



UNIVERSITE DE LILLE
FACULTE DE MEDECINE HENRI WAREMBOURG

Année : 2018

THESE POUR LE DIPLOME D'ETAT
DE DOCTEUR EN MEDECINE

**Prise en charge rééducative intensive de la scoliose idiopathique
de l'adolescent et cure de distraction : Une étude rétrospective de
non infériorité**

Présentée et soutenue publiquement le 20 Juin 2018 à 18h
au Pôle Recherche de la Faculté
Par Quentin HANOT

JURY

Président :

Monsieur le Professeur André THEVENON

Assesseurs :

Monsieur le Professeur Richard ASSAKER

Monsieur le Docteur Vincent TIFFREAU

Madame le Docteur Morgane LE BERRE

Directeur de Thèse :

Monsieur le Docteur Jean-François CATANZARITI

Avertissement

**La faculté n'entend donner aucune approbation aux opinions émises dans les thèses :
celles-ci sont propres à leurs auteurs.**

Listes abréviations :

- **SIA** : Scoliose Idiopathique de l'Adolescent
- **V1** : version 1
- **V2** : version 2
- **IMC** : Indice de Masse Corporelle
- **FFT** : Transformée rapide de Fourier/ Fast Fourier Transform
- **HBPM** : Héparine de Bas Poids Moléculaire
- **PES** : Potentiels évoqués somesthésiques
- **APA** : Activité Physique Adaptée
- **SOSORT**: Society on Scoliosis Orthopaedic and Rehabilitation Treatment
- **SRS**: Scoliosis Research Society
- **EMG**: Electromyogramme
- **SEAS**: Scientific Exercise Approach to Scoliosis
- **PSSE**: Physiotherapy Scoliosis Specific Exercises
- **EDF**: Elongation, dérotation, flexion.
- **HAS**: Haute Autorité de Santé
- **SSE**: Scoliosis Specific Exercises
- **BSPTS**: Barcelona Scoliosis Physical Therapy School (l'école barcelonaise)
- **FITS** : functional individual therapy for scoliosis (thérapie fonctionnelle individuelle pour la scoliose).
- **SSR** : Soins de suite et de réadaptation
- **YO** : Yeux Ouverts
- **YF** : Yeux Fermés
- **XYO** : X moyen en condition YO
- **XYF** : X moyen en condition YF
- **XM** : X moyen en condition Mousse

- **YYO** : Y moyen en condition YO
- **YYF** : Y moyen en condition YF
- **YM** : Y moyen en condition Mousse
- **QR** : Quotient de Romberg
- **QP** : Quotient Plantaire
- **CP** : Centre des Pressions
- **CG** : centre de gravité/ centre de masse
- **RR** : Risque Relatif
- **IC** : Intervalle de Confiance
- **DD** : Dorsale Droite
- **DG** : Dorsale Gauche
- **LD** : Lombaire Droite
- **LG** : Lombaire Gauche
- **TLD** : Thoraco Lombaire Droite
- **TLG** : Thoraco Lombaire Gauche
- **CTD** : Cervico Thoracique Droite
- **CTG** : Cervico Thoracique Gauche
- **DEP** : Débit Expiratoire de Pointe
- **QLPSD** : Quality of Life Profile for Spine Deformities (questionnaire de qualité de vie).

I. INTRODUCTION :	3
A. DEFINITION :.....	3
1. <i>Diagnostic radiologique</i>	3
B. EPIDEMIOLOGIE	7
C. CLASSIFICATION DES SCOLIOSES	8
1. <i>En fonction de l'âge</i> :.....	8
2. <i>En fonction de la topographie</i> :.....	8
D. EVOLUTION NATURELLE DE LA SCOLIOSE :.....	9
1. <i>Pronostic global</i> :.....	9
2. <i>Evolution naturelle de la scoliose</i> :.....	10
E. ETIOLOGIE DE LA SCOLIOSE :.....	13
1. <i>Les scolioses secondaires</i> :.....	13
2. <i>Les scolioses idiopathiques</i> :.....	14
F. COMPLICATIONS DES SCOLIOSES :.....	15
1. <i>Mortalité</i> :.....	16
2. <i>Complications respiratoires</i> :.....	16
3. <i>Complications cardio-vasculaires</i> :.....	16
4. <i>Complications neurologiques</i> :.....	16
5. <i>Complications douloureuses</i> :.....	17
6. <i>Complications esthétiques</i> :.....	17
7. <i>Complications psychologiques</i> :.....	17
8. <i>Complications iatrogènes</i> :.....	17
G. POSSIBILITES DE TRAITEMENT :.....	18
1. <i>Indications de traitement</i> :.....	18
2. <i>Traitement chirurgical</i> :.....	19
3. <i>Traitement orthopédique</i> :.....	20
4. <i>Traitement conservateur rééducatif</i> :.....	22
H. LES CURES DE DISTRACTION :.....	46
1. <i>Indication des cures de distraction</i> :.....	46
2. <i>Intérêts à la réalisation des cures de distraction</i> :.....	47
I. LA METHODE LILLOISE :.....	49
1. <i>Modalités de réalisation de la Cure V1</i> :.....	50
2. <i>Modalités de réalisation de la Cure V2</i> :.....	56
J. L'ANALYSE POSTUROGRAPHIQUE :.....	61
1. <i>Généralité sur la posture</i> :.....	61
2. <i>Evaluation instrumentale de la posture</i> :.....	63
K. OBJECTIFS DE L'ETUDE :.....	71
II. PATIENTS ET METHODE :	73
A. POPULATION :.....	73
B. METHODE :.....	74
1. <i>Données de la population</i> :.....	74
2. <i>Evaluation radiologique lors de la cure</i> :.....	74
3. <i>Evaluation à long terme</i> :.....	75
4. <i>Evaluation posturographique</i> :.....	75
C. ANALYSE STATISTIQUE :.....	76
III. RESULTATS :	78
A. POPULATION :.....	78
1. <i>Caractéristiques de la population étudiée</i> :.....	81
B. EVALUATION DE L'EFFICACITE DES CURES V1 ET V2 SUR L'ANGLE DE COBB DE LA COURBURE PRINCIPALE, EN FIN DE CURE :.....	84
C. EVALUATION DE L'EFFICACITE DES CURES V1 ET V2 SUR L'ANGLE DE COBB DES COURBURES SECONDAIRES EN FIN DE CURE :.....	86
D. EVALUATION DE L'EFFICACITE A 6 MOIS	87
1. <i>Courbure principale</i> :.....	87

2.	<i>Courbure secondaire</i> :	88
E.	EVALUATION DE L'EFFICACITE A 12 MOIS	90
1.	<i>Courbure principale</i> :	90
2.	<i>Courbure secondaire</i> :	91
F.	SYNTHESE DE L'EVOLUTIVITE DES COURBURES :	93
1.	<i>A propos de la courbure principale</i> :	93
2.	<i>A propos de la courbure secondaire</i> :	95
G.	EFFET DE LA CURE V2 SUR LE PROFIL POSTUROGRAPHIQUE DES PATIENTS :	97
1.	<i>Evaluation de l'effet de la cure sur la position moyenne du sujet dans l'espace</i> : ..	97
2.	<i>Evaluation de l'effet de la cure sur les surfaces d'oscillation</i> :	98
3.	<i>Evaluation de l'effet de la cure sur le QR</i> :	100
4.	<i>Evaluation de l'effet de la cure sur le QP</i> :	101
5.	<i>Evaluation de l'analyse fréquentielle des oscillations par transformée rapide de Fourier (=FFT)</i> :	102
H.	ETUDE DES FACTEURS PREDICTIFS D'EFFICACITE DES CURES V2 :	103
1.	<i>Age de réalisation de la cure</i> :	103
2.	<i>Age de découverte de la scoliose</i> :	103
3.	<i>Stade de Risser</i> :	104
4.	<i>L'indice de Masse Corporelle</i> :	104
5.	<i>L'angle de Cobb</i> :	104
6.	<i>L'existence d'une courbure secondaire</i> :	105
7.	<i>La topographie de la scoliose</i> :	105
IV.	DISCUSSION :	107
A.	EFFICACITE IMMEDIATE DES CURES V1 ET V2 SUR L'ANGLE DE COBB :	107
B.	A PROPOS DES RESULTATS A MOYEN ET LONG TERME :	109
C.	COMPARAISON DES RESULTATS AVEC CEUX DE LA LITTERATURE :	113
D.	A PROPOS DES RESULTATS SUR L'EFFET DE LA CURE SUR LA COURBURE SECONDAIRE : ..	115
E.	A PROPOS DES DONNEES POSTUROGRAPHIQUES :	118
1.	<i>A propos de la position moyenne du sujet dans l'espace</i> :	118
2.	<i>A propos de l'étude des surfaces d'oscillation</i> :	118
3.	<i>A propos de l'étude du QR</i> :	119
4.	<i>A propos de l'étude du QP</i> :	119
5.	<i>Synthèse des conclusions sur le profil posturographique des sujets</i> :	119
F.	A PROPOS DES FACTEURS PREDICTIFS D'EFFICACITE DE LA CURE :	121
G.	LIMITES DE L'ETUDE :	123
1.	<i>Limites liées au caractère rétrospectif de l'étude</i> :	123
2.	<i>Limites liées à la population étudiée</i> :	124
3.	<i>Limites liées au choix des critères de jugement</i> :	125
4.	<i>Limites liées au protocole d'étude choisi</i> :	127
5.	<i>Perspectives</i> :	128
V.	CONCLUSION :	132

Résumé :

Contexte : La scoliose idiopathique de l'adolescent est une déformation tridimensionnelle du rachis. Sa prise en charge est divisée entre le traitement rééducatif, orthopédique et chirurgical. Des cures de distraction sont parfois réalisées, dont les protocoles restent variés avec une efficacité contestée. Au centre Marc Sautelet, ils sont composés d'une association entre traitement orthopédique et rééducatif. Deux cures sont réalisées : les V1 et – plus récentes et mieux tolérées- les V2. Les objectifs étaient d'en comparer l'efficacité à court et moyen terme, de rechercher les facteurs prédictifs d'efficacité et d'étudier l'évolution du profil posturographique.

