayant pas suivi le programme d'exercice (vrai groupe contrôle). Il faut donc être très prudent sur la façon d'interpréter les résultats, car les effets observés peuvent tout simplement s'expliquer par une récupération naturelle et spontanée des patients, sans contribution positive du programme d'exercice. Le groupe contrôle de sujets sains utilisés pour les mesures en laboratoire ne doit donc pas être confondu avec le groupe contrôle de patients qui aurait été nécessaire à cet effet. Une autre limite provient du fait que les patients ont en très grande partie été recrutés par le biais d'annonces dans les journaux et que peu d'entre eux l'ont été en clinique. Il est donc possible que l'état clinique de ces patients, ou leur comportement face à ce programme d'exercice ne reflètent pas l'état clinique ou le comportement de patients uniquement recrutés dans les cliniques. Par exemple, il est possible que les patients recrutés à l'extérieur de la clinique aient été plus « volontaires » et donc moins réticents à débiter un programme d'exercice, diminuant la proportion de patients qui éprouvaient certaines peurs par rapport au mouvement ou aux efforts physiques, ce qui en retour aurait le potentiel d'influencer les relations entre certaines mesures de nature psychologique et les mesures de résultats cliniques. Finalement, la fidélité test-retest à moyen terme (8 semaines) des mesures NRM, bien qu'exhaustive, n'a été réalisée que chez des

sujets sains. Idéalement, il aurait fallu répéter cette évaluation chez des patients souffrant d'une lombalgie, mais, dans ce cas, la difficulté principale est d'avoir des patients dont la condition de santé (douleur, incapacité) demeure stable entre les deux évaluations, ce qui explique pourquoi les études de fidélité chez cette population sont généralement réalisées sur une période relativement courte. Il a plutôt été décidé de choisir une période relativement longue, requérant des sujets sains.

6. CONCLUSION

Cette ambitieuse étude préliminaire a permis d'évaluer la pertinence (1) de compléter la dérivation de règles de prédiction cliniques visant à identifier les patients qui ont le potentiel de vivre un succès ou un échec thérapeutique après avoir suivi un programme d'exercice de stabilisation lombaire (objectif 1) et (2) d'étudier les mécanismes sous-jacents à ce programme d'exercice (objectif 2). La dérivation préliminaire des RPC a donné des résultats assez probants, sur le plan statistique, pour proposer de compléter le recrutement des patients nécessaires pour obtenir des RPC plus robustes, avec des intervalles de confiance plus resserrés. Les prédicteurs retenus, bien que différents de ceux utilisés dans une étude préliminaire antérieure, sont généralement en accord avec la théorie sous-jacente à ce programme d'exercice.

En ce qui a trait à l'étude des mécanismes (objectif 2), trois catégories de mesures ont été considérées, soient les tests physiques de l'examen clinique (mesures PHT), les mesures psychologiques obtenues par questionnaires (mesures PSY) et les mesures neuromusculaires (NRM) recueillies en laboratoire. Les analyses ANOVA et corrélationnelles ont permis de faire ressortir des effets statistiquement significatifs pour certaines variables, ainsi que plusieurs tendances dans les résultats ($0,05 < P < 0,10$), suggérant que le recrutement de patients additionnels permettrait de vérifier plusieurs hypothèses. En effet, les effectifs n'étaient pas suffisants pour permettre de tester avec assez de puissance statistique la présence d'interactions SOUS-GROUPE (succès par rapport à échec) $\times$ TEMPS (T0 par rapport à T8), notamment pour les mesures NRM qui n'ont pu être recueillies que chez un sous-échantillon ($n = 32$) de patients.

L'objectif 3 de cette étude était d'évaluer la fidélité test-retest à moyen terme (8 semaines) des six tests neuromusculaires utilisés pour répondre en partie à l'objectif 2. Les résultats de fidélité ont été acceptables pour certaines mesures et passables pour d'autres, peu de mesures ayant démontré une mauvaise fidélité. Ainsi, pour chaque test ou presque, il est possible de retenir un sous-ensemble de mesures plus fidèles. Il est donc possible de déclarer, dans l'ensemble des mesures NRM investiguées, que la fidélité test-retest à moyen terme est acceptable. Ces mesures seront ultérieurement utiles pour évaluer l'effet de différentes interventions.

BIBLIOGRAPHIE

Aasa, B., Berglund, L., Michaelson, P. et Aasa, U. (2015) Individualized low-load motor control exercises and education versus a high-load lifting exercise and education to improve activity, pain intensity, and physical performance in patients with low back pain : a randomized controlled trial. *J Orthop Sports Phys Ther*, **45**, 77-85.

Abenhaim, L., Rossignol, M., Valat, J.P., Nordin, M., Avouac, B., Blotman, F., Charlot, J., Dreiser, R.L., Legrand, E., Rozenberg, S. et Vautravers, P. (2000) The role of activity in the therapeutic management of back pain. *Spine*, **25**, 1S-33S.

Airaksinen, O., Hildebrandt, J., Mannion, A.F., Brox, J.I., Klaber Moffett, J., Reis, S., Zanoli, G., Cedraschi, C., Kovacs, F. et Staal, J.B. (2004) European guidelines for the management of chronic non-specific low back pain, pp. 1-91.

APTA (2000) Clinical research agenda for physical therapy. *Phys Ther*, **80**, 499-513.

Baecke, J.A.H., Burema, J. et Frijters, J.E.R. (1982) A short questionnaire for the measurement of habitual physical activity in epidemiological studies. *The American Journal of Clinical Nutrition*, **36**, 936-942.

Barker, K.L., Shamley, D.R. et Jackson, D. (2004) Changes in the cross-sectional area of multifidus and psoas in patients with unilateral back pain : the relationship to pain and disability. *Spine*, **29**, E515-E519.

Barker, P.J., Guggenheimer, K.T., Grkovic, I., Briggs, C.A., Jones, D.C., Thomas, C.D. et Hodges, P.W. (2006) Effects of tensioning the lumbar fasciae on segmental stiffness during flexion and extension : Young Investigator Award winner. *Spine*, **31**, 397-405.

Beinart, N.A., Goodchild, C.E., Weinman, J.A., Ayis, S. et Godfrey, E.L. (2013a) Individual and intervention-related factors associated with adherence to home exercise in chronic low back pain : a systematic review. *Spine J*, **13**, 1940-1950.

Beinart, N.A., Goodchild, C.E., Weinman, J.A., Ayis, S. et Godfrey, E.L. (2013b) Individual and intervention-related factors associated with adherence to home exercise in chronic low back pain : a systematic review. *The Spine Journal*, **13**, 1940-1950.

Biering-Sorensen, F. (1984) Physical measurements as risk indicators for low-back trouble over a one-year period. *Spine*, **9**, 106-119.

Bigos, S.J., Holland, J., Holland, C., Webster, J.S., Battie, M. et Malmgren, J.A. (2009) High-quality controlled trials on preventing episodes of back problems : systematic literature review in working-age adults. *Spine J*, **9**, 147-168.

Bordin, E.S. (1979) The generalizability of the psychoanalytic concept of the working alliance. *Psychotherapy : Theory, research et practice*, **16**, 252-260.

Boudreau, S.A., Farina, D. et Falla, D. (2010) The role of motor learning and neuroplasticity in designing rehabilitation approaches for musculoskeletal pain disorders. *Man.Ther.*, **15**, 410-414.

Brennan, G.P., Fritz, J.M., Hunter, S.J., Thackeray, A., Delitto, A. et Erhard, R.E. (2006) Identifying subgroups of patients with acute/subacute "nonspecific" low back pain : results of a randomized clinical trial. *Spine*, **31**, 623-631.

Broadbent, E., Petrie, K.J., Main, J. et Weinman, J. (2006) The brief illness perception questionnaire. *J.Psychosom.Res.*, **60**, 631-637.

Broadbent, E., Wilkes, C., Koschwanetz, H., Weinman, J., Norton, S. et Petrie, K.J. (2015) A systematic review and meta-analysis of the Brief Illness Perception Questionnaire. *Psychol Health*, **30**, 1361-1385.

Burton, A.K., Waddell, G., Tillotson, K.M. et Summerton, N. (1999) Information and advice to patients with back pain can have a positive effect. A randomized controlled trial of a novel educational booklet in primary care. *Spine (Phila Pa 1976.)*, **24**, 2484-2491.

Childs, J.D. et Cleland, J.A. (2006) Development and application of clinical prediction rules to improve decision making in physical therapist practice. *Phys.Ther.*, **86**, 122-131.

Childs, J.D., Piva, S.R. et Fritz, J.M. (2005) Responsiveness of the numeric pain rating scale in patients with low back pain. *Spine*, **30**, 1331-1334.

Cho, I., Jeon, C., Lee, S., Lee, D. et Hwangbo, G. (2015) Effects of lumbar stabilization exercise on functional disability and lumbar lordosis angle in patients with chronic low back pain. *J Phys Ther Sci*, **27**, 1983-1985.

Cholewicki, J. et McGill, S.M. (1996) Mechanical stability of the in vivo lumbar spine : implications for injury and chronic low back pain. *Clinical Biomechanics*, **11**, 1-15.

Chuter, V.H., de Jonge, X.A., Thompson, B.M. et Callister, R. (2015) The efficacy of a supervised and a home-based core strengthening programme in adults with poor core stability : a three-arm randomised controlled trial. *Br J Sports Med*, **49**, 395-399.

CLIP (2006) Guide pratique : Clinique des lombalgies interdisciplinaire en première ligne (CLIP), pp. 43 p.

Coutu, M.F., Dupuis, G.H., Marchand, A., O'Connor, K., Trudel, G. et Bouthillier, D. (2010) Adoption et maintien des habitudes comportementales saines : recension des modèles explicatifs. *Revue Francophone de Clinique Comportementale Cognitive*, **5**, 23-35.

CSST (2012) Statistiques sur les affections vertébrales - 2008-2011.

Cynn, H.S., Oh, J.S., Kwon, O.Y. et Yi, C.H. (2006) Effects of lumbar stabilization using a pressure biofeedback unit on muscle activity and lateral pelvic tilt during hip abduction in sidelying. *Arch Phys Med Rehabil*, **87**, 1454-1458.

Damsgard, E., Thrane, G., Anke, A., Fors, T. et Roe, C. (2010) Activity-related pain in patients with chronic musculoskeletal disorders. *Disabil.Rehabil.*, **32**, 1428-1437.

Danneels, L.A., Vanderstraeten, G.G., Cambier, D.C., Witvrouw, E.E. et De Cuyper, H.J. (2000) CT imaging of trunk muscles in chronic low back pain patients and healthy control subjects. *European Spine Journal*, **9**, 266-272.

Deville, G.J. et Borkovec, T.D. (2000) Psychometric properties of the credibility/expectancy questionnaire. *J Behav.Ther.Exp.Psychiatry*, **31**, 73-86.

Durnin, J.V.G.A. et Womersley, J. (1974) Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thickness : measurements on 481 men and women aged from 16 to 72 years. *British Journal of Nutrition*, **32**, 77-97.

Dworkin, R.H., Turk, D.C., Farrar, J.T., Haythornthwaite, J.A., Jensen, M.P., Katz, N.P., Kerns, R.D., Stucki, G., Allen, R.R., Bellamy, N., Carr, D.B., Chandler, J., Cowan, P., Dionne, R., Galer, B.S., Hertz, S., Jadad, A.R., Kramer, L.D., Manning, D.C., Martin, S., McCormick, C.G., McDermott, M.P., McGrath, P., Quessy, S., Rappaport, B.A., Robbins, W., Robinson, J.P., Rothman, M., Royal, M.A., Simon, L., Stauffer, J.W., Stein, W., Tollett, J., Wernicke, J. et Witter, J. (2005) Core outcome measures for chronic pain clinical trials : IMMPACT recommendations. *Pain*, **113**, 9-19.

Enthoven, P., Skargren, E., Kjellman, G. et Oberg, B. (2003) Course of back pain in primary care : a prospective study of physical measures. *J.Rehabil.Med.*, **35**, 168-173.

Fairbank, J.C.T., Couper, J., Davies, J. et O'Brien, J. (1980) The Oswestry low back pain disability questionnaire. *Physiotherapy*, **66**, 271-273.

Ferreira, M.L., Ferreira, P.H., Latimer, J., Herbert, R.D., Hodges, P.W., Jennings, M.D., Maher, C.G. et Refshauge, K.M. (2007) Comparison of general exercise, motor control exercise and spinal manipulative therapy for chronic low back pain : A randomized trial. *Pain*, **131**, 31-37.

Ferreira, P.H., Ferreira, M.L., Maher, C.G., Herbert, R.D. et Refshauge, K. (2006) Specific stabilisation exercise for spinal and pelvic pain : a systematic review. *Aust.J.Physiother.*, **52**, 79-88.

Ferreira, P.H., Ferreira, M.L., Maher, C.G., Refshauge, K., Herbert, R.D. et Hodges, P.W. (2010) Changes in recruitment of transversus abdominis correlate with disability in people with chronic low back pain. *Br.J Sports Med.*, **44**, 1166-1172.

Fleiss, R.L. (1986) *The design and analysis of clinical experiments*. John Wiley and Sons, New York.

Freburger, J.K., Carey, T.S., Holmes, G.M., Wallace, A.S., Castel, L.D., Darter, J.D. et Jackman, A.M. (2009) Exercise prescription for chronic back or neck pain : Who prescribes it? who gets it? What is prescribed? *Arthritis Rheum.*, **61**, 192-200.