Matériel et méthode : Deux types de cures de 4 semaines ont été comparées. La V1 (décubitus strict 24h/24, kinésithérapie en décubitus, tractions dynamiques et corset dérivé de Milwaukee) et V2 (pas de décubitus, kinésithérapie dérivée des méthodes Schroth, autocorrection 3D, corset Cheneau diurne et dérivé de Milwaukee la nuit). Des radiographies étaient réalisées avant et après cure ainsi qu'une posturographie. Le critère de jugement principal était l'amélioration de l'angle de Cobb $>5^\circ$.

Résultats : 119 patients ont été inclus rétrospectivement entre 2011 et 2017 (66 V2, 53 V1). Il n'y avait pas de différence significative entre les groupes en dehors de l'angle de Cobb pré cure. On notait une amélioration significative de l'angle de Cobb pour les 2 cures (V1 : $-9,26^\circ$; V2 : $-6,84^\circ$), sans différence significative (IC95%(0,08-0,47), $p=0,042$). A 6 mois, on notait dans le groupe V2 11,3% d'aggravation, 22,7% d'amélioration et 66% de stabilité contre respectivement dans le groupe V1 41,7%, 33,3% et 25%. A 12 mois, on notait dans le groupe V2 15,4% d'aggravation, 23,1% d'amélioration et 61,5% de stabilité contre 33,3%, 19% et 47,6% pour les V1. Il y avait une meilleure efficacité pour les courbures autre qu'une dorsale

droite (80% contre 41% d'amélioration, $p=0,004$). La cure avait tendance à améliorer le quotient de Romberg et à diminuer le quotient plantaire initialement proches de 1.

Conclusion : La cure V2 est non inférieure à la V1 et elle semble présenter une meilleure efficacité à long terme. Nous ne retrouvons pas de facteur prédictif d'efficacité en dehors de la topographie de la courbure. La cure pourrait favoriser l'utilisation des informations visuelles au profit des informations somesthésiques plantaires. La réalisation des cures V2 apparaît préférable au vu de sa tolérance et de son efficacité à long terme.

I. Introduction :

A. Définition :

Le terme scoliose est issu du grec « skolios », signifiant tortueux, et est actuellement définie comme une déformation tridimensionnelle du rachis. En effet, cette déformation est caractérisée par une inclinaison latérale du rachis dans le plan frontal, une rotation des corps vertébraux dans le plan transversal et un retentissement dans le plan sagittal, avec le plus souvent un effacement des courbures physiologiques (1).

Son caractère non complètement réductible la différencie de l'attitude scoliotique. La composante de rotation des corps vertébraux est à l'origine de la gibbosité par déformation des côtes ou des masses para vertébrales lombaires.

1. Diagnostic radiologique

Pour confirmer le diagnostic de scoliose, la réalisation d'une imagerie est nécessaire. Le gold standard est la réalisation d'une radiographie de rachis total, debout, bassin équilibré avec le rachis complet visible du conduit auditif externe jusqu'aux crêtes iliaques. Des clichés de face et de profil sont réalisés.

Actuellement, la réalisation de clichés sur un système EOS est recommandée étant donné que ce système permet de diminuer jusqu'à dix fois l'irradiation. Ce système d'analyse permet également des reconstructions 3D, même si elles restent à ce jour non validées (figure 1).

La réalisation de clichés segmentaires n'est pas recommandée et ne peut être suffisante, sauf en cas d'anomalies suspectées sur un cliché de rachis total (malformation vertébrale, spondylolisthésis, ...).

Un angle de Cobb supérieur à 10° associé à une rotation vertébrale est nécessaire pour retenir le diagnostic de scoliose (2).

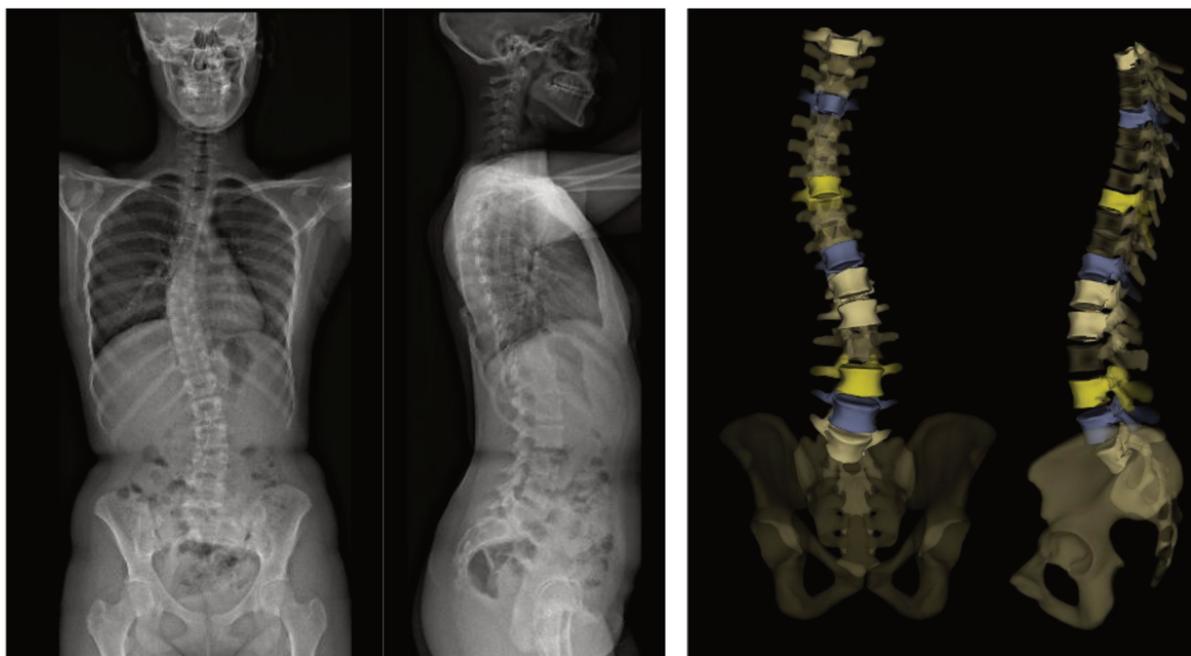


Figure 1 : Radiographie EOS et modélisation 3D

Sur le cliché de face, les paramètres suivants peuvent être précisés pour caractériser la scoliose (figure 2) :

- Le sens de la courbure (droit ou gauche et correspondant à celui de la convexité)
- La localisation de la courbure (cervicale, thoracique, lombaire, cervicothoracique, thoracolombaire)
- Le type de courbure (simple, double ou triple) ou l'existence de contre courbures
- L'angle de Cobb, correspondant à l'angle formé par l'intersection de deux droites : l'une passant par le plateau supérieur de la vertèbre limite supérieure et l'autre par le plateau inférieur de la vertèbre limite inférieure.

- Les vertèbres limites supérieures et inférieures correspondant aux vertèbres les plus inclinées de part et d'autre de la courbe.
- La vertèbre sommet correspondant à celle au sein de la courbe la plus éloignée de l'axe médian
- La rotation vertébrale, pouvant être estimée à partir de la méthode de Perdriolle.

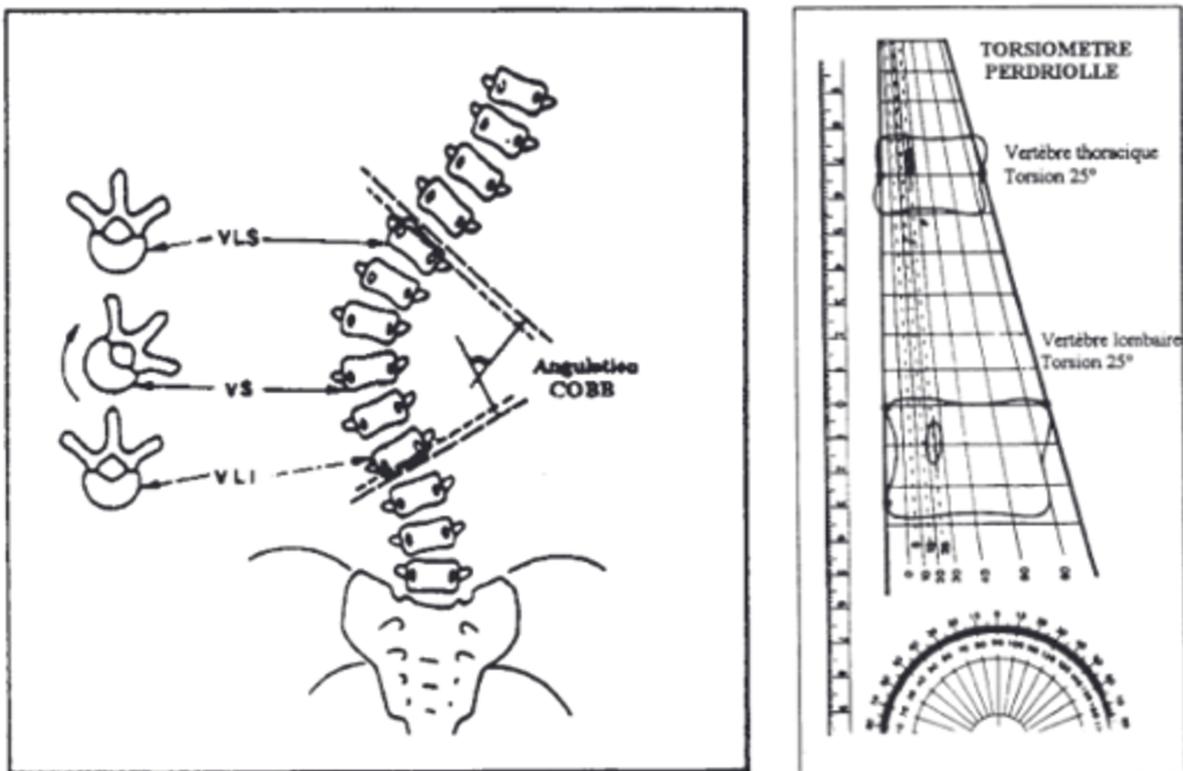


Figure 2 : Mesure de l'angle de Cobb, Vertèbres limites, vertèbre sommet et mesure de la rotation selon Perdriolle, tiré de De Mauroy (3)

- Le test de Risser, côté de 0 à 5 et correspondant au degré de maturation osseuse (figure 3).
- L'aspect des vertèbres à la recherche de corps vertébraux cunéiformes
- L'existence de malformations vertébrales (bloc vertébral).