Friedrich, M., Gittler, G., Halberstadt, Y., Cermak, T. et Heiller, I. (1998) Combined exercise and motivation program : effect on the compliance and level of disability of patients with chronic low back pain : a randomized controlled trial. *Arch.Phys.Med Rehabil.*, **79**, 475-487.

Frih, Z.B.S., Fendri, Y., Jellad, A., Boudoukhane, S. et Rejeb, N. (2009) Efficacy and treatment compliance of a home-based rehabilitation programme for chronic low back pain : A randomized, controlled study. *Ann. Phys. Rehabil. Med.*, **52**, 485-496.

Fritz, J.M. (2009) Clinical prediction rules in physical therapy : coming of age? *J Orthop.Sports Phys.Ther.*, **39**, 159-161.

Fritz, J.M., Delitto, A. et Erhard, R.E. (2003) Comparison of classification-based physical therapy with therapy based on clinical practice guidelines for patients with acute low back pain : a randomized clinical trial. *Spine*, **28**, 1363-1371.

Fritz, J.M., Hebert, J., Koppenhaver, S. et Parent, E. (2009) Beyond minimally important change : defining a successful outcome of physical therapy for patients with low back pain. *Spine (Phila Pa 1976.)*, **34**, 2803-2809.

Goldby, L.J., Moore, A.P., Doust, J. et Trew, M.E. (2006) A randomized controlled trial investigating the efficiency of musculoskeletal physiotherapy on chronic low back disorder. *Spine*, **31**, 1083-1093.

Goldstein, M.S., Elliott, S.D. et Guccione, A.A. (2000) The development of an instrument to measure satisfaction with physical therapy. *Phys.Ther.*, **80**, 853-863.

Graham, R.B., Sadler, E.M. et Stevenson, J.M. (2012) Local dynamic stability of trunk movements during the repetitive lifting of loads. *Hum Mov Sci*, **31**, 592-603.

Granata, K.P. (Year) Structural injury tolerance of the spine : Stability and lumbar lordosis in lifting. North American Congress on Biomechanics (NACOB). City. p. 373-374.

Granata, K.P. et Gottipati, P. (2008) Fatigue influences the dynamic stability of the torso. *Ergonomics*, **51**, 1258-1271.

Granata, K.P. et Orishimo, K.F. (2001) Response of trunk muscle coactivation to changes in spinal stability. *Journal of Biomechanics*, **34**, 1117-1123.

Gurung, T., Ellard, D.R., Mistry, D., Patel, S. et Underwood, M. (2015) Identifying potential moderators for response to treatment in low back pain : A systematic review. *Physiotherapy*, **101**, 243-251.

Hall, A.M., Ferreira, P.H., Maher, C.G., Latimer, J. et Ferreira, M.L. (2010a) The influence of the therapist-patient relationship on treatment outcome in physical rehabilitation : a systematic review. *Phys. Ther.*, **90**, 1099-1110.

Hall, A.M., Ferreira, P.H., Maher, C.G., Latimer, J. et Ferreira, M.L. (2010b) The influence of the therapist-patient relationship on treatment outcome in physical rehabilitation : a systematic review. *Phys. Ther.*, **90**, 1099-1110.

Hall, L., Tsao, H., MacDonald, D., Coppieters, M. et Hodges, P.W. (2009) Immediate effects of co-contraction training on motor control of the trunk muscles in people with recurrent low back pain. *J Electromyogr.Kinesiol.*, **19**, 763-773.

Hayden, J.A., van Tulder, M.W. et Tomlinson, G. (2005) Systematic review : strategies for using exercise therapy to improve outcomes in chronic low back pain. *Ann.Intern.Med.*, **142**, 776-785.

Hebert, J.J., Koppenhaver, S.L., Magel, J.S. et Fritz, J.M. (2010) The relationship of transversus abdominis and lumbar multifidus activation and prognostic factors for clinical success with a stabilization exercise program : a cross-sectional study. *Arch.Phys.Med.Rehabil.*, **91**, 78-85.

Henry, S.M. et Teyhen, D.S. (2007) Ultrasound imaging as a feedback tool in the rehabilitation of trunk muscle dysfunction for people with low back pain. *Journal of Orthopaedic et Sports Physical Therapy*, **37**, 627-634.

Henry, S.M., Van Dillen, L.R., Ouellette-Morton, R.H., Hitt, J.R., Lomond, K.V., Desarno, M.J. et Bunn, J.Y. (2014) Outcomes are not different for patient-matched versus nonmatched treatment in subjects with chronic recurrent low back pain : a randomized clinical trial. *Spine J*, **14**, 2799-2810.

Henschke, N., Maher, C.G., Refshauge, K.M., Das, A. et McAuley, J.H. (2007) Low back pain research priorities : a survey of primary care practitioners. *BMC.Fam.Pract.*, **8**, 40.

Hicks, G.E. (2011) Invited commentary on "low interrater reliability of examiners performing the prone instability test : a clinical test for lumbar shear instability". *Arch.Phys.Med.Rehabil.*, **92**, 920-922.

Hicks, G.E., Fritz, J.M., Delitto, A. et McGill, S.M. (2005) Preliminary development of a clinical prediction rule for determining which patients with low back pain will respond to a stabilization exercise program. *Arch.Phys Med.Rehabil.*, **86**, 1753-1762.

Hicks, G.E., Fritz, J.M., Delitto, A. et Mishock, J. (2003) Interrater reliability of clinical examination measures for identification of lumbar segmental instability. *Arch.Phys.Med.Rehabil.*, **84**, 1858-1864.

Hides, J.A., Jull, G.A. et Richardson, C.A. (2001) Long-term effects of specific stabilizing exercises for first-episode low back pain. *Spine*, **26**, E243-E248.

Hides, J.A., Richardson, C.A. et Jull, G.A. (1996) Multifidus muscle recovery is not automatic after resolution of acute, first-episode low back pain. *Spine*, **21**, 2763-2769.

Hill, J.C., Dunn, K.M., Lewis, M., Mullis, R., Main, C.J., Foster, N.E. et Hay, E.M. (2008) A primary care back pain screening tool : identifying patient subgroups for initial treatment. *Arthritis Rheum.*, **59**, 632-641.

Hoy, D., March, L., Brooks, P., Blyth, F., Woolf, A., Bain, C., Williams, G., Smith, E., Vos, T., Barendregt, J., Murray, C., Burstein, R. et Buchbinder, R. (2014) The global burden of low back pain : estimates from the Global Burden of Disease 2010 study. *Ann Rheum Dis*, **73**, 968-974.

Ilfeld, F.W. (1976) Further validation of a psychiatric index in a normal population. *Psychological Reports*, **39**, 1215-1228.

INSPQ (2010) Portrait national des troubles musculosquelettiques (TMS) 1998-2007 TMS sous surveillance. Direction des risques biologiques et de la santé au travail, Institut national de santé publique Québec : Agences de la santé et des services sociaux, Direction de santé publique, [Montréal, Qué.].

Iversen, M.D., Fossel, A.H. et Katz, J.N. (2003) Enhancing function in older adults with chronic low back pain : a pilot study of endurance training. *Arch Phys Med Rehabil*, **84**, 1324-1331.

Jack, K., McLean, S.M., Moffett, J.K. et Gardiner, E. (2010a) Barriers to treatment adherence in physiotherapy outpatient clinics : a systematic review. *Man.Ther.*, **15**, 220-228.

Jack, K., McLean, S.M., Moffett, J.K. et Gardiner, E. (2010b) Barriers to treatment adherence in physiotherapy outpatient clinics : a systematic review. *Man. Ther.*, **15**, 220-228.

Jaeschke, R., Guyatt, G.H. et Sackett, D.L. (1994) Users' guides to the medical literature. III. How to use an article about a diagnostic test. B. What are the results and will they help me in caring for my patients? The Evidence-Based Medicine Working Group. *JAMA*, **271**, 703-707.

Jordan, J.L., Holden, M.A., Mason, E.E.J. et Foster, N.E. (2010) Interventions to improve adherence to exercise for chronic musculoskeletal pain in adults (Review). Cochrane Database Systematic Review, pp. 1-63.

Kasai, Y., Morishita, K., Kawakita, E., Kondo, T. et Uchida, A. (2006) A new evaluation method for lumbar spinal instability : passive lumbar extension test. *Phys.Ther.*, **86**, 1661-1667.

Kernan, T. et Rainville, J. (2007) Observed outcomes associated with a quota-based exercise approach on measures of kinesiophobia in patients with chronic low back pain. *Journal of Orthopaedic et Sports Physical Therapy*, **37**, 679-687.

Koes, B.W., van Tulder, M.W. et Thomas, S. (2006) Diagnosis and treatment of low back pain. *BMJ*, **332**, 1430-1434.

Koumantakis, G.A., Watson, P.J. et Oldham, J.A. (2005) Trunk muscle stabilization training plus general exercise versus general exercise only : randomized controlled trial of patients with recurrent low back pain. *Phys.Ther.*, **85**, 209-225.

Kumar, S. (2011) Spinal stiffness in asymptomatic subjects. *J Electromyogr.Kinesiol.*, **21**, 762-766.

Lakens, D. (2013) Calculating and reporting effect sizes to facilitate cumulative science : a practical primer for t-tests and ANOVAs. *Front Psychol*, **4**, 863.

Lariviere, C., Butler, H., Sullivan, M.J. et Fung, J. (2013a) An exploratory study on the effect of pain interference and attentional interference on neuromuscular responses during rapid arm flexion movements. *Clin J Pain*, **29**, 265-275.

Larivière, C., Caron, J.-M., Preuss, R. et Mecheri, H. (2014) The effect of different back belt designs on the lumbopelvic rhythm in healthy subjects. *BMC Musculoskelet.Disord.*, **15**, 307.

Larivière, C., Gagnon, D., de Oliveira, E., Henry, S., Mecheri, H. et Dumas, J.P. (2013a) Reliability of ultrasound measures of the transversus abdominis : effect of task and transducer position. *PMetR*, **5**, 104-113.

Larivière, C., Gagnon, D., de Oliveira, E., Henry, S., Mecheri, H. et Dumas, J.P. (2013b) Ultrasound measures of the lumbar multifidus : Effect of task and transducer position on reliability. *PMetR*, **5**, 678-687.

Lariviere, C., Gagnon, D.H. et Mecheri, H. (2015) Trunk postural control in unstable sitting : Effect of sex and low back pain status. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*, **30**, 933-939.

Larivière, C., Ludvig, D., Kearney, R.E., Mecheri, H., Caron, J.-M. et Preuss, R. (2015) Identification of intrinsic and reflexive contributions to low-back stiffness : medium-term reliability and construct validity. *Journal of Biomechanics*, **48**, 254-261.

Lariviere, C., Mecheri, H., Shahvarpour, A., Gagnon, D. et Shirazi-Adl, A. (2013b) Criterion validity and between-day reliability of an inertial-sensor-based trunk postural stability test during unstable sitting. *J Electromyogr Kinesiol*, **23**, 899-907.

Larivière, C., Sullivan, M.J.L., Fung, J., Mecheri, H., Butler, H.L. et Vadeboncoeur, R. (2010) Lombalgie chronique - La relation entre les facteurs psychologiques associés à la douleur et

certaines mesures neuromusculaires de déficiences lombaires *Rapport de recherche R-658*, Montréal, Canada, pp. 84 p.

Leboeuf-Yde, C. et Manniche, C. (2001) Low back pain : Time to get off the treadmill. *J Manipulative Physiol Ther*, **24**, 63-66.

Lee, A.S., Cholewicki, J., Reeves, N.P., Zazulak, B.T. et Mysliwiec, L.W. (2010) Comparison of trunk proprioception between patients with low back pain and healthy controls. *Arch.Phys.Med.Rehabil.*, **91**, 1327-1331.

Leventhal, H. (1980) The role of theory in the study of compliance to high blood pressure regimens. In Haynes, B.R.M., M.E.; Tilmer, O.E. (ed) *Patient compliance to prescribed antihypertensive medication regimens : A report to the National Heart Lung and Blood Institute*. National Heart, Lung, and Blood Institute., Washington DC.

Liddle, S.D., Baxter, G.D. et Gracey, J.H. (2004) Exercise and chronic low back pain : what works? *Pain*, **107**, 176-190.

Long, A., Donelson, R. et Fung, T. (2004) Does it matter which exercise? A randomized control trial of exercise for low back pain. *Spine*, **29**, 2593-2602.

Luomajoki, H., Kool, J., de Bruin, E.D. et Airaksinen, O. (2007) Reliability of movement control tests in the lumbar spine. *BMC.Musculoskelet.Disord.*, **8**, 90.

MacDonald, D., Moseley, G.L. et Hodges, P.W. (2009) Why do some patients keep hurting their back? Evidence of ongoing back muscle dysfunction during remission from recurrent back pain. *Pain*, **142**, 183-188.

MacDonald, D., Moseley, G.L. et Hodges, P.W. (2010) People With Recurrent Low Back Pain Respond Differently to Trunk Loading Despite Remission From Symptoms. *Spine (Phila Pa 1976.)*, **35**, 818-824.

Macedo, L.G., Maher, C.G., Latimer, J. et McAuley, J.H. (2009) Motor control exercise for persistent, nonspecific low back pain : a systematic review. *Phys.Ther.*, **89**, 9-25.

Mannion, A.F., Caporaso, F., Pulkovski, N. et Sprott, H. (2012) Spine stabilisation exercises in the treatment of chronic low back pain : a good clinical outcome is not associated with improved abdominal muscle function. *Eur Spine J*, **21**, 1301-1310.

Mannion, A.F., Helbling, D., Pulkovski, N. et Sprott, H. (2009) Spinal segmental stabilisation exercises for chronic low back pain : programme adherence and its influence on clinical outcome. *Eur Spine J*, **18**, 1881-1891.