- L'angle iliolumbaire, correspondant à l'angle entre la droite passant par le plateau inférieur de L4 et celle passant par les 2 crêtes iliaques.
- La gîte frontale, correspondant à la distance entre les verticales passant par le milieu du sacrum et par C7.
- L'existence d'anomalies associées : anomalies de la charnière lombosacrée (lombalisation de S1, sacralisation de L5), spondylolisthésis, ...

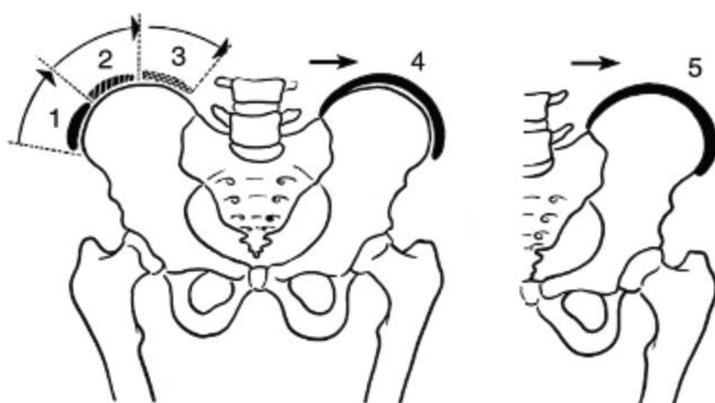


Figure 3 : Test de Risser, tiré de Khouri et al.(4)

- *Risser 0 : Absence d'ossification*
- *Risser 1 : Ossification du 1^{er} tier*
- *Risser 2 : Ossification des deux 1ers tiers*
- *Risser 3 : Ossification sur toute la longueur de la crête iliaque*
- *Risser 4 : Début d'ossification*

Sur le cliché de profil, on quantifiera :

- La lordose lombaire qui se mesure de la tangente au plateau supérieur de L1 à celle du plateau inférieur de L5 (45° en moyenne).
- La cyphose thoracique, qui se mesure entre le plateau supérieur de T4 et le plateau inférieur de T12 (37° en moyenne).
- La gîte sagittale, correspondant à l'angle formé par la verticale passant par le centre des têtes fémorales et le centre du corps vertébral de T9 (norme 9° en moyenne)

- L'incidence pelvienne, définie comme l'angle entre la perpendiculaire au plateau sacré et la droite reliant le centre des têtes fémorales au milieu du plateau sacré (moyenne 55°).
- La pente sacrée, correspondant à l'angle entre l'horizontale et le plateau sacré (norme 42°).
- La version pelvienne, qui se mesure entre la droite reliant le centre des têtes fémorales au milieu du plateau sacré et la verticale passant par le centre des têtes fémorales.
- De même que sur le cliché de face, on recherche la présence d'anomalies associées (malformations vertébrales, anomalies de la charnière lombosacrée, ...).

A noter que d'autres clichés peuvent également être réalisés, comme les clichés en décubitus dorsal, avec inclinaison droite ou gauche (= clichés en bending) afin d'étudier la réductibilité des courbures, notamment en pré opératoire. Dans le même but, des clichés du rachis en suspension 2/3 du poids du corps peuvent également être réalisés (3).

B. Epidémiologie :

Si l'HAS déclare que la fréquence de la scoliose idiopathique est de l'ordre de 0,5 à 2% chez les 8-15ans, plusieurs études récentes l'estiment plutôt aux alentours de 0,47 à 5,2% (5)(6). On note un sexe ratio important avec 8 fois plus de filles atteintes que de garçons. Seules 10% environ de ces scolioses nécessiteront une prise en charge spécifique. Selon les auteurs, les scolioses présentant un angle de Cobb supérieur à 20° ne représentent que 0,3 à 0,5% de la population. Celles présentant un angle de Cobb supérieur à 40° et à risque d'intervention chirurgicale représentent environ 0,1 à 0,3% de la population (7).

C. Classification des scolioses

1. En fonction de l'âge :

On peut distinguer 5 types de scolioses en fonction de l'âge du premier diagnostic (8):

- Les scolioses infantiles constatées avant 3 ans
- Les scolioses juvéniles 1 constatées entre 3 et 7 ans
- Les scolioses juvéniles 2 constatées entre 7 et 11 ans
- Les scolioses juvéniles 3 constatées entre 11 ans et l'apparition des premières règles ou des premiers caractères sexuels secondaires chez le garçon
- Les scolioses de l'adolescent, constatées après l'apparition des premières règles et des premiers caractères sexuels secondaires chez le garçon.

2. En fonction de la topographie :

On distingue également 5 types de scolioses en fonction de la localisation de la courbure (9):

- Les scolioses lombaires, comprises entre la 11^e ou 12^e vertèbre thoracique et la 3^e ou 4^e vertèbre lombaire.
- Les scolioses thoraciques, comprises entre la 4^e, 5^e ou 6^e vertèbre thoracique et la 11^e et 12^e vertèbre thoracique.
- Les scolioses thoraco-lombaires, comprises entre la 4^e, 5^e ou 6^e vertèbre thoracique et la 1^{ère}, 2^e ou 3^e vertèbre lombaire avec pour vertèbre sommet la 10^e thoracique.
- Les scolioses comportant 2 courbures majeures, habituellement une thoracique et une lombaire.
- Les scolioses cervico-thoraciques plus rares.

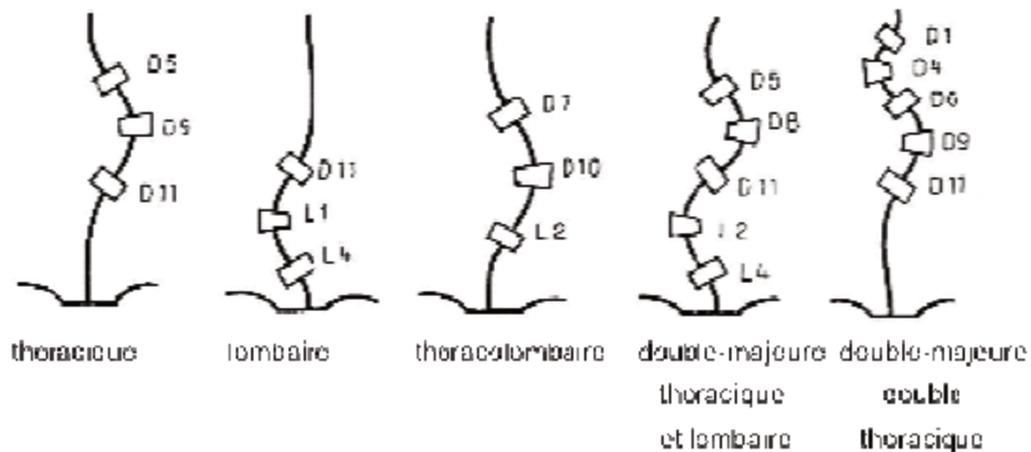


Figure 4 : classification de la scoliose en fonction de la topographie des courbures

D. Evolution naturelle de la scoliose :

Le potentiel évolutif de la scoliose a été étudié à travers de nombreuses séries de patients et a permis de mettre en évidence certains facteurs prédictifs d'évolutivité globaux ou individuels (8), (10).

1. Pronostic global :

a) Selon l'âge de découverte de la scoliose :

Particulièrement étudié par Cotrel à travers une série de 482 cas. Il s'avère que plus la scoliose est découverte tôt, plus l'angulation risque d'être élevée en fin de croissance (8).

Le tableau ci-dessous, construit à partir de cette série de 482 cas, représente le risque en pourcentage d'évoluer vers des angles très élevés en fonction de l'âge de découverte de la scoliose (tableau 1).

Angulation en fin de croissance	< 50°	50-100°	>100°
Scoliose juvénile 1	17%	51%	32%
Scoliose juvénile 2	34%	53%	13%
Scoliose juvénile 3	45%	51%	4%
Scoliose de l'adolescent	96%	4%	/

Tableau 1 : Répartition des angles en fin de croissance en fonction de l'âge de découverte de la scoliose

b) Selon la topographie de la scoliose :

Ponsetti et Friedman ont étudié l'évolution de la scoliose en fonction de la topographie de la scoliose (11). Il s'avère que les scoliose thoraciques sont les plus à risque, suivies par les scoliose combinées thoraciques et lombaires, puis par les scoliose lombaires.

c) Selon l'angle de Cobb initial :

L'angle de Cobb au moment du diagnostic de scoliose a son importance dans le potentiel évolutif de celle-ci. Plus l'angulation initiale est élevée, plus l'angle de Cobb en fin de croissance sera grand (12).

2. Evolution naturelle de la scoliose :

Le potentiel évolutif des scoliose poliomyélitiques a été étudié par Duval-Beaupère, avant d'être élargi aux scoliose idiopathiques. On peut l'illustrer à partir du diagramme de Duval-Beaupère (figure 5).

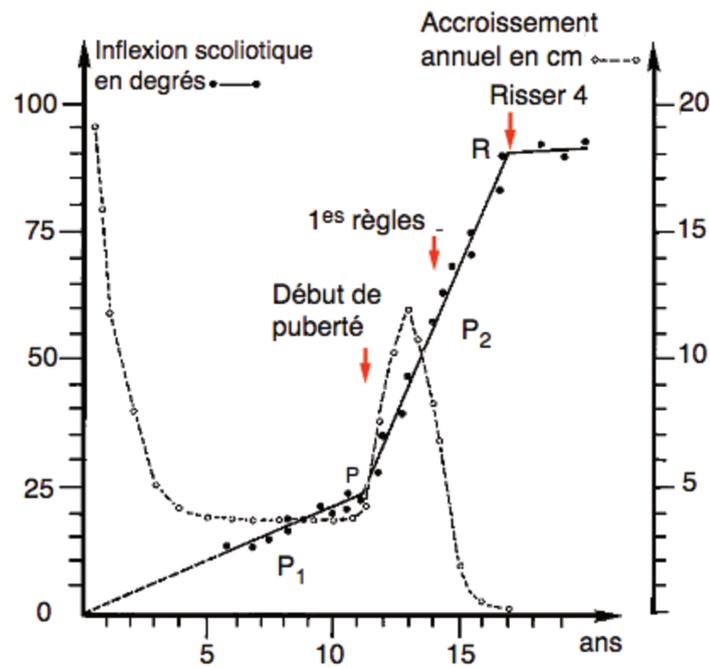


Figure 5 : Diagramme de Duval-Beaupère, tiré de Guillaumat et al. (10)

Cette évolution est marquée par 3 phases :

- L'évolution est initialement faible, de la naissance jusqu'au début de la puberté et correspond au stade prépubertaire. Elle peut être illustrée par la pente P1.
- A partir de la puberté, l'évolution est beaucoup plus rapide, comme en témoigne la pente P2. Cette phase s'étend du début de la puberté avec l'apparition de la pilosité pubienne (point P) jusqu'au début de soudure des noyaux d'ossification iliaques (Risser 4).
- A partir de Risser 4, l'évolution est à nouveau beaucoup plus lente et proche de celle que l'on trouve à l'âge adulte. La pente P3 tend vers l'horizontale.

Après cette dernière phase, l'évolution persiste cependant et est en moyenne de 0,5 à 1° /an (8).

La prédiction de l'évolutivité d'une scoliose reste une question centrale dans la prise en charge. Si elle n'est pas encore résolue, de nombreux facteurs prédictifs d'évolutivité ont été mis en évidence.

Dans une étude de Lonstein, 727 patients porteurs d'une scoliose ont été suivis jusqu'à maturation osseuse (13). Au terme de l'étude, il rapporte 23.2% d'incidence de progression des courbures, 10.7% d'amélioration et 66.1% de stabilité. Grâce à cette cohorte de patients, il a pu identifier plusieurs facteurs de progression : le Risser, l'angle de Cobb et l'âge chronologique. Une formule a été construite à partir de ce modèle, permettant de calculer un facteur de progression à mettre en relation à l'incidence constatée dans sa cohorte :

$$\text{Facteur de progression} = (\text{Angle de Cobb} - (3 \times \text{Risser})) / \text{Age chronologique}.$$

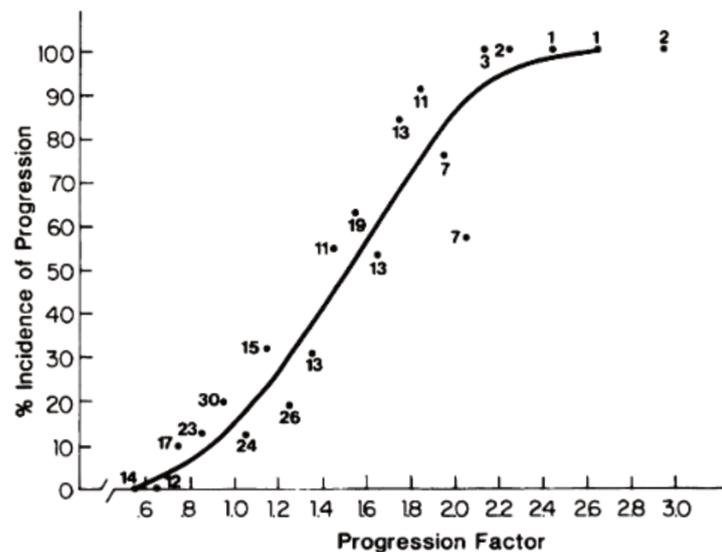


Figure 6 : incidence de progression en fonction du facteur de progression, selon Lonstein (13)

La figure 6 ci-dessus représente donc l'incidence de progression des courbures en fonction du facteur de progression calculé par Lonstein.

Dans les recommandations de la SOSORT de 2006, ce système de mesure peut être utilisé comme aide pour retenir les indications du traitement conservateur (14).

La construction d'un tel système s'avère cependant difficile et non extrapolable à toutes les scolioses. En effet, Lonstein – pour le calcul de sa formule - n'a sélectionné que des courbures

comprises entre 20 et 29° d'angle de Cobb. Il ne prend pas non plus en compte la localisation de la courbure, le statut ménarchal ou le sexe.

D'autres facteurs de progression sont reconnus par la SOSORT, dans les recommandations de 2011 (1) : les antécédents familiaux de scoliose, la perte de la cyphose thoracique, la présence d'une courbure évoluant sur une courte hauteur, la poussée de croissance en cours et la douleur.

E. Etiologie de la scoliose :

Si la scoliose idiopathique représente la forme la plus fréquente de troubles statiques rachidiens, il existe de nombreuses autres causes formant l'ensemble des scoliose secondaires. Ces scoliose secondaires représentent 20% des cas. Dans 80% des cas, la scoliose est déclarée idiopathique (1). Plusieurs classifications sont possibles, en fonction de l'âge d'acquisition (9) ou de l'origine neurologique, musculaire ou osseuse (15)(16).

1. Les scoliose secondaires :

a) Les scoliose découvertes à la naissance :

Elles sont représentées par l'ensemble des malformations congénitales du rachis, par défaut de fermeture du tube neural, par trouble de formation ou de segmentation vertébrale (17).

- Défaut de fermeture du tube neural : Spina bifida, myeloméningocèle, méningocèle.
- Trouble de la formation : Hémivertèbre, vertèbre cunéiforme.
- Trouble de la segmentation : blocs complets ou incomplets.

b) Les scolioses apparues lors de la croissance :

On peut distinguer les scolioses secondaires en fonction de l'origine neurologique, musculaire ou du tissu conjonctif :

- Origine musculaire : Myopathies, amyotrophies congénitales.
- Origine neurologique : Ataxies héréditaires (maladie de Friedreich).
- Origine tissulaire : Maladie de Marfan, maladie d'Ehlers-Danlos, maladie de Recklinghausen, chondrodystrophies, maladie de Lobstein.

c) Les affections acquises :

De même que précédemment, on distingue :

- Origine osseuse : maladie de Scheuermann, traumatisme vertébral, costectomies, laminectomies, radiations ionisantes.
- Origine neurologique : paralysie cérébrale, atteinte médullaire (tumeur, syringomyélie), atteinte périphérique (poliomyélite).
- Origine rhumatologique : Maladie de Still, arthrite rhumatoïde.

2. Les scolioses idiopathiques :

L'étiopathogénie des scolioses idiopathiques reste mal connue à ce jour. De nombreuses hypothèses restent encore envisagées, aucun modèle ne faisant l'unanimité. Les pistes de recherche actuelles explorent les domaines génétiques, neurosensoriels, hormonaux, tissulaires, biomécaniques, ...

Ces différentes hypothèses ont été particulièrement étudiées par De Sèze et son équipe, qui distinguent finalement quatre catégories pathogéniques (18) : la dysrégulation asymétrique de la croissance osseuse, la susceptibilité osseuse à la déformation, les anomalies du tissu de maintien passif et les perturbations du système de maintien actif :

- ⇒ La dysrégulation asymétrique de la croissance osseuse : influant la croissance osseuse par une asymétrie d'activité des cartilages neurocentraux, ce mécanisme serait à l'origine d'une hypertrophie unilatérale des vertèbres. Une dysrégulation du système nerveux autonome à l'origine d'une hypertrophie hémicorporelle serait également évoquée.

- ⇒ La susceptibilité osseuse à la déformation : elle tirerait son origine des phénomènes hormonaux et hématologiques impliqués dans les mécanismes osseux. Une résistance osseuse diminuée et soumise à des contraintes asymétriques serait à l'origine de la scoliose.

- ⇒ Les anomalies du système de maintien passif : elle comprend les anomalies du collagène, du tissu élastique, des disques intervertébraux pouvant avoir un rôle de soutien du squelette.

- ⇒ Les perturbations du système de maintien actif, notamment du tonus musculaire. On y retrouve les anomalies biochimiques comme pour la calmoduline ou les troubles du contrôle postural.

F. Complications des scolioses :

Les complications des scolioses sont directement liées à l'importance de la déformation rachidienne. Plusieurs cohortes de patients non opérés et suivis sur le long terme ont permis de mettre en évidence les complications les plus fréquentes (19) (20).

1. Mortalité :

Les données diffèrent à ce sujet en fonction des cohortes réalisées. Dans deux études norvégiennes, réalisées sur plus de 30 ans, la mortalité apparaît significativement plus élevée pour les patients scoliotiques que dans la population générale (21)(22), principalement pour les scoliose juvéniles et infantiles mais pas pour les scoliose de l'adolescent. Les causes cardiovasculaires et respiratoires sont les plus fréquemment évoquées.

Dans une autre étude, Weinstein établit une cohorte de 117 patients non traités et suivis sur 50ans. A partir de ces données, il ne retrouve pas de surmortalité liée à la scoliose par rapport à la population générale (20).

2. Complications respiratoires :

Elles sont à redouter principalement dans les scoliose à courbures thoraciques. Dans les courbures importantes ($> 80^\circ$), le risque d'insuffisance respiratoire restrictive est important par diminution de la capacité vitale. La présence d'une rotation vertébrale importante est également associée au risque d'insuffisance respiratoire restrictive (20).

3. Complications cardio-vasculaires :

La scoliose non traitée évoluée est associée à un risque plus important d'hypertension. Par ailleurs, pour les grandes courbures thoraciques, le risque d'insuffisance cardiaque droite est également présent par modification de l'architecture du médiastin.

4. Complications neurologiques :

Si elles peuvent survenir dans le cas de courbures de très grandes amplitudes, elles restent néanmoins exceptionnelles.

5. Complications douloureuses :

La scoliose est habituellement indolore chez l'enfant ou l'adolescent et toute manifestation douloureuse doit faire rechercher une origine non idiopathique.

Cependant, de nombreuses cohortes de patients montrent qu'au long cours les lombalgies sont deux à trois fois plus fréquentes chez les sujets adultes scoliotiques par rapport aux sujets sains (23) (20). Ces douleurs restent cependant légères à modérées dans plus de 70% des cas.

6. Complications esthétiques :

Le retentissement esthétique peut être non négligeable en cas de déformation importante.

Dans la cohorte de Weinstein, les sujets scoliotiques présentent des scores inférieurs aux sujets sains sur les échelles de satisfaction liée à l'image corporelle.

A noter que le résultat de ces scores ne sont paradoxalement pas corrélés avec l'angle de Cobb ou le degré de rotation pour les patients étudiés (20).