Mannion, A.F., Muntener, M., Taimela, S. et Dvorak, J. (1999) A randomized clinical trial of three active therapies for chronic low back pain. *Spine*, **24**, 2435-2448.

Mannion, A.F., Taimela, S., Muntener, M. et Dvorak, J. (2001) Active therapy for chronic low back pain. Part 1. Effects on back muscle activation, fatigability, and strength. *Spine*, **26**, 897-908.

Marcus, B.H., Selby, V.C., Niaura, R.S. et Rossi, J.S. (1992) Self-efficacy and the stages of exercise behavior change. *Res.Q.Exerc.Sport*, **63**, 60-66.

Marshall, P. et Murphy, B. (2006) Changes in the flexion relaxation response following an exercise intervention. *Spine*, **31**, E877-E883.

Marshall, P.W., Kennedy, S., Brooks, C. et Lonsdale, C. (2013) Pilates exercise or stationary cycling for chronic nonspecific low back pain : does it matter? a randomized controlled trial with 6-month follow-up. *Spine (Phila Pa 1976)*, **38**, E952-E959.

Marwan, N., Romano, M.C., Thiel, M. et Kurths, J. (2007) Recurrence plots for the analysis of complex systems. *Physics Reports-Review Section of Physics Letters*, **438**, 237-329.

Mawston, G.A. et Boocock, M.G. (2015) Lumbar posture biomechanics and its influence on the functional anatomy of the erector spinae and multifidus. *Physical Therapy Reviews*, **20**, 178-186.

McAuley, E., Jerome, G.J., Marquez, D.X., Elavsky, S. et Blissmer, B. (2003) Exercise self-efficacy in older adults : social, affective, and behavioral influences. *Ann Behav Med*, **25**, 1-7.

McAuley, E. et Mihalko, S.L. (1998) Measuring exercise-related self-efficacy. In Duda, J.L. (ed) *Advances in sport and exercise psychology measurement*, Morgantown, WV : Fitness Information Technology, pp. 371-390.

McCarthy, C.J., Arnall, F.A., Strimpakos, N., Freemont, A. et Oldham, J.A. (2004) The biopsychosocial classification of non-specific low back pain : a systematic review. *Physical Therapy Reviews*, **9**, 17-30.

McCarthy, C.J., Gittins, M., Roberts, C. et Oldham, J.A. (2007) The reliability of the clinical tests and questions recommended in international guidelines for low back pain. *Spine*, **32**, 921-926.

McCracken, L.M., Gross, R.T. et Eccleston, C. (2002) Multimethod assessment of treatment process in chronic low back pain : comparison of reported pain-related anxiety with directly measured physical capacity. *Behaviour Research and Therapy*, **40**, 585-594.

McGill, S. (2002) *Low back disorders. Evidence-based prevention and rehabilitation*. Human Kinetics, Champaign, U.S.A.

McGill, S.M. (1998) Low back exercises : evidence for improving exercise regimens. *Physical Therapy*, **78**, 754-765.

McGill, S.M., Seguin, J. et Bennett, G. (1994) Passive stiffness of the lumbar torso in flexion, extension, lateral bending, and axial rotation. Effect of belt wearing and breath holding. *Spine*, **19**, 696-704.

McLean, S.M., Burton, M., Bradley, L. et Littlewood, C. (2010) Interventions for enhancing adherence with physiotherapy : A systematic review. *Man. Ther.*, **15**, 514-521.

Mohammadi, Y., Arjmand, N. et Shirazi-Adl, A. (2015) Comparison of trunk muscle forces, spinal loads and stability estimated by one stability- and three EMG-assisted optimization approaches. *Med Eng Phys*, **37**, 792-800.

Moseley, G.L. et Hodges, P.W. (2006) Reduced variability of postural strategy prevents normalization of motor changes induced by back pain : a risk factor for chronic trouble? *Behav. Neurosci.*, **120**, 474-476.

Ng, J.K., Kippers, V., Richardson, C.A. et Parnianpour, M. (2001) Range of motion and lordosis of the lumbar spine : reliability of measurement and normative values. *Spine*, **26**, 53-60.

Nijs, J., Roussel, N., Paul, v.W., Koke, A. et Smeets, R. (2013) Thinking beyond muscles and joints : Therapists' and patients' attitudes and beliefs regarding chronic musculoskeletal pain are key to applying effective treatment. *Man. Ther.*, **18**, 96-102.

Norton, B.J., Sahrman, S.A. et Van Dillen, F.L. (2004) Differences in measurements of lumbar curvature related to gender and low back pain. *J. Orthop. Sports Phys. Ther.*, **34**, 524-534.

O'Sullivan, P. (2005) Diagnosis and classification of chronic low back pain disorders : maladaptive movement and motor control impairments as underlying mechanism. *Man. Ther.*, **10**, 242-255.

O'Sullivan, P.B., Twomey, L.T. et Allison, G.T. (1997) Evaluation of specific stabilizing exercise in the treatment of chronic low back pain with radiologic diagnosis of spondylolysis or spondylolisthesis. *Spine*, **22**, 2959-2967.

Obayashi, H., Urabe, Y., Yamanaka, Y. et Okuma, R. (2012) Effects of respiratory-muscle exercise on spinal curvature. *J Sport Rehabil*, **21**, 63-68.

Ostelo, R.W., Deyo, R.A., Stratford, P., Waddell, G., Croft, P., Von Korff, M., Bouter, L.M. et de Vet, H.C. (2008) Interpreting change scores for pain and functional status in low back pain : towards international consensus regarding minimal important change. *Spine*, **33**, 90-94.

Panjabi, M.M. (1992a) The stabilizing system of the spine. Part I. Function, dysfunction, adaptation, and enhancement. *Journal of Spinal Disorders*, **5**, 383-389.

Panjabi, M.M. (1992b) The stabilizing system of the spine. Part II. Neutral zone and instability hypothesis. *Journal of Spinal Disorders*, **5**, 390-397.

Panjabi, M.M. (2006) A hypothesis of chronic back pain : ligament subfailure injuries lead to muscle control dysfunction. *Eur Spine J*, **15**, 668-676.

Penning, L. (2000) Psoas muscle and lumbar spine stability : a concept uniting existing controversies. Critical review and hypothesis. *Eur Spine J*, **9**, 577-585.

Préville, M., Boyer, R. et Potvin, L. (1992) *La détresse psychologique : détermination de la fiabilité et de la validité de la mesure utilisée dans l'Enquête Santé Québec*. Santé Québec.

Rabin, A., Shashua, A., Pizem, K., Dickstein, R. et Dar, G. (2014) A clinical prediction rule to identify patients with low back pain who are likely to experience short-term success following lumbar stabilization exercises : a randomized controlled validation study. *J Orthop Sports Phys Ther*, **44**, 6-B13.

Rasmussen-Barr, E., Ang, B., Arvidsson, I. et Nilsson-Wikmar, L. (2009) Graded exercise for recurrent low-back pain : a randomized, controlled trial with 6-, 12-, and 36-month follow-ups. *Spine*, **34**, 221-228.

Ravenna, M.M., Hoffman, S.L. et Van Dillen, L.R. (2011) Low interrater reliability of examiners performing the prone instability test : a clinical test for lumbar shear instability. *Arch.Phys.Med.Rehabil.*, **92**, 913-919.

Resnick, B., Zimmerman, S.I., Orwig, D., Furstenberg, A.L. et Magaziner, J. (2000) Outcome expectations for exercise scale : utility and psychometrics. *J Gerontol.B Psychol.Sci.Soc.Sci.*, **55**, S352-S356.

Richardson, C., Hodges, P. et Hides, J. (2004) *Therapeutic exercise for lumbopelvic stabilization*. Churchill Livingstone, Sydney.

Roland, M. et Morris, R. (1983) A study of the natural history of back pain. Part I : Development of a baseline and sensitive measure of disability in low-back pain. *Spine*, **8**, 141-144.

Roussel, N.A., Nijs, J., Truijen, S., Smeuninx, L. et Stassijns, G. (2007) Low back pain : clinimetric properties of the Trendelenburg test, active straight leg raise test, and breathing pattern during active straight leg raising. *J.Manipulative Physiol Ther.*, **30**, 270-278.

Sahrmann, S.A. (2002) *Diagnosis and treatment of movement impairment syndromes*. Mosby, St-Louis.

Sallis, J.F., Grossman, R.M., Pinski, R.B., Patterson, T.L. et Nader, P.R. (1987) The development of scales to measure social support for diet and exercise behaviors. *Prev Med*, **16**, 825-836.

Salmon, P. (2001) Effects of physical exercise on anxiety, depression, and sensitivity to stress : a unifying theory. *Clin.Psychol.Rev.*, **21**, 33-61.

Saragiotto, B.T., Maher, C.G., Yamato, T.P., Costa, L.O., Menezes Costa, L.C., Ostelo, R.W. et Macedo, L.G. (2016) Motor control exercise for chronic non-specific low-back pain. *Cochrane Database Syst Rev*, **1**, CD012004.

Scannell, J.P. et McGill, S.M. (2003) Lumbar posture--should it, and can it, be modified? A study of passive tissue stiffness and lumbar position during activities of daily living. *Phys.Ther.*, **83**, 907-917.

Scholtes, S.A. et Van Dillen, L.R. (2007) Gender-related differences in prevalence of lumbopelvic region movement impairments in people with low back pain. *J Orthop.Sports Phys.Ther.*, **37**, 744-753.

Simel, D.L., Samsa, G.P. et Matchar, D.B. (1991) Likelihood ratios with confidence : sample size estimation for diagnostic test studies. *J.Clin.Epidemiol.*, **44**, 763-770.

Simmonds, M.J. (2006) Measuring and managing pain and performance. *Man.Ther.*, **11**, 175-179.

Simmonds, M.J., Olson, S.L., Jones, S., Hussein, T., Lee, C.E., Novy, D. et Radwan, H. (1998) Psychometric characteristics and clinical usefulness of physical performance tests in patients with low back pain. *Spine*, **23**, 2412-2421.

Smeets, R.J., Vlaeyen, J.W., Kester, A.D. et Knottnerus, J.A. (2006) Reduction of pain catastrophizing mediates the outcome of both physical and cognitive-behavioral treatment in chronic low back pain. *J Pain*, **7**, 261-271.

Smidt, N., de Vet, H.C., Bouter, L.M., Dekker, J., Arendzen, J.H., De Bie, R.A., Bierma-Zeinstra, S.M., Helders, P.J., Keus, S.H., Kwakkel, G., Lenssen, T., Oostendorp, R.A., Ostelo, R.W., Reijman, M., Terwee, C.B., Theunissen, C., Thomas, S., van Baar, M.E., van 't, H.A., van Peppen, R.P., Verhagen, A. et van der Windt, D.A. (2005) Effectiveness of exercise therapy : a best-evidence summary of systematic reviews. *Aust J Physiother.*, **51**, 71-85.

Smith, B.E., Littlewood, C. et May, S. (2014) An update of stabilisation exercises for low back pain : a systematic review with meta-analysis. *BMC musculoskeletal disorders*, **15**, 416.

Spitzer, W.O. (1987) *Approche scientifique de l'évaluation et du traitement des affections vertébrales chez les travailleurs = Scientific approach to the assessment and management of activity-related spinal disorders*. Société canadienne de recherches cliniques, Toronto.

Springate, S.D. (2012) The effect of sample size and bias on the reliability of estimates of error : a comparative study of Dahlberg's formula. *Eur J Orthod.*, **34**, 158-163.

Stanton, T.R., Fritz, J.M., Hancock, M.J., Latimer, J., Maher, C.G., Wand, B.M. et Parent, E.C. (2011) Evaluation of a treatment-based classification algorithm for low back pain : a cross-sectional study. *Phys.Ther.*, **91**, 496-509.

Stanton, T.R., Hancock, M.J., Maher, C.G. et Koes, B.W. (2010) Critical appraisal of clinical prediction rules that aim to optimize treatment selection for musculoskeletal conditions. *Phys.Ther.*, **90**, 843-854.

Sullivan, M.J.L., Bishop, S.R. et Pivik, J. (1995) The Pain Catastrophizing Scale : Development and validation. *Psychological Assessment*, **7**, 524-532.

Teyhen, D.S., Flynn, T.W., Childs, J.D. et Abraham, L.D. (2007) Arthrokinematics in a subgroup of patients likely to benefit from a lumbar stabilization exercise program. *Phys.Ther.*, **87**, 313-325.

Thompson, E., Broadbent, J., Bertino, M.D. et Staiger, P.K. (2015) Do pain-related beliefs influence treatment adherence? A systematic review. *Clin. J. Pain*.

Tsao, H., Galea, M.P. et Hodges, P.W. (2009) How fast are feedforward postural adjustments of the abdominal muscles? *Behav.Neurosci.*, **123**, 687-693.

Tsao, H. et Hodges, P.W. (2007) Immediate changes in feedforward postural adjustments following voluntary motor training. *Exp.Brain Res.*, **181**, 537-546.

Unsgaard-Tondel, M., Fladmark, A.M., Salvesen, O. et Vasseljen, O. (2010) Motor control exercises, sling exercises, and general exercises for patients with chronic low back pain : a randomized controlled trial with 1-year follow-up. *Phys Ther*, **90**, 1426-1440.

Unsgaard-Tondel, M., Lund Nilsen, T.I., Magnussen, J. et Vasseljen, O. (2012) Is activation of transversus abdominis and obliquus internus abdominis associated with long-term changes in chronic low back pain? A prospective study with 1-year follow-up. *Br J Sports Med*, **46**, 729-734.