7. Complications psychologiques :

Le retentissement psychologique peut être important, comme dans toutes les pathologies chroniques. Une revue de la littérature récente a montré que les sujets scoliotiques présentent une proportion plus importante de perturbations psychologiques (autocritique, image de soi dégradée) et de troubles mentaux (anxiété, dépression, troubles de la personnalité) (24).

8. Complications iatrogènes :

Dans le cas de scolioses évolutives de forte angulation, il est parfois nécessaire de mettre en place un traitement orthopédique. Le port d'un corset n'est malheureusement pas sans

conséquences. Certaines études ont montré que le port prolongé du corset pendant la croissance était à l'origine d'une diminution de la capacité pulmonaire totale.

Le retentissement psychologique du port du corset n'est pas négligeable non plus. D'après une étude de Pham et al, le port du corset est corrélé à une altération de la qualité de vie et de l'image de soi (25). Ces complications s'ajoutent aux conséquences psychologiques de la scoliose évoquées ci-dessus.

En ce qui concerne le traitement chirurgical, le risque de complications neurologiques, mécaniques (pseudarthrose) ou infectieuses doit être pris en compte.

G. Possibilités de traitement :

1. Indications de traitement :

Les possibilités thérapeutiques sont partagées entre le traitement rééducatif, le traitement orthopédique et le traitement chirurgical, parfois utilisés en association. Selon les recommandations de la SOSORT établies en 2006 (14) et réactualisées en 2011 (1), les indications peuvent être résumées ainsi :

- Observation et surveillance seule : pour les enfants présentant une courbure avec un angle de Cobb $< 15^\circ$, sans signe de maturité ou pour les adolescents avec une courbure $< 20^\circ$ et un Risser supérieur ou égal à 4.
- Traitement conservateur rééducatif, notamment par la réalisation d'exercices spécifiques à la scoliose : patient présentant une courbure avec un angle de Cobb compris entre 15 et 25° , durant la croissance (Risser 3 ou moins) et pour les patients présentant une scoliose avec un angle plus important ($11-45^\circ$) mais après maturation

squelettique (Risser 4 ou 5). Ces exercices peuvent être réalisés en association au traitement orthopédique.

- Traitement orthopédique par corset : Courbures > 20-25° associé à un potentiel évolutif. Selon l'HAS, les critères d'évolutivité sont l'aggravation de 5° sur deux radios consécutives, pour une scoliose d'au moins 15° ou la présence d'une scoliose dont l'angle de Cobb dépasse 30° quel que soit l'âge (2).
- Traitement chirurgical, généralement par la réalisation d'une arthrodeèse : courbure > 45° associé à un potentiel évolutif. Eventuellement plus précocement en cas de retentissement respiratoire ou de déséquilibre important dans les plans sagittaux ou frontaux (26).

Même si en pratique, le choix du protocole de traitement dépend des habitudes locales et est adapté spécifiquement à chaque patient, on retrouve globalement les mêmes indications dans la littérature (27)(28)(29).

2. Traitement chirurgical :

Le but du traitement chirurgical est d'obtenir un équilibre du tronc satisfaisant au-dessus du bassin, associé à une dérotation des vertèbres.

Il est cependant préférable d'attendre que la croissance rachidienne soit le plus évoluée possible afin de ne pas perdre en potentiel de croissance. La correction de la déformation est effectuée dans les mesures du possible, mais n'est pas forcément complète.

Si les techniques chirurgicales utilisées initialement nécessitaient une immobilisation prolongée post opératoire, le progrès des techniques actuelles permet désormais de s'affranchir de cette contrainte. La technique la plus utilisée aujourd'hui est dérivée de l'instrumentation de Cotrel et Dubousset. Cette technique, introduite dans les années 1980,

permet une fixation segmentaire répartie tout le long du rachis et une restauration des courbures physiologiques du rachis (30).

Le but à moyen et long terme est de stabiliser le rachis afin de diminuer les risques associés à la progression de la courbure (cardiaques, pulmonaires, ...). La recherche de l'indolence et d'un résultat esthétique satisfaisant fait également partie des objectifs.

3. Traitement orthopédique :

Le traitement orthopédique a pour but de limiter le risque évolutif des courbures scoliotiques jusqu'à la fin de la période de croissance.

Dans l'histoire du traitement de la scoliose, le port du corset a parfois été décrié ou laissé de côté au profit des traitements chirurgicaux, notamment durant les années 1980. Les contraintes physiques et psychologiques liées à cet appareillage expliquent en grande partie ce rejet.

Depuis les années 1990, de nombreuses études soulignent l'efficacité du corset dans la prise en charge de la scoliose (31)(32)(33).

Cependant, la vision du traitement orthopédique a surtout évolué depuis l'étude menée par Weinstein en 2013 (34) et qui démontre son efficacité : dans cet essai multicentrique et randomisé, 242 patients étaient répartis en un groupe « observation » et en un groupe « traitement par corset » (18h de port /jour). L'essai a été interrompu précocement compte tenu de l'efficacité du traitement par corset : 75% contre 42% pour le groupe « observation ». Les résultats sans appel et la méthodologie de cette étude ont permis de donner une réelle légitimité à cette stratégie de prise en charge.

La prescription d'un corset permet également d'éviter le recours au traitement chirurgical (35).

Les types de corset utilisables sont variés et permettent de s'adapter à la plupart des situations cliniques. En dépit des progrès technologiques, les corsets plâtrés (plâtre EDF, plâtre d'élongation) constituent toujours une possibilité thérapeutique intéressante.

Dans le cadre du plâtre EDF, celui-ci est particulièrement utilisé dans le traitement orthopédique Lyonnais. Un temps de réduction est d'abord effectué au sein d'un cadre de Cotrel, au moyen de bandes de traction et de dérotation ce qui permet d'adapter les zones d'appui et les chambres d'expansion à la déformation du patient. Un ou plusieurs corsets plâtrés sont réalisés successivement sur plusieurs mois afin de réduire progressivement la déformation puis un corset non plâtré est réalisé jusqu'à maturité osseuse. Une rééducation spécifique est réalisée tout au long du traitement orthopédique (36)(9).

En parallèle, on retrouve donc les corsets non plâtrés : corset de Milwaukee, corset de Garchois, corset de Cheneau, corset de Charleston, corset de Caen, corset Lyonnais, ... (37)(38)

Certains corsets ont une action spécifique d'élongation, sans appui direct rachidien. C'est le cas du corset de Milwaukee qui comporte un appui sur l'occiput et la mâchoire et un appui sur le bassin. La force d'élongation est appliquée par le biais de mâts antérieurs et postérieurs réglables en hauteur (9)(37).

Les modalités de port dépendent en grande partie des habitudes de la tolérance de l'enfant, mais également des habitudes des prescripteurs. Les recommandations de la SOSORT indiquent cependant que le temps de port doit être maximal au début du traitement (>18h/j jusqu'à 24h/24), avec une adaptation de ce temps de port en fonction de l'âge, de la maturité squelettique, de la sévérité de la déformation et de la tolérance du patient (1). Si le port du

corset est indiqué jusqu'à la fin de la maturation vertébrale, le temps de port peut être diminué progressivement au cours de la croissance.

4. Traitement conservateur rééducatif :

La rééducation occupe une place centrale dans la prise en charge de la scoliose idiopathique. Au sein de la prise en charge rééducative réalisée pour la scoliose, il convient néanmoins de distinguer les exercices non spécifiques et les exercices spécifiques de la rééducation de la scoliose.

a) La rééducation non spécifique de la scoliose :

La réalisation d'exercices de rééducation non spécifique de la scoliose est fréquente. Il existe une multitude d'exercices. Le plus fréquemment retrouvé est la méthode Mézière.

(1) La méthode Mézière :

Utilisée dans de nombreux domaines en rééducation, la méthode Mézière est parfois appliquée par les thérapeutes dans la scoliose.

Françoise Mézière est à l'origine du concept des chaînes musculaires. Selon elle, il existe 4 chaînes musculaires reliées entre elles : la chaîne postérieure, la chaîne antéro-intérieure, la chaîne brachiale et la chaîne antérieure du cou. A cause de l'action de la pesanteur et de l'impossibilité de certains muscles à y résister, il existe selon ses principes un raccourcissement de ces muscles, notamment les muscles érecteurs rachidiens. Ces

modifications sont à l'origine d'une lordose complète et toute opposition à ce raccourcissement serait à l'origine de déformations : latéoflexion et rotation (39).

Devant ce postulat, les techniques utilisées sont principalement des techniques d'assouplissement des chaînes musculaires à partir de positions en décubitus dorsal ou debout. La réalisation de contractions isométriques à partir de positions de départ en course externe est utilisée pour assouplir les chaînes musculaires. La recherche de l'alignement occiput-scapulum-sacrum est systématique.

b) La rééducation spécifique de la scoliose :

En parallèle de la prise en charge de la scoliose par des exercices globaux, issus de pratiques sportives ou appliqués pour une multitude d'autres pathologies, d'autres stratégies de prise en charge sont possibles, à travers la réalisation d'exercices spécifiques à la scoliose. Les principales écoles seront décrites ci-dessous, même si leur application varie selon les habitudes locales. Dans la littérature, l'ensemble de ces techniques est le plus souvent regroupé sous le terme « Scoliosis Specific Exercises » (SSE). On retrouve des éléments communs à l'ensemble de ces techniques, comme le principe d'autocorrection tridimensionnelle. D'autres éléments sont plus spécifiques à chaque école : l'utilisation d'aides externes dans la méthode de Schroth ou l'école Barcelonaise, les exercices cyphosants pour l'approche Lyonnaise, la méthode Dobosiewicz et la SEAS (Scientific Exercise Approach to Scoliosis), ou les exercices de dérotation présents dans la méthode Schroth, Dobosiewicz, Barcelonaise ou les SEAS (7).

(1) La méthode quadrupédique de type Klapp :

Inventée par le Pr Klapp et reprise par son fils, cette méthode tire son origine d'un principe simple : selon Klapp, la position debout est à l'origine de la déformation scoliotique et la position quadrupédique est une position de repos pour la colonne vertébrale (41).

Diverses techniques en découlent alors : position quadrupédique asymétrique « en faucheur » afin d'ouvrir les courbures concave, travail de la dérotation et de la décoaptation, marche croisée ou marche à « l'amble ».

Cette méthode était initialement appliquée en hospitalisation pendant 4 à 6 semaines pendant lesquelles la vie se déroule en position quadrupédique. Des protocoles existent également pour la réalisation de la rééducation en ambulatoire.