Van Dillen, L.R., Sahrmann, S.A., Norton, B.J., Caldwell, C.A., Fleming, D.A., McDonnell, M.K. et Woolsey, N.B. (1998) Reliability of physical examination items used for classification of patients with low back pain. *Phys.Ther.*, **78**, 979-988.

van Tulder, M., Malmivaara, A., Esmail, R. et Koes, B. (2000) Exercise therapy for low back pain. A systematic review within the framework of the Cochrane collaboration back review group. *Spine*, **25**, 2784-2796.

Vasseljen, O. et Fladmark, A.M. (2010) Abdominal muscle contraction thickness and function after specific and general exercises : A randomized controlled trial in chronic low back pain patients. *Man.Ther.*, **15**, 482-489.

Vera-Garcia, F.J., Elvira, J.L., Brown, S.H. et McGill, S.M. (2007) Effects of abdominal stabilization maneuvers on the control of spine motion and stability against sudden trunk perturbations. *J.Electromyogr.Kinesiol.*, **17**, 556-567.

Vlaeyen, J.W.S. et Linton, S.J. (2000) Fear-avoidance and its consequences in chronic musculoskeletal pain : a state of the art. *Pain*, **85**, 317-332.

Waddell, G., Burton, A.K. et Main, C.J. (2003) Screening to identify people at risk of long-term incapacity for work : A conceptual and scientific review. *The Royal Society of Medicine Press Limited*, 80p.

Waddell, G., Newton, M., Henderson, I., Somerville, D. et Main, C.J. (1993) A fear-avoidance beliefs questionnaire (FABQ) and the role of fear-avoidance beliefs in chronic low back pain and disability. *Pain*, **52**, 157-168.

Waddell, G., Somerville, D., Henderson, I. et Newton, M. (1992) Objective clinical evaluation of physical impairment in chronic low back pain. *Spine*, **17**, 617-628.

Watson, P.J., Booker, C.K., Main, C.J. et Chen, A.C.N. (1997) Surface electromyography in the identification of chronic low back pain patients : the development of the flexion relaxation ratio. *Clinical Biomechanics*, **12**, 165-171.

Woby, S.R., Watson, P.J., Roach, N.K. et Urmston, M. (2004) Are changes in fear-avoidance beliefs, catastrophizing, and appraisals of control, predictive of changes in chronic low back pain and disability? *Eur.J.Pain*, **8**, 201-210.

Wong, A.Y., Parent, E.C., Funabashi, M., Stanton, T.R. et Kawchuk, G.N. (2013) Do various baseline characteristics of transversus abdominis and lumbar multifidus predict clinical outcomes in nonspecific low back pain? A systematic review. *Pain*, **154**, 2589-2602.

ANNEXE A – DESCRIPTION DU PROGRAMME D'EXERCICE

Dans cette annexe, seul un résumé du programme d'exercice de stabilisation lombaire est présenté en raison de la longueur du programme détaillé, qui décrit entre autres les techniques d'exécution des exercices et les critères pour passer d'une phase à l'autre.

Les physiothérapeutes ont participé au recrutement des patients et ont dirigé le programme d'exercice. Ils faisaient l'évaluation clinique initiale habituelle des patients afin d'appliquer leur jugement clinique (ajustement du dosage du programme d'exercice). Le programme comportait trois phases, dont voici un résumé des objectifs :

1. Phase I - Gestion de la douleur et contrôle moteur des muscles profonds :

- Éducation du patient (modalités de contrôle de la douleur, anatomie, mécanismes de stabilité lombaire, le *Guide du dos* - ISBN : 978-2-923465-03-6 - est donné). Le patient est ensuite amené à expliquer lui-même les concepts appris ;
- Quelques exercices d'étirement (au besoin) et application de chaud/froid (au besoin) ;
- Initiation des exercices de contrôle moteur (tableau ci-dessous) en position couchée et graduellement lors d'exercices de surcharge (un exercice par catégorie : flexion, extension, oblique). À cette étape, l'accent est mis sur les exercices de contrôle moteur et les exercices prescrits à la maison sont justement orientés dans ce sens (quotidiennement) ;
- Rétroaction lors des exercices de contrôle moteur. En clinique, le thérapeute utilisait le matelas de pression pour donner une rétroaction sur le contrôle de la lordose lombaire lors de l'ADIM. Il procédait aussi par palpation de l'abdomen pour indiquer au patient si les muscles superficiels de l'abdomen (obliques externes et droits de l'abdomen) étaient trop sollicités. La palpation des muscles du bas du dos a aussi été utilisée pour obtenir une rétroaction. À la maison, on conseillait tout simplement de reproduire ce qui avait été appris et en se concentrant sur le maintien de la posture neutre de la colonne lombaire lors des exercices.

2. Phase II - Niveau débutant de contrôle des déficiences et fonctions (initiation des exercices avec accent sur la qualité du contrôle du mouvement) :

- Peuvent compléter quelques répétitions correctement (cocontraction et respiration);
- Capable de compléter correctement (cocontraction et respiration), avec une diminution des symptômes durant les activités fonctionnelles déterminées préalablement comme douloureuses (échelle fonctionnelle spécifique du patient);
- Qualité et facilité des exercices ou mouvements augmentent lors des activités fonctionnelles.

3. Phase III - Niveau modéré/avancé de contrôle des déficiences et fonctions (développement de l'endurance avec accent sur quantité) :

- Capable d'augmenter significativement le nombre de répétitions correctement (cocontraction et respiration);

- Reproduction des symptômes lors des activités fonctionnelles est minimale (< 2/10 sur l'échelle de douleur) ;
- Qualité et facilité des exercices ou des mouvements sont très bonnes lors des activités fonctionnelles.

Les objectifs décrits ci-haut, pour chaque phase du programme, devaient être réussis, du moins la plupart d'entre eux, pour que les physiothérapeutes prennent la décision d'entreprendre la phase suivante.

Concepts fondamentaux des exercices de stabilisation lombaire

Pour tous les exercices

1. Adopter une respiration normale (ne pas retenir la respiration);
2. Les portions de l'exercice exigeant un mouvement ou le soutien d'une position doivent se faire en expirant.

Exercice de contrôle moteur*	Concept clé
Bascule du bassin	Aplatir le bas du dos au sol ou au mur
<i>Abdominal Drawing in Maneuver</i> (ADIM)	Contracter l'abdomen de façon à entrer le nombril vers la colonne vertébrale et puis, vers la tête (mouvement en J), sans mouvement du bassin
Multifides	Gonfler les multifides, sans contraction des érecteurs du rachis
Exercice de surcharge (catégorie)	Concept clé (illustrations dans les pages suivantes)
<i>Curl-ups</i> (flexion)	ADIM + Maintenir les omoplates au-dessus du sol (ou matelas)
<i>Heel Slides</i> (flexion)	ADIM + Gonfler les muscles du bas du dos
<i>Seated hip flexion</i> (flexion)	ADIM + Maintenir la région lombaire en position neutre
<i>Dead Bug</i> (flexion)	ADIM + Maintenir la position avec bras / jambe opposés juste au-dessus du sol
<i>Bird-dog</i> (extension)	ADIM + Élever les bras / jambe opposés tout en maintenant la région lombaire en position neutre
<i>Side-bridge</i> (oblique)	ADIM + Gonfler les muscles du bas du dos + Élever les hanches et maintenir le corps en position droite
<i>Bridge</i> (extension)	ADIM + Élever les hanches et maintenir le corps en position droite
<i>Standing Theraband Exercises</i> (extension)	ADIM + Gonfler les muscles du bas du dos + Maintenir la région lombaire en position neutre tout en réalisant l'exercice du haut du corps

* Plusieurs termes anglophones ont été conservés afin d'aider le lecteur à faire le lien avec la littérature anglophone.

Pour chaque exercice de surcharge, trois ou quatre niveaux de difficulté permettaient une progression, comme illustré dans les figures des pages suivantes. Une feuille (recto verso)

contenant ces illustrations était distribuée au patient, permettant au physiothérapeute de déterminer (cocher) les exercices à réaliser à la maison et leur dosage (fréquence, nombre de répétitions). Autant en clinique qu'à la maison, le thérapeute et le patient choisissaient les équipements pour créer une surface instable (ballon d'exercice, DynaDisc). Le patient était invité à se procurer cet équipement pour la maison, comme il est d'usage lors des programmes suivis en cliniques de physiothérapie.

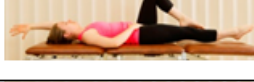
Flexion Curl-Up

☐		Une main sous le bas du dos, une jambe pliée. Faire une ADIM et soulever les omoplates en gardant les coudes au sol. Répétitions : _____
☐		Soulever les deux coudes du sol. Répétitions : _____
☐		Croiser les bras. Faire une ADIM et soulever les épaules avec une rotation. Répéter de l'autre côté. Répétitions : _____
☐		Faire l'exercice 1 – 2 – 3 sur une surface instable. Répétitions : _____

Seated hip flexion

☐		Assis sur une surface stable, faire une ADIM et soulever le genou de 10cm. Répéter de l'autre côté. Répétitions : _____
☐		Assis sur une surface stable, faire une ADIM, soulever le genou de 10cm et fléchir l'épaule opposée. Répéter de l'autre côté. Répétitions : _____
☐		Assis sur un ballon, faire une ADIM, soulever le genou de 10cm et fléchir l'épaule opposée. Répéter de l'autre côté. Répétitions : _____
☐		Assis sur un ballon en tenant un petit poids dans chaque main. Faire une ADIM, soulever le genou de 10cm et fléchir l'épaule opposée. Répéter de l'autre côté. Répétitions : _____
☐		Assis sur un ballon, faire une ADIM et des exercices avec un tube élastique. Répétitions : _____

Heel slide

☐		Sur le dos, allonger la jambe en touchant le sol. Maintenir une contraction du transverse abdominal. Répétitions : _____
☐		Sur le dos, allonger la jambe 5-10cm au-dessus du sol. Maintenir 2 sec et revenir. Répétitions : _____
☐		Sur le dos, allonger le bras et la jambe opposée 5-10cm au-dessus du sol. Maintenir 2 sec et revenir. Répétitions : _____
☐		Les deux pieds 5-10cm au-dessus du sol, allonger une jambe et le bras opposé. Maintenir 2 sec et revenir. Répétitions : _____
☐		Faire l'exercice 1 – 2 – 3 sur une surface instable. Répétitions : _____

Dead-bug

☐		Sur le dos, allonger une jambe et le bras opposé juste au-dessus du sol. Tenir 5 sec et revenir lentement. Répétitions : _____
☐		Même exercice, répéter du même côté jusqu'à fatigue, ensuite changer de côté. Répétitions : _____
☐		Même que 2 mais plus petite amplitude et plus rapide. Répétitions : _____
☐		Faire l'exercice 1 – 2 – 3 sur une surface instable. Répétitions : _____

Extension

Bird dog

☐		A 4 pattes, allonger le bras et ensuite la jambe opposée en maintenant le tronc stable. Maintenir 5 sec et alterner de côté. Répétitions : _____
☐		A 4 pattes, allonger le bras et la jambe opposée simultanément en maintenant le tronc stable. Maintenir 5 sec et alterner de côté. Répétitions : _____
☐		Dessiner des carrés avec l'épaule et la hanche sans bouger le tronc. Répétitions : _____
☐		Faire l'exercice 2 ou 3 avec une surface instable sous les genoux. Répétitions : _____

Bridge

☐		Sur le dos, les pieds au sol. Soulever les fesses. Répétitions : _____
☐		Sur le dos, les pieds au sol. Soulever les fesses. « Marcher » en soulevant un pied à la fois. Répétitions : _____
☐		Sur le dos, les pieds au sol. Soulever un pied puis soulever les fesses. Tenir 2 sec et répéter avec l'autre jambe. Répétitions : _____
☐		Faire l'exercice 1 – 2 ou 3 avec une surface instable sous les pieds. Répétitions : _____

Oblique

Side support

☐		En appui de côté sur l'avant-bras et la hanche, soulever les hanches pour être sur le genou. La main est sur l'épaule ou sur la hanche. Répétitions : _____
☐		Le pied du haut devant, en appui sur le côté, soulever les hanches pour être sur les pieds, les jambes tendues. La main est sur l'épaule ou sur la hanche. Répétitions : _____
☐		Le pied du haut devant, en appui sur le côté, soulever les hanches pour être sur les pieds, les jambes tendues. Allonger le bras au-dessus de la tête. Répétitions : _____
☐		Le pied du haut devant, en appui sur le côté, soulever les hanches pour être sur les genoux (ou pieds, jambes tendues). La main sur la hanche, soulever la jambe du haut de 50cm. Répétitions : _____
☐		Faire l'exercice 1 – 2 – 3 ou 4 avec une surface instable sous le coude, les pieds ou les deux. Répétitions : _____

Debout

Standing Theraband exercises

☐		Debout, faire une ADIM en exécutant un rowing ou une rétraction scapulaire avec une Theraband. Répétitions : _____
☐		Debout sur une surface instable, faire une ADIM en exécutant un rowing ou une rétraction scapulaire avec une Theraband. Répétitions : _____
☐		Debout sur une surface instable, faire un squat en gardant les genoux derrière les orteils. Faire une ADIM en exécutant un rowing ou une rétraction scapulaire avec une Theraband. Répétitions : _____

Lignes directrices du programme d'exercice post-traitement à la maison

(après les 8 semaines de physiothérapie)

Lors du dernier rendez-vous, le physiothérapeute devait réviser le programme d'exercice post-traitement avec le patient pour s'assurer qu'il connaissait les exercices et la fréquence attendus afin qu'il poursuive après les traitements à la maison.

Instruction pour les activités fonctionnelles	Le patient doit continuer durant la journée en respectant les modifications des activités quotidiennes enseignées par le physiothérapeute.
Exercices spécifiques	- Cocontraction des muscles profonds, si nécessaire, durant les activités quotidiennes et/ou dans des exercices séparés. - Exercices avec surcharge (au moins un de flexion, un d'extension et un oblique) pour un total de 20-30 minutes à raison de 3 fois par semaine.
Conseils généraux	Encouragez le patient à (1) continuer à être actif, (2) respecter au cours de la journée les modifications des activités quotidiennes et (3) faire les exercices spécifiques de surcharge.

ANNEXE B – DESCRIPTION SOMMAIRE DES MESURES

Annexe B.1. Résultats cliniques (OUT) et mesures de l'examen de physiothérapie (PHT)

CONCEPT	INSTRUMENT OU TEST	REFERENCE	VARIABLE (abréviation)	USAGE*	
Mesures de résultats cliniques (mesures OUT) – 20 min				Obj.1	Obj.2
Perception d'incapacité	Questionnaire Oswestry	(Fairbank <i>et al.</i> , 1980)	OSW	G	G
Intensité de la douleur	Échelle numérique de 11 points (0 à 10) de la douleur (moyenne trois scores : douleur actuelle ainsi que la moindre et la pire douleurs durant la dernière semaine).	(Childs <i>et al.</i> , 2005)	Int-Douleur	P-C	G
Changement global	Échelle de 7 points (-3 [beaucoup aggravé] à +3 [-beaucoup amélioré]) d'estimation globale du changement	(Dworkin <i>et al.</i> , 2005)	ChangGlobal	/	/
Satisfaction du traitement	Questionnaire de satisfaction du patient sur les services de physiothérapie	(Goldstein <i>et al.</i> , 2000)	Satisfaction-PT	/	/
Examen clinique de physiothérapie (mesures PHT) de 60 min, présenté en ordre chronologique. Il faut savoir que les questionnaires (mesures OUT et PSY) étaient introduits à différents moments afin de reposer le patient entre les tests cliniques.					
Flexibilité chaîne postérieure	Test passif d'élévation jambe tendue (k = 0,67 à 0,96) avec inclinomètre sur épine tibiale. Mesure en degrés (ROM – <i>range of motion</i>) lors de l'apparition de douleur (peu importe la source) et en élévation maximale	(Waddell <i>et al.</i> , 1992; McCarthy <i>et al.</i> , 2007)	EJT-Pas-Doul-ROM (d et g) EJT-Pas-Max-ROM (d et g)	P-C	R
Transfert de charge lombo-pelvienne	Test actif (20 cm) d'élévation jambe tendue (k = 0,70 à 0,77) avec score sur 5 points avec niveau de difficulté observé par le thérapeute. Ensuite, le patient devait dire s'il ressentait ou non de la douleur.	(Waddell <i>et al.</i> , 1992; Roussel <i>et al.</i> , 2007)	EJT-Act/5 (d et g) EJT-Act-Doul (d et g)	P-A	R
Courbure lombaire	Avec un ou deux inclinomètres	(Ng <i>et al.</i> , 2001)	Courbure	P-A	R
Étendue de mouvement lombaire (flexions avant + latérale) et pelvienne (flexion) en position debout	Avec un (T12/L1) ou deux (T12/L1 et Sacrum) inclinomètres (CCIC : 0,85 à 0,97)	(Waddell <i>et al.</i> , 1992; Ng <i>et al.</i> , 2001)	FlxLomb-ROM FlxBassin-ROM FlxLatLomb-ROM (d et g)	P-C	R
Questionnaires (n = 5)					

Rigidité segments lombaires	<i>Spring test</i> en position décubitus ventral (rigidité jugée normale ou hypermobile)	(Stanton <i>et al.</i> , 2011)	Spring	P-A	R
Instabilité lombaire	Test manuel d'instabilité lombaire, couché sur le ventre sur le rebord de la table d'examen (k = 0,87; (Hicks <i>et al.</i> , 2003))	(Stanton <i>et al.</i> , 2011)	Instabilité-Man	P-A	R
Instabilité lombaire	En décubitus ventral, l'évaluateur élève les membres inférieurs afin de provoquer une extension lombaire passive. Évaluation de la présence de symptômes.	(Kasai <i>et al.</i> , 2006)	Instabilité-Ext	P-A	R
Tests de déficience du contrôle moteur (DCM)	Symptômes (augmentation [1], diminution [-1], stables [0]) lors de mouvements passifs (n = 14) et actifs (n = 14), par rapport à une position de référence (k : 0,87 à 1,0) et étendue de mouvement (<i>range of motion</i> ou ROM) au moment de l'apparition de la douleur : (1) Flexion genou (côtés droit et gauche) (2) Rotation de la hanche droite (rotations interne et externe) (3) Rotation de la hanche gauche (rotations interne et externe) (4) Extension 10° hanche (côtés droit et gauche) (5) Flexion épaule (côtés droit et gauche) (6) Extension genou (côtés droit et gauche) (7) Abduction et rotation latérale hanche (côtés droit et gauche) <u>Réduction et dichotomisation des résultats*</u> : Les valeurs maximales (max) des 2 côtés ont été calculées. Ensuite, les variables (valeurs de -1, 0 ou 1) ont été dichotomisées : 0 si -1 ou 0 et 1 si 1	(Van Dillen <i>et al.</i> , 1998)	(1) Flexion du genou GenFlx-Pas (d et g) GenFlx-Act (d et g) (2-3) Rotation de la hanche *HanRI-Pas-ROM (d et g) *HanRE-Pas-ROM (d et g) HanRI-Pas (d et g) HanRE-Pas (d et g) *HanRI-Act-ROM (d et g) *HanRE-Act-ROM (d et g) HanRI-Act (d et g) HanRE-Act (d et g) (4) Extension de la hanche HanExt-Pas (d et g) HanExt -Act (d et g) (5) Épaule ÉpaFlx-Pas (d et g) ÉpaFlx-Act (d et g) (6) Extension du genou GenExt-Pas (d et g) GenExt-Act (d et g) (7) Abd. + rot. de la hanche HanRot-Pas (d et g) HanRot-Act (d et g)	P-A Sinon *P-C	R

* La relation, s'il elle existe, entre les tests DCM et l'instabilité lombaire est inconnue. C'est la raison pour laquelle ces différentes stratégies de réduction et de dichotomisation des résultats ont été évaluées.

Laxité ligamentaire	Échelle de Beighton (score sur 9; $k = 0,79$) portant sur 9 indices de laxité ligamentaire (coudes, petits doigts, pouces, genoux, flexion lombaire)	(Hicks <i>et al.</i> , 2003)	Laxité	P-A	R
Mouvements aberrants	Observations de 5 signes lors de la flexion/extension du tronc, en position debout ($k = 0,60$); Score 0 (0 signe) ou 1 (1 signe + ou plus)	(Hicks <i>et al.</i> , 2003)	Mvt-Abe	P-A	R
Questionnaires (n = 4)					
Instabilité lombaire	Échelle des signes d'instabilité lombaire (15 questions) avec échelle de Likert de 5 points (pas du tout d'accord [1] à tout à fait d'accord [5]); Score / 75	(Cook <i>et al.</i> 2006)	Instabilité-15Q	P-A	R
Tests de performance physique (TPP)	(1) 5 assis-debout répétés (temps); (2) 5 flexions répétées du tronc (temps); (3) portée avec charge (5 % poids) dans les mains, divisée par longueur du bras (ratio); (4) Rouler 360° sur matelas au sol à droite (temps) et à gauche (temps)	(Simmonds, 2006)	TPP-assis TPP-flexions TPP-portée TPP-rouler (d et g)	P-A	R
Questionnaires (n = 8)					
Tests d'endurance musculaire (TEM)	Temps de maintien de quatre positions statiques permettant de mettre à contribution les différents groupes musculaires du tronc : muscles latéraux, abdominaux et dorsaux	(Waddell <i>et al.</i> , 1992; McGill, 1998)	TEM-lat (d et g) TEM-abdominaux TEM-dorsaux	P-A	R

CCIC : coefficient corrélation intraclass (fidélité interjuges); k = coefficient kappa (fidélité interjuges)

(d et g) : signifie que la mesure a été prise pour le côté droit et ensuite pour le côté gauche

ROM : *range of motion* (étendue de mouvement)

* Description du rôle joué par chaque variable dans l'analyse qui sera menée pour répondre à chaque objectif : Objectif 1 - Développement de la règle de prédiction clinique; Objectif 2 - Détermination des mécanismes d'action associés au programme d'exercice

G : variables utilisées pour créer des sous-groupes au regard du succès ou de l'échec du traitement.

P-A, P-B, P-C : prédicteurs classés en classe A (lien direct ou indirect avec la stabilité lombaire), classe B (potentiellement liés à l'adhésion aux exercices à la maison) et les variables de classe C (non spécifiques; potentiellement liées à tout programme d'exercice). Voir la section 3.5.1 (analyse statistique) pour plus de détails (modélisation hiérarchique).

R : mesure de résultats (*outcome measure*). Pour l'Objectif 2, les autres mesures de résultats ont été obtenues à partir des évaluations en laboratoire (mesures neuromusculaires).

Annexe B.2. Mesures psychologiques (PSY)

CONCEPT	INSTRUMENT OU TEST	REFERENCE	VARIABLE (abréviation)	USAGE*	
Évaluation psychologique (mesures PSY) – 60 min				Obj.1	Obj.2
Peurs et croyances	<i>Fear-avoidance beliefs questionnaire</i> - 15 items (5 min) Score/24 (composante activité physique)	(Waddell <i>et al.</i> , 1993)	FABQ-AP (composante activité physique)	P-B	R
Dramatisation de la douleur	<i>Pain Catastrophizing Scale</i> – 13 items (5 min) Score/52	(Sullivan <i>et al.</i> , 1995)	PCS	P-B	R
Détresse psychologique	Inventaire de détresse psychologique (IDP) – 14 items (5 min) Score/100	(Ilfeld, 1976; Prévile <i>et al.</i> , 1992)	IDPtot (score total) IDPcog (score cognition) IDPanx (score anxiété) IDPdep (score dépression) IDPcol (score colère)	P-B	R
Douleur liée à l'activité	Est-ce que vous avez une augmentation de la douleur durant vos activités en général ou lors de l'exercice ? O/N	(Damsgard <i>et al.</i> , 2010)	DoulActPhys	P-B	R
Niveau d'activité physique (NAP)	Questionnaire sur l'activité physique (dernier mois) – 10 min Score 1-5 pour les 2 sous-échelles	(Baecke <i>et al.</i> , 1982)	NAP-sport NAP-loisirs	P-B	R
Sentiment d'efficacité personnel pour l'exercice (SEPE)	<i>Barriers Self-Efficacy Scale</i> – 13 items (5 min) Score/100	(McAuley <i>et al.</i> , 2003)	SEPE	P-B	R
Support social/familial à l'exercice	Items (n = 13/50) de l'échelle <i>Friend/Peer Support-Health Eating Physical Activity Scale</i> Échelles famille et ami, avec toutes deux les sous-échelles Récompense/Punition (RP) et Participation (Pa)	(Sallis <i>et al.</i> , 1987)	SSFEfamRP (0 -100) SSFEfamPa (0 -100) SSFEamiRP (0 -100) SSFEamiPa (0 -100)	P-B	R

Perception de la maladie	<i>Brief Illness Perception Questionnaire</i> (Brief-IPQ) – 8 items (5 min.) Score/10	(Broadbent <i>et al.</i> , 2006)	PercMaladie	P-B	R
Outil de dépistage	StarT Back– 9 items Score total/9 et sous-score/5 Risque faible : score total < 4; risque moyen : score total ≥ 4 et sous-score ≤ 3; risque élevé : score total ≥ 4 et sous-score ≥ 4	(Hill <i>et al.</i> , 2008)	StarT Back † StarT Back-D1 est la variable dichotomisée : 0 si « faible risque » et 1 si « moyen ou haut risque »	P-C	R
Attentes de traitement	<i>Outcome expectation for exercise scale</i> (OEES) – 9 items (4 min) Score 1-5	(Resnick <i>et al.</i> , 2000)	AttentesTrait	P-B	R
Crédibilité/Attentes du traitement	<i>Credibility/Expectancy Questionnaire</i> (CEQ) – 6 items (3 min) Score 11-100 pour les 2 sous-échelles	(Deville et Borkovec, 2000)	CEQ-crédibilité CEQ-attentes	P-B	R
Alliance thérapeutique patient/thérapeute	<i>Work Alliance Inventory</i> (WAI) – 36 items (5 min.) Score 1-7	(Corbière <i>et al.</i> , 2006; Horvath <i>et al.</i> , 1989)	AllianceTrav	P-B	R
Stades de changement du niveau d'activité physique	Questionnaire sur les stades de changement – 4 items (2 min) Score 1-5 : <i>precontemplators</i> (1), <i>contemplators</i> (2); <i>preparers</i> (3), <i>actors</i> (4) and <i>maintainers</i> (5)	(Marcus <i>et al.</i> , 1992)	StadeChange † StadeChange-D2 est la variable dichotomisée : 0 si score = 1 1 si score = 2, 3, 4 ou 5	P-B	R
Adhésion aux exercices maison	Estimation (à T8 et T34) de l'adhésion aux exercices à la maison Ratio entre 0 et 1 (fréquence réalisée / fréquence prescrite)	Questionnaire maison	Adhésion	/	R

* Description du rôle joué par chaque variable dans l'analyse qui sera menée pour répondre à chaque objectif : Objectif 1 - Développement de la règle de prédiction clinique; Objectif 2 - Détermination des mécanismes d'action associés au programme d'exercice.