(2) La méthode de Von Niederhöffer :

Pour Von Niederhöffer, la scoliose serait due à un déséquilibre de force entre les muscles de la concavité et ceux de la convexité (42). Cette méthode est donc basée sur la réalisation d'exercices isométriques contre résistance avec pour but d'atteindre une position corrigée du rachis. Chaque exercice comporte une phase de mise en tension progressive, puis une contraction statique suivie d'un relâchement.

(3) La méthode Schroth :

Mise en place en 1910 par Katharina Schroth, cette méthode est fondée sur la schématisation de l'axe rachidien en 3 parties : cervico-scapulaire, thoracique et pelvi-lombaire. Schroth considère que chacune de ces parties peut être symbolisée par un cube chez les patients

sains et par une pyramide tronquée chez les patients scoliotiques, les bords obliques favorisant le glissement et la progression de la déformation.

La pierre angulaire de cette prise en charge est la correction active tridimensionnelle basée sur la respiration, l'auto aggrandissement et la proprioception devant miroir, à partir de positions corrigées passivement (41).

Plusieurs protocoles existent pour sa réalisation. En ambulatoire, le patient réalise minimum deux séances de 2h par semaine. En hospitalisation complète, le patient réalise 4 à 6h de rééducation par jour pendant 30 jours. Dans tous les cas, des exercices sont à réaliser en autonomie ou sous la surveillance d'un kinésithérapeute formé à ces techniques à domicile, pendant 30 min 5 fois/ semaine afin de maintenir les acquis (7).

La méthode Schroth est aujourd'hui principalement appliquée en Allemagne et est considérée comme la plus validée d'un point de vue scientifique.

(4) La méthode de Sohier :

Selon son auteur, la scoliose a une origine multifactorielle et est entretenue par des facteurs extra rachidiens (statique du bassin, sacro iliaques, ...) et intra rachidiens (dysharmonie mécanique de l'étage vertébral). L'objectif de la prise en charge est de corriger ces facteurs d'aggravation grâce à des techniques multiples : réaxation et recoaptation apophysaire, assouplissement des muscles concaves, tonification des muscles convexes, renforcement musculaire de l'ilio psoas côté concave en isométrique (41).

(5) Le Side-shift :

Le traitement par Side-shift repose sur la translation latérale active du tronc au-dessus du bassin, avec pour objectif la correction de la déformation dans le plan frontal, mais également en correction de la lordose. Cette technique a l'avantage d'être simple à effectuer et après son enseignement peut être réalisée en autonomie à domicile. Elle est très pratiquée en Angleterre. La première séance dure environ 10min pour l'enseignement de la technique, puis des auto exercices peuvent être réalisés au quotidien 10 min/j environ.

A noter que sa pratique se retrouve également dans d'autres écoles de prise en charge de la scoliose (Schroth, école Lyonnaise, Barcelonnaise, SEAS).

(6) L'approche Lyonnaise :

Cette stratégie de prise en charge est parmi les plus anciennes. Si le traitement orthopédique y occupe une part importante, il faut néanmoins souligner l'importance de la kinésithérapie qui y est systématiquement associée : avant, pendant et après la mise en place du corset. Les objectifs étant le renforcement musculaire en position corrigée par le corset, le travail respiratoire, la pratique d'assouplissement rachidien et le travail postural en auto correction (9). L'intégration de la position corrigée dans les activités de la vie quotidienne est fondamentale. Des exercices en cyphose sont réalisés pendant les séances, ainsi qu'une mobilisation manuelle de l'angle ilio-lombaire.

Sa pratique peut également s'effectuer en ambulatoire, à raison de 2 séances/semaine les 4 premiers mois, puis 1 seule séance/semaine. Des exercices à pratiquer au domicile quotidiennement sont toujours associés (7).

(7) La SEAS (Scientific Exercise Approach to Scoliosis) :

Initiée par Antonio Negrini en 1960 en Italie, cette méthode de prise en charge découle en grande partie des principes de l'approche Lyonnaise. Elle est basée principalement sur des exercices d'auto correction tridimensionnels, avec pour objectif le travail du contrôle postural et de la stabilisation de la statique rachidienne. Les postures en auto corrections sont travaillées initialement en statique, dans des positions imposées par le kinésithérapeute (jambe pendante, bras au-dessus de la tête) puis dans toutes les activités de la vie courante (montée/descente des escaliers, passage de la position assise à la position debout, ...).

La rééducation peut être proposée en préparation au port d'un corset ou pendant le port de ce dernier.

Elle est réalisée fréquemment en ambulatoire, avec un rythme d'une session individuelle d'introduction de 90 min, puis une séance de rappel avec un physiothérapeute tous les 3 mois. Dans l'intervalle, les sessions sont réalisées à domicile pendant 45 min, 2 à 3 fois / semaine sous la surveillance des parents ou d'un kinésithérapeute (7).

(8) L'école Barcelonaise (BSPTS : Barcelona Scoliosis Physical Therapy School) :

Fondée en 1968 à Barcelone par Elena Salva, cette technique est surtout utilisée en Espagne. Les principes de traitement utilisés ici découlent de ceux employés dans la méthode Schroth. On y retrouve les mêmes notions d'autocorrection tridimensionnelle de la posture, basées notamment sur la respiration, englobées au sein d'une prise en charge multidisciplinaire (43). Sa pratique est effectuée le plus souvent en ambulatoire, avec des modalités parfois très différentes : une session d'une heure par semaine ; une session de 2 h/j pendant 10 jours

consécutifs plus ou moins une ou deux semaines de prise en charge supplémentaire à 3 à 6 mois ; 3h de rééducation/ jour pendant 20 jours consécutifs ; 30 sessions de 90 minutes de rééducation (7). Dans tous les cas, des auto exercices sont réalisés 5 jours par semaine, au domicile, pendant 45-60 minutes.

(9) La méthode Dobosiewicz (Dobomed) :

Développée en 1979 par le Pr Krystyna Dobosiewicz, cette technique est principalement utilisée en Pologne. La correction tridimensionnelle est ici obtenue après positionnement préalable des épaules et du bassin, et est recherchée à travers la réalisation d'une inspiration asymétrique. La position corrigée est maintenue durant l'expiration grâce à une contraction isométrique des muscles para vertébraux. Une mobilisation manuelle par dérotation est également effectuée ainsi qu'une correction sagittale du rachis dorsal en cyphose (43). Cette méthode peut être appliquée en ambulatoire (60 min/semaine) ou en hospitalisation (5 sessions de 40 min/semaine durant 3 semaines).

(10) La thérapie fonctionnelle individuelle pour la scoliose (FITS : functional individual therapy for scoliosis) :

Cette stratégie de prise en charge a été inventée en 2004 par Bialek et M'hango et est principalement utilisée en Pologne. Elle comporte de multiples éléments empruntés aux différentes écoles décrites ci-dessus. L'objectif est de faire prendre conscience de la déformation au patient. Un ajustement global de la posture est réalisé, en prenant en compte la statique du bassin et des chevilles. Le kinésithérapeute réalise un travail de libération des structures myofasciales et favorise la cyphose dorsale par ce biais. On retrouve la pratique du

Side-shift ainsi que celle de la respiration dirigée. Cette méthode peut être appliquée en hospitalisation complète, généralement pendant 14 jours par an. En ambulatoire, la fréquence est d'une séance de 45 à 60 min, une à quatre fois par mois. Dans tous les cas, des exercices sont pratiqués au domicile pendant 20 à 30min tous les jours (44)(45).

c) L'activité physique adaptée :

La réalisation d'activité physique est encouragée dans la scoliose. Certaines pratiques sont fréquemment retrouvées, notamment le Yoga et le Pilate.

(1) Le Yoga :

Le Yoga est une discipline issue de la philosophie indienne, pratiquée dès le 3^e millénaire avant JC. Elle associe la réalisation de postures physiques, d'étirement, d'exercices respiratoires et de séances de relaxation.

Sa pratique en Occident réapparaît au début du XX^e siècle et son efficacité sur de multiples pathologies est fréquemment étudiée (Parkinson, etc ...).

Compte tenu des bénéfices attendus de sa pratique (renforcement musculaire, gainage, étirements), la réalisation d'exercices qui en sont dérivés suit une certaine logique dans la prise en charge de la scoliose.

(2) La méthode Pilates :

La méthode Pilates est un système d'activité physique développé au XX^e siècle. Elle a pour objectif le renforcement des muscles profonds, le travail postural, l'assouplissement et l'entretien articulaire. Elle peut être réalisée avec ou sans matériel. La logique de sa réalisation dans la prise en charge de la scoliose est la même que celle retrouvée dans le Yoga.

d) Efficacité de la prise en charge rééducative :

Les avis divergent sur l'efficacité de la prise en charge rééducative.

L'HAS indique que la kinésithérapie, réalisée isolément, n'a pas fait preuve de son efficacité sur l'évolution des courbures (2). Cependant, dans ces recommandations, aucune distinction n'est faite en termes de type de prise en charge, notamment en différenciant la prise en charge spécifique ou non spécifique de la scoliose. Il est néanmoins intéressant de distinguer les publications faisant référence à chacune des techniques :

⇒ La méthode Mézières :

Aucune étude n'étudie à ce jour spécifiquement l'efficacité de la méthode Mézières sur la prise en charge de la scoliose.

⇒ Le Yoga :

Les publications sur la pratique du Yoga dans la scoliose restent rares. En 2014, un article de Fishman étudie l'effet de la pratique de la planche latérale chez 25 patients, avec pour consigne de tenir la position 10 à 20 secondes tous les jours, puis le plus longtemps possible par la suite pendant un temps moyen de 6,8 mois. Au terme de la prise en charge, il existe une amélioration significative de l'angle de Cobb de 32% pour la courbure principale (46). Il faut néanmoins souligner qu'il s'agit d'une étude rétrospective, effectuée sur un petit nombre de patients (25) et comprenant une population hétérogène de patients adolescents et adultes.

⇒ La méthode Pilates :

En 2010, une étude de M.E. Alves de Araujo et al compare deux groupes de patients : un groupe contrôle sans intervention et un groupe expérimental réalisant des exercices de type Pilates 2 fois par semaine pendant 3 mois. Au terme de la prise en charge, on note une

différence significative sur l'angle de Cobb, la douleur et la mobilité du tronc en faveur du groupe contrôle (47).