† : deux façons de dichotomiser cette variable ont été évaluées, mais seulement celle ayant donné les meilleurs résultats est décrite ici.

G : variables utilisées pour créer des sous-groupes au regard du succès ou de l'échec du traitement.

P-A, P-B, P-C : prédictors classés en classe A (lien direct ou indirect avec la stabilité lombaire), classe B (potentiellement liés à l'adhésion aux exercices à la maison) et les variables de classe C (non spécifiques; potentiellement liées à tout programme d'exercice). Voir la section 3.5.1 (analyse statistique) pour plus de détails (modélisation hiérarchique).

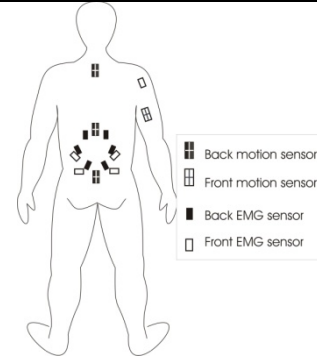
R : mesure de résultats (*outcome measure*). Pour l'objectif 2, les autres mesures de résultats ont été obtenues à partir des évaluations en laboratoire (mesures neuromusculaires).

Annexe B.3. Mesures neuromusculaires (NRM) en laboratoire

Ces tests évaluent le niveau de contrôle des muscles dorsaux et abdominaux. La procédure complète (préparation et 6 tests) durerait environ trois heures.

I – Préparation du sujet :

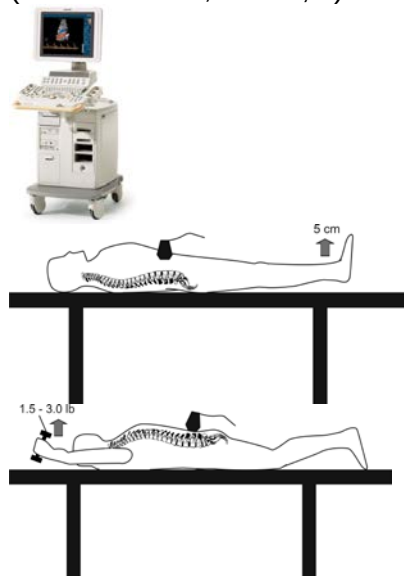
- Mesures anthropométriques et préparation de la peau;
- Positionnement des senseurs de mouvement et des électrodes sur la peau et tâches de calibrage;
- Six électrodes sur les muscles du dos; 4 électrodes sur les muscles abdominaux et 1 électrode sur l'épaule droite
- Quatre senseurs de mouvement (colonne vertébrale et bras droit)
- Tâches de calibrage des senseurs à l'aide de postures statiques (n=4) et de contractions musculaires sous-maximales (n=6)



II- Évaluation neuromusculaire – 6 tests (120 min, incluant familiarisation et périodes de repos)

La séquence a été déterminée en fonction des capteurs à ajouter ou à retirer pour chaque test.

Test n° 1 : Épaisseur et activation des muscles profonds (Larivière *et al.*, 2013a; b)



Tâche : levée de 5 cm de la jambe, en position couchée sur le dos et puis sur le ventre; 6 essais au total avec repos 1 min entre les essais.

Mesure : l'épaisseur des muscles du tronc est quantifiée sur les images prises au repos et à la fin de la contraction.

Test n° 2 : Proprioception lombaire (Lee *et al.*, 2010)



Tâche : les yeux fermés, un moteur fait très lentement tourner la chaise ($0,2^\circ/\text{s}$) sur un côté et le sujet presse un bouton lorsque le début du mouvement lombaire est détecté; 10 essais consécutifs, soit 5 de chaque côté, ont été faits.

Mesure : un potentiomètre mesure l'angle de la chaise lorsque le bouton est activé.

Test n° 3 : Équilibre postural en position assise sur chaise instable (Larivière *et al.*, 2013b)



Tâche : les yeux fermés, l'équilibre doit être maintenu pendant 60 s sur une chaise instable installée sur un pivot et des ressorts; 3 essais de pratique et 3 autres essais, avec un repos de 2 min entre les essais.

Mesure : un senseur mesure les mouvements angulaires de la chaise.

Annexe B.3. Mesures neuromusculaires (NRM) en laboratoire (suite)

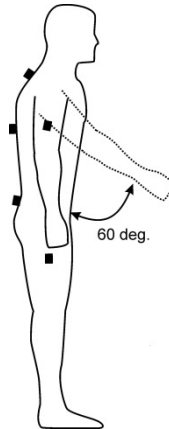
Test n° 4 : Rigidité lombaire (Larivière *et al.*, 2015)



Tâche : le sujet est immobilisé en position debout dans cet appareil, avec le bassin stabilisé et le thorax emprisonné dans un harnais rigide. Un essai consiste en une série de 125 perturbations soudaines du tronc (4 mm avant/arrière), ce qui produit une sensation de vibration. 5 essais de 75 sec avec repos de 2 min entre les essais.

Mesures : une cellule de force et un senseur de mouvement sont attachés entre le moteur et le harnais.

Test n° 5 : Ajustements posturaux anticipatoires (Larivière *et al.*, 2013a)



Tâche : en réponse à un signal visuel affiché sur un écran positionné devant le sujet, celui-ci doit initier et réaliser un mouvement du bras droit vers l'avant (environ 60°) et retourner à la position de départ le plus rapidement possible. L'accent est placé sur la rapidité du mouvement plutôt que sur l'amplitude de 60°. 10 essais avec repos de 30 s entre les essais.

Mesures : activation musculaire (EMG de surface) de 10 muscles du tronc et mouvements du bras et de la région lombaire (senseurs de mouvement positionnés sur le sacrum [bassin] et à T12).

Test n° 6 : Coordination du tronc (Watson *et al.*, 1997; Larivière *et al.*, 2014)



Tâche : en position debout avec les jambes droites, le sujet exécute 5 flexions maximales du tronc vers l'avant et retour en position debout (5 cycles).

Une cadence lente est imposée par un métronome pour chaque cycle de mouvements (flexion en 4 s + 2 s en flexion complète + 4 s retour en position debout).

Mesures : activation musculaire (EMG de surface) de 6 muscles dorsaux et mouvements des trois segments du tronc (bassin, colonnes lombaire et thoracique).

ANNEXE C – RÉSULTATS (OBJECTIF 1 : DÉRIVATION DES RPC)

Tableau C-1. Comparaisons entre les sous-groupes succès (n = 31) et échec (n = 12) au temps T0 en ce qui a trait aux variables continues.

Variables (unité)	Échec (n = 12)		Succès (n = 31)		Test-t Valeur P
	M	(ET)	M	(ET)	
Variables de classe A					
Age (yrs)	47,8	(8,6)	45,9	(12,7)	0,647
Mass (kg)	72,5	(16,7)	78,3	(14,6)	0,265
Height (m)	1,67	(0,07)	1,67	(0,08)	0,763
Instabilité-15Q (score/75)	53,7	(8,3)	53,4	(6,7)	0,911
Courbure (°)	34	(5)	27	(16)	<u>0,189</u>
Laxité (score/75)	0,2	(0,6)	1,2	(2,0)	<u>0,091</u>
TPP-portée (sans unité)	0,64	(0,09)	0,69	(0,11)	<u>0,152</u>
TPP-assis (s)	15,7	(6,7)	13,2	(4,0)	<u>0,144</u>
TPP-flexions (s)	12,8	(6,5)	9,9	(3,0)	0,049
TPP-rouler (max des 2 côtés) (s)	3,1	(1,5)	2,4	(0,9)	<u>0,074</u>
TEM-lat (min des 2 côtés) (s)	15,0	(14,4)	26,5	(20,0)	<u>0,076</u>
TEM-abdominaux (s)	31,9	(30,9)	69,0	(77,8)	<u>0,119</u>
TEM-dorsaux (s)	40,6	(41,1)	96,3	(128,6)	<u>0,151</u>
Variables de classe B					
FABQ-AP (score/24)	17,9	(4,9)	14,4	(6,2)	<u>0,084</u>
PCS (score/52)	31,8	(10,3)	20,2	(11,5)	0,004
IDPcog (score/100)	27,8	(12,5)	18,3	(15,6)	<u>0,066</u>
IDPanx (score/100)	26,3	(14,4)	23,7	(13,8)	0,587
IDPdep (score/100)	30,3	(14,6)	20,1	(16,0)	<u>0,062</u>
IDPcol (score/100)	22,9	(13,4)	18,3	(15,7)	0,372
IDPtot (score/100)	28,7	(11,3)	21,4	(13,0)	<u>0,095</u>
PercMaladie (score/10)	47,3	(5,2)	43,5	(9,9)	0,214
NAP-sport (score/5)	2,3	(0,6)	2,5	(1,1)	0,498
NAP-loisirs (score/5)	2,6	(0,6)	2,8	(0,8)	0,295
SEPE (score/100)	80	(14)	80	(21)	0,969
SSFEfamRP (/100)	21,1	(3,8)	24,5	(9,8)	0,281
SSFEfamPa (/100)	33,7	(18,1)	39,6	(19,5)	0,366
SSFEamiRP (/100)	23,3	(8,3)	23,0	(8,7)	0,913
SSFEamiPa (/100)	41,8	(19,1)	37,7	(3,7)	0,547
AttentesTrait (score 1-5)	4,1	(0,4)	4,2	(0,8)	0,764
Variables de classe C					
Int-Douleur (score/10)	4,6	(1,7)	4,8	(1,2)	0,714
EJT-Pas-Doul-Max (°)	64	(15)	63	(15)	0,869
EJT-Pas-ROM-Min (°)	64	(8)	66	(14)	0,534
FlxLomb-ROM (°)	11	(10)	13	(13)	0,501
FlxLatLomb-ROM (°)	23	(6)	22	(7)	0,917
FlxBassin-ROM (°)	65	(14)	71	(15)	0,201
HanRI-Pas-ROM-Min (°)	28	(11)	30	(9)	0,569
HanRI-Act-ROM-Min (°)	22	(11)	21	(10)	0,901
HanRE-Pas-ROM-Min (°)	56	(13)	55	(10)	0,810
HanRE-Act-ROM-Min (°)	53	(10)	50	(12)	0,450

M : moyenne; ET : écart-type

Les variables qui ont ultérieurement été retenues dans les différentes RPC (succès et d'échec) sont en caractères gras.

Les valeurs $P \leq 0,05$ sont en caractères gras alors que les valeurs situées entre 0,05 et 0,20 sont soulignées.

Tableau C-2. Comparaisons entre les sous-groupes succès (n = 31) et échec (n = 12) au temps T0 en ce qui a trait aux variables dichotomiques.

Variables	Tableau de contingence				Khi carré Valeur P †
	Succès (n = 31)		Échec (n = 12)		
	VP	FN	FP	VN	
Variables de classe A					
Sexe féminin	18	13	4	8	<u>0,180</u>
EJT-Act/5-Max-D2 (>1/5)	8	23	6	6	<u>0,129</u>
EJT-Act-Doul-Max positif	17	14	5	7	0,438
Spring positif	10	21	4	8	0,946
Instabilité-Man positif	8	23	6	6	<u>0,129</u>
Instabilité-Ext positif	13	18	6	6	0,633
Mvt-Abe positif	12	19	3	9	0,398
GenFlx-Pas-Max positif	11	20	4	8	0,894
GenFlx-Act-Max positif	18	13	6	6	0,633
HanRI-Pas-Max positif	16	15	8	4	0,373
HanRI-Act-Max positif	14	17	7	5	0,438
HanRE-Pas-Max positif	15	16	5	7	0,692
HanRE-Act-Max positif	16	15	5	7	0,558
HanExt-Pas-Max positif	8	23	7	5	0,045
HanExt-Act-Max positif	22	9	9	3	0,791
ÉpaFlx-Act-Max positif	9	22	5	7	0,428
GenExt-Pas-Max positif	12	19	4	8	0,744
GenExt-Act-Max positif	12	19	5	7	0,859
HanRot-Pas-Max positif	18	13	3	9	<u>0,090</u>
HanRot-Act-Max positif	16	15	3	9	<u>0,170</u>
Variables de classe B					
DoulActPhys positif	24	7	10	2	0,669
StadeChange-D2 (>1/5)	31	0	9	3	0,018
Variables de classe C					
STarT Back-D1 (risque faible)	12	19	1	11	<u>0,052</u>

Les variables qui ont ultérieurement été retenues dans les différentes RPC (succès et d'échec) sont en caractères gras.

VP : vrai positif; FP : faux positif; FN : faux négatif ; VN : vrai négatif.

† Test de Pearson et test exact de Fisher pour les effectifs faibles. Les valeurs $P \leq 0,05$ sont en caractères gras alors que les valeurs situées entre 0,05 et 0,20 sont soulignées.

Tableau C-3. Comparaisons entre les sous-groupes succès (n = 31) et échec (n = 12) au temps T0 en ce qui a trait aux variables continues (qui ont été dichotomisées).