Une autre étude étudie l'effet des exercices de type Pilates sur la scoliose. Menée par Gichul, en 2015, elle compare l'efficacité d'un programme de Pilates avec celle d'un programme de type Schroth. Les séances sont réalisées 3 fois par semaine pendant 12 semaines. Au terme de la prise en charge, on retrouve une amélioration significative de l'angle de Cobb dans les 2 groupes, avec une moyenne passant de 24 à 16° pour le groupe Pilates (48).

⇒ **La méthode quadrupédique de type Klapp :**

Dans une étude randomisée et contrôlée de Dantas et al. (49), 22 sujets sont répartis en 2 groupes : l'un ne réalisant aucun exercice, l'autre réalisant 20 sessions d'exercices de type Klapp, 3 fois par semaine. Au terme de la prise en charge, on note dans le groupe intervention une amélioration significative de la force des muscles extenseurs du tronc, ainsi qu'une moindre progression de la gibbosité par rapport au groupe contrôle, mais non significative. La différence d'angle de Cobb n'avait malheureusement pas été étudiée dans cette étude.

⇒ **La méthode de Von Niederhöffer :**

Il n'existe pas à ce jour d'étude évaluant spécifiquement cette méthode sur la prise en charge de la scoliose.

⇒ **La méthode Schroth :**

Certaines études soulignent l'efficacité de cette méthode pour limiter l'évolution naturelle de la scoliose, voir améliorer l'angle de Cobb au terme de la cure. Sur une cohorte de 118 patients pris en charge entre 1984 et 1988 par la méthode de Schroth, les résultats obtenus sont encourageants et meilleurs que ceux d'une évolution naturelle sans prise en charge : 16,1% de dégradation, 68,7% de stabilisation et 15,2% d'amélioration de l'angle de Cobb > 5° (50). Il

s'agit néanmoins d'une étude rétrospective et à la méthodologie perfectible. D'autres études menées par Weiss parviennent à des conclusions similaires (51)(52)(53).

Une étude récente menée par Kuru présente également des résultats intéressants. Si le nombre de patients analysés est plus faible (45 au total), il s'agit d'un essai randomisé et contrôlé. La pratique d'exercices de type Schroth en hospitalisation a une bonne efficacité sur l'angle de Cobb et la gibbosité, par rapport aux groupes témoins (54).

Schreiber a également publié une étude indiquant que, par rapport à un groupe contrôle, cette méthode permettait d'améliorer la qualité de vie et l'image corporelle du patient (55).

D'autres études ou case reports ont été publiés sur le sujet retrouvent une amélioration significative sur l'angle de Cobb en sortie de cure(48) ou à moyen terme (56), la capacité respiratoire (57), la gibbosité (58) ou la douleur (59). Le faible nombre de sujets étudiés et l'absence de groupe contrôle doit cependant faire relativiser le niveau de preuve de ces essais.

⇒ **La méthode de Sohier :**

Il n'existe pas à ce jour d'étude évaluant spécifiquement cette méthode sur la prise en charge de la scoliose.

⇒ **Le Side-shift :**

Au début des années 1980, Mehta a réalisé cette technique associée à un suivi de 2 ans sur 35 adolescents. Les résultats sont encourageants avec 71,42 % d'amélioration ou de stabilité des courbures (60).

Dans une étude de Den Boer, la progression de 44 patients traités par Side-shift est comparée à celle de 120 patients traités par corset. Le Side-shift est enseigné en une semaine, en 10 à

12 séances d'une demi-heure et est ensuite pratiqué en autonomie au domicile quotidiennement. A la fin du traitement, les chances de succès entre les 2 prises en charge sont similaires (66 et 68% d'efficacité). Cependant, seules les scolioses avec des angles de Cobb compris entre 20 et 32° ont été étudiés ici, ce qui limite l'extrapolation (61).

⇒ **L'approche Lyonnaise :**

Une étude de grande ampleur menée par Mauroy explore les résultats de 1228 enfants traités par cette méthode (36). Les résultats obtenus retrouvent 52% d'amélioration de l'angle de Cobb de plus de 5°, 37% de stabilité et 12% d'aggravation de plus de 5°. A noter que les meilleurs résultats avaient été obtenus pour les courbures lombaires.

Dans une revue de la littérature effectuée par Negrini en 2008 (62), deux autres études sont retenues pour évaluer l'efficacité de l'approche Lyonnaise : l'une menée par Mollon en 1986 et l'autre par Ducongé en 2002. Toutes les 2 opposent un groupe expérimental (traitement lyonnais) à un groupe contrôle (observation uniquement) et dans les deux cas, le pourcentage d'amélioration est supérieur dans le groupe expérimental.

⇒ **La SEAS :**

En 2008, Negrini a réalisé une étude prospective contrôlée avec pour but d'évaluer l'efficacité des SEAS sur la scoliose (63). 74 patients sont sélectionnés et répartis en 2 groupes : un groupe expérimental, qui réalise des exercices spécifiques de type SEAS et un groupe contrôle. Les patients du groupe contrôle effectuaient des exercices non définis, laissés à l'appréciation du thérapeute. Après un an de traitement, on note une amélioration de l'angle de Cobb dans 23,5% des cas dans le groupe expérimental contre 11,1% des cas dans le groupe contrôle. De plus, on note une réduction statistiquement significative de la prescription de corset dans le groupe SEAS par rapport au groupe contrôle (6,1% contre 25%).

En 2014, Monticone a réalisé un essai randomisé contrôlé semblable (64). 110 patients étaient randomisés en un groupe contrôle et un groupe expérimental. Le groupe contrôle effectuait des exercices généraux de renforcement musculaire des érecteurs du rachis, des exercices de mobilisation du rachis, des étirements et un travail de l'équilibre debout tandis que le groupe expérimental effectuait des exercices de type SEAS. Au terme de la prise en charge d'un an, on note une amélioration statistiquement significative de l'angle de Cobb de plus de 5° dans le groupe expérimental par rapport au groupe contrôle. Il existe également une amélioration de la qualité de vie pour les courbures moyennes dans le groupe expérimental par rapport au groupe contrôle.

⇒ **L'école Barcelonaise :**

Les principes sur lesquelles repose l'école Barcelonaise découlent directement de ceux développés dans la méthode de Schroth. Il n'existe donc pour le moment aucune publication évaluant spécifiquement son efficacité.

⇒ **La méthode Dobosiewicz :**

Plusieurs études ont été réalisées pour étudier l'efficacité de cette technique.

Dobosiewicz notamment a étudié à travers une étude rétrospective l'effet de sa méthode sur 152 patients, traités pendant 31 mois en moyenne. Au terme de la prise en charge, il retrouve une stabilisation des courbures avec une progression moyenne de l'angle de Cobb estimée à 5,12° (65). D'autres études rapportent des résultats encourageants pour stabiliser l'évolution de la scoliose (66)(67).

On retrouve dans la littérature d'autres essais retrouvant une amélioration des paramètres ventilatoires grâce à l'application de cette technique (67)(68), même si ces résultats ne sont pas toujours statistiquement significatifs.

⇒ **La thérapie fonctionnelle individuelle pour la scoliose (FITS) :**

En 2011, Bialek réalise une étude rétrospective sur 115 patients, répartis en 2 groupes (44) : l'un recevant uniquement un traitement par la méthode de FITS (groupe A) et l'autre recevant un traitement par la méthode de FITS combiné à un traitement orthopédique par corset (groupe B). Au terme de la prise en charge (2,8 ans en moyenne), on note des résultats encourageants :

- Dans le groupe A, pour les courbures simples : 50% d'amélioration, 46,2% de stabilité, 3,8% de progression ($p < 0.0001$). Pour les courbures doubles : 50% d'amélioration, 30,8% de stabilité et 19,2% de progression (non significatif).
- Dans le groupe B, pour les courbures simples : 20% d'amélioration, 80% de stabilité, 0% de progression (non significatif). Pour les courbures doubles : 28,1% d'amélioration, 46,9% de stabilité et 25% de progression (non significatif).

Une autre étude rétrospective du même auteur, publiée en 2015 rapporte des résultats similaires (45). L'évolution de 41 patients bénéficiant d'un protocole de type FITS est étudié. Aucun autre traitement n'est réalisé pendant l'intervalle. Au terme de la prise en charge (en moyenne 4,8 ans), 58,1% des courbures sont améliorées, 40% stabilisées et une progression est observée dans 1,9% d'entre elles. L'angle de Cobb moyen diminue de 5.5° (18° à 12.5° ; $p < 0.001$). On note également une amélioration significative de la gibbosité (-1.5° ; $p < 0.001$).

Dans ces 2 cas, on peut néanmoins regretter le caractère rétrospectif de ces études et l'absence de groupe contrôle.