Variables* (point de coupure)†	Tableau de contingence				Khi carré Valeur <i>P</i> ‡
	Succès (n = 31)		Échec (n = 12)		
	VP	FN	FP	VN	
Variables de classe A					
Laxité (0,5/9)	12	19	1	11	<u>0,052</u>
Courbure (<29°)	18	13	2	10	0,015
TPP-portée (<0.665)	11	20	9	3	0,020
TPP-assis (>13,7 s)	11	20	6	6	0,383
TPP-flexions (>9,5 s)	14	17	6	6	0,775
TPP-rouler (max 2 côtés) (>2,4 s)	12	19	8	4	<u>0,099</u>
TEM-lat (min 2 côtés) (<13 s)	10	21	8	4	0,040
TEM-abdominaux (<45 s)	15	16	10	2	0,037
TEM-dorsaux (<21,3 s)	9	22	6	6	0,200
Variables de classe B					
FABQ-AP (<18,5/24)	23	8	4	8	0,013
PCS (<28,5/52)	24	7	4	8	0,007
IDPcog (<24/100)	17	14	3	9	<u>0,078</u>
IDPanx (<20/100)	11	20	4	8	0,894
IDPdep (<29/100)	20	11	6	6	0,383
IDPcol (<12/100)	12	19	4	8	0,744
IDPtot (<20/100)	15	16	4	8	0,373
Variables de classe C					
Aucune					

* Seulement les variables qui ont démontré une tendance ($P < 0,20$) avec les analyses de Test-t.

† Point de coupure utilisé pour dichotomiser ces variables continues.

‡ Test de Pearson et test exact de Fisher pour les effectifs faibles.

Les variables qui ont ultérieurement été retenues dans les différentes RPC (succès et d'échec) sont en caractères gras.

Les valeurs $P \leq 0,05$ sont en caractères gras alors que les valeurs situées entre 0,05 et 0,20 sont soulignées.

ANNEXE D – RÉSULTATS (OBJECTIF 2 : MÉCANISMES D'ACTION)

Tableau D-1.1 : Mesures ultrasonographiques abdominales. Résultats statistiques (valeurs *P*) portant sur les comparaisons entre les sujets sains et les sujets lombalgiques (facteur STATUT) et dans le temps (facteur TEMPS).

Variables (unité)	Côté	Résultat des ANOVA (valeur P)		
		STATUT (S)	TEMPS (T)	S × T
OE-R (mm)	D	0,859	0,506	0,086
OE-R (mm)	G	0,494	0,201	<u>0,070</u>
OE-%C (%)	D	0,822	0,302	0,987
OE-%C (%)	G	0,583	0,465	0,678
OI-R (mm)	D	<u>0,054</u>	0,113	0,001
OI-R (mm)	G	0,165	0,161	0,163
OI-%C (%)	D	0,515	0,008	0,784
OI-%C (%)	G	0,560	0,510	0,607
TrA-R (mm)	D	0,124	0,954	0,034
TrA-R (mm)	G	0,228	0,136	0,361
TrA-%C (%)	D	0,580	0,028	0,621
TrA-%C (%)	G	0,790	0,998	0,496

Les valeurs $P \leq 0,05$ sont en caractères gras alors que les valeurs situées entre 0,05 et 0,10 sont soulignées.

Tableau D-1.2 : Mesures ultrasonographiques dorsales. Résultats statistiques (valeurs *P*) portant sur les comparaisons entre les sujets sains et les sujets lombalgiques (facteur STATUT) et dans le temps (facteur TEMPS).

Variables	Côté	Résultat des ANOVA (valeur P)		
		STATUT (S)	TEMPS (T)	S × T
LuM-L5-R (mm)	G	0,510	0,228	0,541
LuM-L5-R (mm)	D	0,952	0,341	0,157
LuM-L5-%C (%)	D	0,013	0,722	0,980
LuM-L5-%C (%)	G	0,035	0,737	0,186
LuM-L4-R (mm)	D	0,239	0,819	0,621
LuM-L4-R (mm)	G	0,750	0,692	0,868
LuM-L4-%C (%)	D	<u>0,072</u>	0,522	0,717
LuM-L4-%C (%)	G	0,134	0,736	0,607
LuM-L3-R (mm)	D	<u>0,079</u>	0,830	0,639
LuM-L3-R (mm)	G	0,144	0,694	0,767
LuM-L3-%C (%)	D	0,034	0,385	0,753
LuM-L3-%C (%)	G	0,100	0,631	0,918

Les valeurs $P \leq 0,05$ sont en caractères gras alors que les valeurs situées entre 0,05 et 0,10 sont soulignées.

Tableau D-2 : Proprioception lombaire. Résultats statistiques (valeurs *P*) portant sur les comparaisons entre les sujets sains et les sujets lombalgiques (facteur STATUT) et dans le temps (facteur TEMPS).

Variables (unité)	Résultat des ANOVA (valeur P)		
	STATUT (S)	TEMPS (T)	S × T
MEAb (°)	0,268	< 0,001	0,237
MEAb95 (°)	0,239	< 0,001	0,271

Les valeurs $P \leq 0,05$ sont en caractères gras alors que les valeurs situées entre 0,05 et 0,10 sont soulignées.

Tableau D-3 : Équilibre postural. Résultats statistiques (valeurs *P*) portant sur les comparaisons entre les sujets sains et les sujets lombalgiques (facteur STATUT) et dans le temps (facteur TEMPS).

Variables (unité)	Dir.*	Résultat des ANOVA (valeur P)		
		STATUT (S)	TEMPS (T)	S × T
Variables conventionnelles (Prieto <i>et al.</i> 1996)				
RMSdist (°)	R	0,376	< 0,001	0,706
	AP	0,161	< 0,001	0,746
	ML	0,750	< 0,001	0,635
MVELO (°/s)	R	0,353	< 0,001	0,779
	AP	0,184	< 0,001	0,643
	ML	0,688	< 0,001	0,740
MFREQ (Hz)	R	0,299	< 0,001	0,891
	AP	0,246	0,002	0,787
	ML	0,582	0,002	0,889
FD ††	PD	0,611	< 0,001	0,505
	CC	0,487	< 0,001	0,428
	CE	0,811	0,002	0,564
MedFREQ (Hz)	R	0,341	< 0,001	0,793
	AP	0,344	< 0,001	0,937
	ML	0,386	< 0,001	0,533
FREQD	R	0,395	0,102	0,534
	AP	0,218	0,181	0,242
	ML	0,706	0,159	0,979
<i>Hurst rescaled range analysis – HRRA (Delignieres et al. 2003)</i>				
HRRA	AP	0,734	0,646	0,039
	ML	0,524	0,333	<u>0,092</u>
<i>Recurrence quantification analysis – RQA, avec les fonctions Matlab de Marwan et al. (2007)</i>				
%RECUR	R	0,841	< 0,001	0,742
% DET	R	0,578	0,037	0,422
DIAG	R	0,832	0,830	0,716
ENTROP	R	0,857	0,332	0,626

* Direction du mouvement pour lequel la variable est calculée : R = radial; AP = antéro-postérieur; ML = médio-latéral.

Les valeurs $P \leq 0,05$ sont en caractères gras alors que les valeurs situées entre 0,05 et 0,10 sont soulignées.

Tableau D-4 : Rigidité lombaire. Résultats statistiques (valeurs *P*) portant sur les comparaisons entre les sujets sains et les sujets lombalgiques (facteur STATUT) et dans le temps (facteur TEMPS).

Variables (unité)	Résultat des ANOVA (valeur <i>P</i>)		
	STATUT (S)	TEMPS (T)	S × T
%VAF $F_{\text{INT-TOTAL}}$	0,581	0,280	0,195
%VAF $F_{\text{INT-BAS}}$	0,875	0,127	0,491
%VAF $F_{\text{INT-MOY}}$	0,553	0,678	0,708
%VAF $F_{\text{INT-HAUT}}$	0,289	0,452	0,783
%VAF $F_{\text{REF-TOTAL}}$	<u>0,079</u>	0,388	0,560
%VAF $F_{\text{REF-BAS}}$	0,944	0,533	0,411
%VAF $F_{\text{REF-MOY}}$	0,915	0,745	0,785
%VAF $F_{\text{REF-HAUT}}$	<u>0,074</u>	0,933	0,978
K (N/m)	0,886	0,235	0,386
B (N·s/m)	0,213	0,859	0,601
I (N·s ² /m)	<u>0,057</u>	0,470	0,498
Gain (N·s ² /m)	0,151	0,941	0,851

Les valeurs $P \leq 0,05$ sont en caractères gras alors que les valeurs situées entre 0,05 et 0,10 sont soulignées.

Tableau D-5 : Ajustements posturaux anticipatoires. Résultats statistiques (valeurs *P*) portant sur les comparaisons entre les sujets sains et les sujets lombalgiques (facteur STATUT) et dans le temps (facteur TEMPS).

Variables (unité)	Dir.*	Résultat des ANOVAs (valeur P)		
		STATUT (S)	TEMPS (T)	S × T
Mesure cinématique du bras				
AccAngMax	R	0,035	0,048	0,388
Mesures EMG (latences)				
L5 - gauche	/	<u>0,061</u>	0,923	0,975
L5 - droit	/	0,664	0,661	0,297
L3 - gauche	/	0,455	0,644	0,997
L3 - droit	/	0,746	0,003	0,428
L1 - gauche	/	0,823	0,721	0,986
L1 - droit	/	0,332	0,756	0,305
OE - gauche	/	0,844	0,007	0,350
OE - droit	/	0,822	0,009	0,798
OI/TrA - gauche	/	0,798	0,132	0,899
OI/TrA - droit		0,217	0,696	0,416
Mesures cinématiques lombaires				
Latence	R	0,524	0,040	0,025
ROM (°)	FE	0,102	0,785	0,446
ROM (°)	FL	0,366	0,874	0,042
ROM (°)	RA	0,505	0,733	<u>0,064</u>
VitAng (rad/s)	FE	0,493	0,046	0,266
VitAng (rad/s)	FL	0,422	0,191	0,033
VitAng (rad/s)	RA	0,235	0,351	0,016
AccAng (rad/s ²)	FE	0,289	0,240	0,043
AccAng (rad/s ²)	FL	0,774	<u>0,091</u>	0,007
AccAng (rad/s ²)	RA	0,848	0,927	<u>0,052</u>

* Direction du mouvement pour lequel la variable est calculée : FE = flexion/extension; FL = flexion latérale; RA = rotation axiale; R : résultante. Les valeurs $P \leq 0,05$ sont en caractère gras alors que les valeurs situées entre 0,05 et 0,10 sont soulignées.

Tableau D-6 : Coordination du tronc lors de la flexion. Résultats statistiques (valeurs *P*) portant sur les comparaisons entre les sujets sains et les sujets lombalgiques (facteur STATUT) et dans le temps (facteur TEMPS).

Variables (unité)	Résultat des ANOVA (valeur <i>P</i>)		
	STATUT (S)	TEMPS (T)	S × T
Mesures EMG			
RFR-L5	0,002	0,348	0,135
RFR-L3	0,003	0,171	0,660
RFR-L1	0,004	0,674	0,461
Mesures cinématiques lombaires			
ROM bassin (°)	0,622	<u>0,090</u>	0,680
ROM lombaire (°)	< 0,001	0,380	0,510
ROM thoracique (°)	0,274	0,654	0,922
ROM tronc (°)	0,005	0,757	0,737
ContRelBas (%)	0,100	0,350	0,634
ContRelLom (%)	0,011	0,207	0,424
ContRelThor (%)	0,307	0,767	0,788

Les valeurs $P \leq 0,05$ sont en caractères gras alors que les valeurs situées entre 0,05 et 0,10 sont soulignées.

ANNEXE E – RÉSULTATS (OBJECTIF 3 : FIDÉLITÉ DES MESURES NRM)

Tableau E-1.1 : Résultats de l'étude de fidélité (étude D) des mesures ultrasonographiques abdominales.

Variables	Côté	Moyenne	Stratégie : 1 mesure/jour		Stratégie : 2 mesures/jour		Stratégie : 3 mesures/jour		N †
(unité)		(ET)	ϕ	SEM	ϕ	SEM	ϕ	SEM	$\phi > 0.75$
OE-R (mm)	D	5,7 (1,5)	0,82	0,7	0,85	0,6	0,85	0,6	1
OE-R (mm)	G	5,1 (1,8)	0,82	0,8	0,84	0,7	0,85	0,7	1
OE-%C (%)	D	29,6 (26,8)	0,73	14,0	0,80	11,3	0,83	10,3	2
OE-%C (%)	G	39,4 (27,1)	0,48	19,8	0,54	17,7	0,56	17,0	∞
OI-R (mm)	D	9,2 (2,6)	0,86	1,0	0,89	0,8	0,90	0,8	1
OI-R (mm)	G	9,3 (2,1)	0,92	0,8	0,94	0,7	0,94	0,7	1
OI-%C (%)	D	15,5 (12,3)	0,31	10,3	0,44	7,8	0,51	6,8	216
OI-%C (%)	G	17,4 (13,1)	0,37	11,2	0,43	10,0	0,45	9,6	∞
TrA-R (mm)	D	3,3 (1,04)	0,70	0,6	0,77	0,5	0,79	0,5	2
TrA-R (mm)	G	3,1 (1,03)	0,72	0,6	0,79	0,5	0,82	0,4	2
GrA-%C (%)	D	15,2 (24,2)	0,41	19,6	0,58	13,9	0,68	11,3	5
GrA-%C (%)	G	17,7 (20,3)	0,00	21,3	0,00	17,7	0,00	16,3	∞

ET : écart-type; ϕ : coefficient de dépendabilité ($\phi > 0,75$ en caractères gras); ESM : erreur standard de mesure.

† Nombre d'essais pour atteindre un $\phi \geq 0,75$, ∞ indiquant lorsqu'il est impossible d'atteindre cette valeur.

Tableau E-1.2 : Résultats de l'étude de fidélité (étude D) des mesures ultrasonographiques dorsales.

Variables	Côté	Moyenne	Stratégie : 1 mesure/jour		Stratégie : 2 mesures/jour		Stratégie : 3 mesures/jour		N †
(unité)		(ET)	ϕ	SEM	ϕ	SEM	ϕ	SEM	$\phi > 0.75$
LuM-L5-R (mm)	D	30,0 (4,0)	0,65	2,4	0,67	2,3	0,68	2,2	∞
LuM-L5-R (mm)	G	29,9 (3,9)	0,64	2,4	0,68	2,2	0,69	2,1	∞
LuM-L5-%C (%)	D	15,7 (8,8)	0,26	7,6	0,31	6,8	0,33	6,5	∞
LuM-L5-%C (%)	G	15,4 (8,5)	0,30	7,3	0,34	6,7	0,35	6,4	∞
LuM-L4-R (mm)	D	28,6 (5,3)	0,75	2,6	0,78	2,4	0,79	2,4	1
LuM-L4-R (mm)	G	28,3 (5,0)	0,83	2,1	0,86	1,9	0,87	1,8	1
LuM-L4-%C (%)	D	25,6 (10,9)	0,29	9,3	0,34	8,2	0,36	7,8	∞
LuM-L4-%C (%)	G	24,8 (11,1)	0,30	9,6	0,34	8,9	0,35	8,6	∞
LuM-L3-R (mm)	D	26,8 (5,8)	0,83	2,4	0,86	2,1	0,87	2,0	1
LuM-L3-R (mm)	G	26,6 (5,7)	0,86	2,1	0,88	2,0	0,88	1,9	1
LuM-L3-%C (%)	D	31,2 (11,9)	0,22	10,8	0,28	9,2	0,31	8,6	∞
LuM-L3-%C (%)	G	27,7 (11,6)	0,24	10,4	0,27	9,5	0,29	9,1	∞

ET : écart-type; ϕ : coefficient de dépendabilité ($\phi > 0,75$ en caractères gras); ESM : erreur standard de mesure.† Nombre d'essais pour atteindre un $\phi \geq 0,75$, ∞ indiquant lorsqu'il est impossible d'atteindre cette valeur.**Tableau E-2 : Résultats de l'étude de fidélité (étude D) des mesures de proprioception lombaire.**

Variables		Moyenne	Stratégie : 1 mesure/jour		Stratégie : 2 mesures/jour		Stratégie : 3 mesures/jour		N †
(unité)		(ET)	ϕ	SEM	ϕ	SEM	ϕ	SEM	$\phi > 0.75$
EAb (°)		2,7 (2,2)	0,42	1,7	0,56	1,3	0,58	1,2	∞
EA95 (°)		2,6 (2,2)	0,43	1,7	0,57	1,3	0,59	1,2	∞

ET : écart-type; ϕ : coefficient de dépendabilité ($\phi > 0,75$ en caractères gras); ESM : erreur standard de mesure.† Nombre d'essais pour atteindre un $\phi \geq 0,75$, ∞ indiquant lorsqu'il est impossible d'atteindre cette valeur.

Tableau E-3 : Résultats de l'étude de fidélité (étude D) des mesures du contrôle postural en position assise sur chaise instable

Variables (unité)	Dir.*	Moyenne (ET)	Stratégie : 1 mesure/jour		Stratégie : 2 mesures/jour		Stratégie : 3 mesures/jour		N †
			ϕ	ESM	ϕ	ESM	ϕ	ESM	ϕ>0,75
Variables conventionnelles (Prieto <i>et al.</i> 1996)									
RMSdist	R	5,80 (2,56)	0,81	1,14	0,83	1,05	0,84	1,02	1
(°)	AP	3,96 (1,67)	0,76	0,82	0,80	0,74	0,81	0,71	1
	ML	4,19 (2,04)	0,77	0,98	0,80	0,91	0,81	0,88	1
MVELO	R	8,83 (3,81)	0,69	2,15	0,71	2,03	0,72	1,99	∞
(°/s)	AP	5,50 (2,33)	0,69	1,31	0,72	1,21	0,73	1,18	6
	ML	5,75 (2,61)	0,68	1,49	0,71	1,40	0,72	1,37	∞
MFREQ	R	0,30 (0,10)	0,79	0,05	0,82	0,04	0,82	0,04	1
(Hz)	AP	0,34 (0,11)	0,75	0,06	0,79	0,05	0,80	0,05	1
	ML	0,34 (0,12)	0,77	0,06	0,80	0,05	0,81	0,05	1
FD ††	PD	1,55 (0,09)	0,69	0,05	0,77	0,04	0,80	0,04	2
	CC	1,63 (0,09)	0,78	0,04	0,82	0,04	0,83	0,04	1
	CE	1,62 (0,10)	0,81	0,04	0,84	0,04	0,85	0,04	1
MedFREQ	R	0,38 (0,09)	0,57	0,06	0,67	0,05	0,72	0,04	5
(Hz)	AP	0,29 (0,07)	0,44	0,05	0,53	0,04	0,57	0,04	∞
	ML	0,26 (0,06)	0,60	0,04	0,68	0,03	0,71	0,03	7
FREQD	R	0,59 (0,04)	0,40	0,03	0,54	0,02	0,60	0,02	15
	AP	0,54 (0,05)	0,51	0,03	0,61	0,03	0,65	0,02	22
	ML	0,57 (0,04)	0,70	0,03	0,80	0,02	0,85	0,02	2
Hurst rescaled range analysis – HRRA (Delignieres <i>et al.</i> 2003)									
HRRA	AP	0,88 (0,05)	0,57	0,03	0,65	0,03	0,69	0,03	10
	ML	0,89 (0,05)	0,50	0,03	0,60	0,03	0,64	0,03	62
Recurrence quantification analysis – RQA, avec les fonctions Matlab produites par Marwan <i>et al.</i> (2007)									
%RECUR	R	0,0014 (0,0009)	0,62	0,0006	0,73	0,0004	0,78	0,0004	3
% DET	R	0,97 (0,02)	0,73	0,01	0,78	0,01	0,80	0,01	2
DIAG	R	8,69 (3,94)	0,78	1,86	0,84	1,53	0,86	1,40	1
ENTROP	R	2,81 (0,50)	0,82	0,22	0,85	0,19	0,86	0,18	1

ET : écart-type; ϕ : coefficient de dépendabilité ($\phi > 0,75$ en caractères gras); ESM : erreur standard de mesure.

* Direction du mouvement pour lequel la variable est calculée : R = radial; AP = antéro-postérieur; ML = médio-latéral;

† Nombre d'essais nécessaires pour atteindre un $\phi \geq 0,75$, ∞ indiquant lorsqu'il est impossible d'atteindre cette valeur.

Tableau E-4 : Résultats de l'étude de fidélité (étude D) des mesures du test de rigidité lombaire

Variables (unité)	Moyenne (ET)	Stratégie : 1 mesure/jour		Stratégie : 2 mesures/jour		Stratégie : 4 mesures/jour		N † $\phi > 0,75$
		ϕ	ESM	ϕ	ESM	ϕ	ESM	
%VAF $F_{\text{INT-TOTAL}}$	92,7 (6,5)	0,56	4,4	0,66	3,5	0,73	3,0	6
%VAF $F_{\text{INT-BAS}}$	92,5 (4,3)	0,46	3,2	0,51	2,9	0,54	2,7	∞
%VAF $F_{\text{INT-MOY}}$	95,2 (3,8)	0,75	1,9	0,77	1,8	0,78	1,7	1
%VAF $F_{\text{INT-HAUT}}$	97,9 (1,4)	0,40	1,1	0,45	1,0	0,47	1,0	∞
%VAF $F_{\text{REF-TOTAL}}$	2,4 (2,1)	0,71	1,1	0,73	1,1	0,74	1,0	10
%VAF $F_{\text{REF-BAS}}$	12,6 (21,0)	0,68	11,9	0,71	11,2	0,72	10,7	∞
%VAF $F_{\text{REF-MOY}}$	6,4 (5,2)	0,65	3,1	0,69	2,8	0,72	2,6	∞
%VAF $F_{\text{REF-HAUT}}$	-1,6 (3,4)	0,43	2,6	0,44	2,5	0,44	2,5	∞
K (N/m)	2990 (1359)	0,49	981	0,51	938	0,52	916	∞
B (N·s/m)	172,6 (120,3)	0,80	54,0	0,82	50,3	0,83	48,4	1
I (N·s ² /m)	23,6 (8,5)	0,57	5,6	0,58	5,5	0,59	5,4	∞
Gain (N·s ² /m)	-5,9 (10,5)	0,69	5,9	0,73	5,3	0,75	5,1	4

K (N/m) : composante élastique de la rigidité intrinsèque (gain); B (N·s/m) : composante visqueuse de la rigidité intrinsèque. I (N·s²/m) : composante inertielle de la rigidité intrinsèque; Gain : gain du réflexe (N·s²/m).

ET : écart-type; ϕ : coefficient de dépendabilité ($\phi > 0,75$ en caractères gras); ESM : erreur standard de mesure.

† Nombre d'essais nécessaires pour atteindre un $\phi \geq 0,75$, ∞ indiquant lorsqu'il est impossible d'atteindre cette valeur.

Tableau E-5 : Résultats de l'étude de fidélité (étude D) des mesures des ajustements posturaux anticipatoires

Variables (unité)	Dir.*	Moyenne (ET)	Stratégie : 1 mesure/jour		Stratégie : 5 mesures/jour		Stratégie : 10 mesures/jour		N †
			φ	ESM	φ	ESM	φ	ESM	φ>0,75
Mesure cinématique du bras (accélération angulaire en rad/s et rad/s ²)									
AccAngMax	R	331 (110)	0,33	90	0,50	64	0,53	60	∞
Mesures EMG (latence en ms)									
L5 - gauche		-7 (29)	0,36	24	0,60	15	0,66	13	∞
L5 - droit		-6 (32)	0,34	26	0,66	14	0,75	11	10
L3 - gauche		-13 (29)	0,38	23	0,62	14	0,67	13	∞
L3 - droit		16 (49)	0,24	45	0,56	23	0,67	18	22
L1 - gauche		-18 (30)	0,36	24	0,58	15	0,63	14	∞
L1 - droit		10 (37)	0,31	32	0,59	18	0,66	15	87
OE - gauche		-9 (51)	0,06	50	0,14	32	0,16	29	∞
OE - droit		14 (54)	0,43	41	0,73	22	0,79	18	6
OI/TrA - gauche		-33 (34)	0,22	30	0,44	18	0,50	16	∞
OI/TrA - droit		38 (45)	0,22	42	0,49	23	0,58	19	∞
Mesures cinématiques lombaires (vitesses et accélérations angulaires en rad/s et rad/s ²)									
ROM (°)	FE	4,8 (2,0)	0,30	1,6	0,42	1,3	0,44	1,2	∞
ROM (°)	FL	5,0 (1,7)	0,39	1,3	0,51	1,0	0,53	1,0	∞
ROM (°)	RA	9,0 (4,9)	0,28	4,3	0,59	2,2	0,68	1,8	23
VitAng	FE	38 (20)	0,53	14	0,68	10	0,71	9	∞
VitAng	FL	46 (41)	0,42	16	0,51	13	0,53	13	∞
VitAng	RA	79 (48)	0,63	29	0,74	23	0,76	22	6
AccAng	FE	1083 (606)	0,61	383	0,76	267	0,78	248	4
AccAng	FL	1369 (690)	0,39	545	0,47	458	0,49	446	∞
AccAng	RA	2382 (1619)	0,71	886	0,82	641	0,84	603	2

ET : écart-type; ϕ : coefficient de dépendabilité ($\phi > 0,75$ en caractères gras); ESM : erreur standard de mesure.

* Direction du mouvement pour lequel la variable est calculée : FE = flexion/extension; FL = flexion latérale; RA = rotation axiale; R : résultante

† Nombre d'essais nécessaires pour atteindre un $\phi \geq 0,75$, ∞ indiquant lorsqu'il est impossible d'atteindre cette valeur.

Tableau E-6 : Résultats de l'étude de fidélité (étude D) des mesures de coordination du tronc lors de la flexion/extension maximale du tronc

Variables (unité)	Moyenne (ET)	Stratégie : 1 mesure/jour		Stratégie : 2 mesures/jour		Stratégie : 3 mesures/jour		N † ϕ>0,75
		ϕ	ESM	ϕ	ESM	ϕ	ESM	
Mesures EMG (ratio) – moyenne des muscles homologues								
RFR-L5	7,0 (4,3)	0,79	2,0	0,81	1,9	0,81	1,8	1
RFR-L3	9,0 (5,9)	0,57	3,9	0,58	3,8	0,59	3,8	∞
RFR-L1	8,8 (5,3)	0,55	3,6	0,56	3,5	0,57	3,5	∞
Mesures cinématiques lombaires								
ROM bassin (°)	63 (13)	0,82	6	0,83	5	0,84	5	1
ROM lombaire (°)	50 (9)	0,62	5	0,64	5	0,65	5	∞
ROM thoracique (°)	2 (8)	0,69	5	0,72	4	0,73	4	6
ROM tronc (°)	115 (14)	0,72	7	0,75	7	0,76	6	2
ContRelBas (%)	55 (10)	0,75	5	0,77	4	0,78	4	1
ContRelLom (%)	44 (8)	0,60	5	0,62	4	0,62	4	∞
ContRelThor (%)	1 (7)	0,70	4	0,73	4	0,74	4	4

ET : écart-type; ϕ : coefficient de dépendabilité ($\phi > 0,75$ en caractères gras); ESM : erreur standard de mesure.

* Ratio flexion/relaxation (RFR).

† Nombre d'essais nécessaires pour atteindre un $\phi \geq 0,75$, ∞ indiquant lorsqu'il est impossible d'atteindre cette valeur.