L'ensemble de ces techniques peut être résumé dans le tableau 2 ci-dessous :

Tableau 2 : Tableau récapitulatif des techniques de rééducation spécifiques de la scoliose

Méthode	Fréquence et lieu de prise en charge	Principaux moyens utilisés	Auto-exercices à domicile	Port du corset	Publications	Nombre de sujets	Durée de l'étude	Protocole de l'étude	Résultats et significativité
Klapp	<p><u>Hospitalisation</u> :</p> <p>-4 à 6 semaines, séances quotidiennes</p> <p><u>Ambulatoire</u> :</p> <p>-3 séances/ semaine</p>	<p>-Postures quadrupédiques asymétriques</p> <p>-Dérotation, décoaptation</p> <p>-Postures en cyphose</p>	Non spécifié	Non spécifié	<i>-Dantas et al. (2017) (49)</i>	22	4 mois	<p>Essai contrôlé Randomisé, prospectif, en simple aveugle</p> <p>Monocentrique</p>	<p>-Amélioration de l'endurance des érecteurs du rachis : p<0.01</p> <p>-Stabilisation de la gibbosité : p = 0.08</p>
Von Niederhöffer	<p><u>Ambulatoire</u> :</p> <p>-Durée des séances et fréquence non spécifiée</p>	-Exercices isométriques contre résistance en position corrigée du rachis	Auto-exercices, 2 séances /j	Non spécifié	/				
Schroth	<p><u>Ambulatoire</u> :</p> <p>-2h, 2 fois / semaine pendant 3 mois</p>	<p>-Prise de conscience de la déformation</p> <p>-Autocorrection 3D et correction par le thérapeute</p> <p>-Correction active 3D basée sur la respiration dirigée</p> <p>-Auto-agrandissement</p> <p>-Travail proprioceptif devant miroir à partir de positions corrigées passivement</p>	3-4 exercices pendant 30min/j, 5 fois/ semaine	Oui	<i>-Weiss (1992) (50)</i>	118	4 ans	Etude rétrospective, non randomisée, non contrôlée. Monocentrique	-Angle de Cobb : 16,1% d'aggravation >5° ; 68,7% de stabilisation ; 15,2% d'amélioration >5°
	<u>Hospitalisation</u> :				<i>-Weiss (1995) (51)</i>	181	33 mois	Etude prospective, non contrôlée. Monocentrique	-Angle de Cobb : 25% d'aggravation >5° ; 57% de stabilisation ; 18% d'amélioration >5°
	-4-6h/j, 6 jours/ semaine pendant 30 jours				<i>-Weiss (2003) (53)</i>	222	34 à 52 mois	Etude prospective, contrôlée, groupes appariés	-Incidence de progression >5° : 1.5 à 2.9 fois moins élevée dans le groupe traité selon les sous-

Méthode	Fréquence et lieu de prise en charge	Principaux moyens utilisés	Auto-exercices à domicile	Port du corset	Publications	Nombre de sujets	Durée de l'étude	Protocole de l'étude	Résultats et significativité
		-Modelage de la gibbosité -Translation latérale active du tronc -Intégration des corrections posturales dans les actes de la vie courante						Multicentrique	groupes ; p=0.0004 à 0.011 (selon les sous-groupes)
					-Kuru (2015) (54)	51	6 mois	Essai prospectif, contrôlé, randomisé Monocentrique	-Diminution de l'angle de Cobb à 6 mois : -2.53° (p=0.003) -Diminution de la gibbosité à 6 mois : -4.23° (p=0.000) -Diminution de l'asymétrie du tronc (p=0.000)
					-Schreiber (2015) (55)	50	6 mois	Essai prospectif, contrôlé, randomisé Monocentrique	-Amélioration de l'endurance des érecteurs du rachis : +27.5s (p=0.004) -Amélioration de l'image corporelle (p=0.049) -Diminution de la douleur (p=0.03)
					-Gichul et al. (2012) (48)	24	3 mois	Essai prospectif, randomisé, contrôlé contre groupe Pilates,	-Amélioration de l'angle de Cobb : -11.6° dans le groupe

Méthode	Fréquence et lieu de prise en charge	Principaux moyens utilisés	Auto-exercices à domicile	Port du corset	Publications	Nombre de sujets	Durée de l'étude	Protocole de l'étude	Résultats et significativité
								monocentrique	Schroth contre -8° (p<0.05)
					-Otman (2005) (56)	50	1 an	Essai non contrôlé Monocentrique	-Diminution de l'angle de Cobb : -2.65° à 6 semaines ; -6.85° à 6 mois ; -8.25° à 1 an (p<0.01) -Amélioration de la capacité vitale : +0.161L ; +0.33L ; +0.42L (p<0.01)
					-Kyoung-Don et al. (2016) (57)	5	3 mois	Essai prospectif, non contrôlé Monocentrique	-Amélioration de l'angle de Cobb : -16.4° (p<0.05) -Diminution de la gibbosité : -6.96° (p<0.05) -Amélioration de la capacité vitale : +1.21L (p<0.05)
					-Borysov et al. (2016) (58)	23	1 mois	Essai non contrôlé Monocentrique	-Diminution de la gibbosité : -2.11° (thoracique) ; -2.3° (lombaire) (p<0.001)
					-Hyung Joo (2016) (59)	3	4 mois	Case report	-Diminution de l'angle de Cobb

Méthode	Fréquence et lieu de prise en charge	Principaux moyens utilisés	Auto-exercices à domicile	Port du corset	Publications	Nombre de sujets	Durée de l'étude	Protocole de l'étude	Résultats et significativité
								Monocentrique	-Diminution de la douleur
Sohier	Ambulatoire : -5 à 6 séances de 30 à 45 min, espacées d'un jour chacune	-Assouplissement des muscles concaves -Tonification des muscles convexes -Reaxation et recoaptation apophysaire -Renforcement musculaire de l'ilio-psoas côté concave en isométrique	5min / j + postures passives de 30-45min / j	Non spécifié	/				
Side-Shift	Ambulatoire : -1 ^{ère} séance de 10min, puis en auto exercices + Séance de rappel tous les 4 mois - ou : 10-12 séances de 30min sur une semaine, puis en auto-exercices	-Prise de conscience de la déformation -Translation latérale active du tronc au-dessus du bassin avec correction dans les plans frontaux et sagittaux	10 min / j minimum, sans limite supérieure	Non spécifié	-Mehta (60)	35	4 ans	Essai non contrôlé Monocentrique	-Stabilité de l'angle de Cobb : +1° -Stabilité de la rotation vertébrale : +0.6°
					-Den Boer et al. (1999) (61)	164 (44 Side-Shift ; 120 contrôles)	2.2 ans	Essai contrôlé contre groupe « corset » Monocentrique	-Efficacité du traitement : 65.9% contre 68.3% (corset). Non significatif (OR =1.12 ; IC = 0.54-2.32) -Absence d'aggravation de l'angle de Cobb >5°: 85.3% contre 90.1% (corset). Non

Méthode	Fréquence et lieu de prise en charge	Principaux moyens utilisés	Auto-exercices à domicile	Port du corset	Publications	Nombre de sujets	Durée de l'étude	Protocole de l'étude	Résultats et significativité
									significatif (OR =1.57 ; IC=0.49-5.07) -Angle de Cobb : +2 à 3° contre -1 à 2° (corset). p=0.002
L'approche Lyonnaise	Ambulatoire : -2 séances/ semaine les 4 premiers mois, puis 1 séance /semaine	-Prise de conscience de la déformation -Assouplissement rachidien -Renforcement musculaire en position corrigée par le corset -Travail respiratoire -Travail d'autocorrection 3D -Exercices en cyphose -Mobilisation manuelle de l'angle ilio-lombaire -Travail sous corset -Intégration de la correction dans les activités de la vie quotidienne	Quotidiens	Oui	- <i>Mauroy (2005) (36)</i>	1228	Non spécifié. Suivi > 2ans	Non contrôlé Mono ou multi centre : Non spécifié	-Angle de Cobb : 11% d'aggravation >5° ; 37% de stabilité ; 52% d'amélioration > 5°
					- <i>Negrini (2008) (62) : Etude de Mollon (1986)</i>	210	53 mois	Etude contrôlée contre groupe « observation » Mono ou multi centre : non spécifié	-Angle de Cobb : 63% d'amélioration ; 4% de stabilité ; 34% d'aggravation contre respectivement : 20% ; 5% et 75%. Non significatif
					- <i>Negrini (2008) (62) : Etude de Ducongé (2002)</i>	591	55 mois	Etude contrôlée contre groupe « observation » Mono ou multi centre : non spécifié	-Angle de Cobb : 58% d'amélioration ; 42% d'aggravation contre respectivement : 23 et 77%. Non significatif
La SEAS	Ambulatoire : -1 ^{ère} session de 90min puis 1 séance / 3 mois	-Prise de conscience de la déformation -Autocorrection 3D	Auto-exercices 5min/j	Possible	- <i>Negrini et al. (2008) (63)</i>	74	1 an	Etude de cohorte, prospective, contrôlée contre groupe	-Diminution de la prescription de corsets : 6.1% contre 25% (p<0.05)

Méthode	Fréquence et lieu de prise en charge	Principaux moyens utilisés	Auto-exercices à domicile	Port du corset	Publications	Nombre de sujets	Durée de l'étude	Protocole de l'étude	Résultats et significativité
	+ Séances de 45min 2 à 3 fois / semaine	-Travail postural dans les activités de la vie quotidienne -Travail sous corset						« kinésithérapie classique » Monocentrique	-Angle de Cobb : 23.5% améliorés ; 64.7% stabilisés ; 11.8% aggravés contre respectivement 11.1% ; 75% ; 13.9%. (p<0.05)
					-Monticone et al (2013) (64)	110	1 an	Essai prospectif, randomisé, contrôlé, en groupes parallèles, monocentrique	-Amélioration de l'angle de Cobb >5° (p<0.001)
L'école Barcelonaise	<u>Ambulatoire :</u> - 1 session 1h/semaine -ou : 2h/j pendant 10 jours consécutifs +/- 1-2 semaines de prise en charge à 3-6mois -ou : 3h/ jour pendant 20 jours consécutifs -ou : 30 sessions de 90 min de prise en charge	-Autocorrection 3D et correction par des aides extérieures -Correction active 3D basée sur la respiration -Modelage de la gibbosité -Autoaggrandissement	Auto-exercices de 45-60 min, 5 jours/ semaine	Oui	/				

Méthode	Fréquence et lieu de prise en charge	Principaux moyens utilisés	Auto-exercices à domicile	Port du corset	Publications	Nombre de sujets	Durée de l'étude	Protocole de l'étude	Résultats et significativité
Dobosiewicz	<u>Ambulatoire :</u> -60min/ semaine <u>Hospitalisation :</u> -5 sessions de 40min/semaine pendant 3 semaines	-Autocorrection 3D -Respiration asymétrique -Travail postural en contractions isométriques -Postures en cyphose thoracique et en lordose lombaire, en position quadrupédique -Dérotation, décoaptation manuelle	Non spécifié	Oui	-Dobosiewicz et al. (2006) (65)	152	31.80 mois	Etude rétrospective, non contrôlée Mono ou multi centre : non spécifié	-Angle de Cobb : +5.12° -Rotation vertébrale : +3.42°
					-Durmala et al. (2003) (66)	136	1 an	Etude rétrospective, non contrôlée Mono ou multi centre : non spécifié	-Angle de Cobb : 35.1% d'amélioration ; 38.2% d'aggravation ; 26.7% de stabilité -Rotation vertébrale : 20% d'amélioration ; 31.3% d'aggravation ; 48.2% de stabilité
					-Fabian et al. (2014) (68)	49	Non spécifié	Etude contrôlée Monocentrique	-Amélioration du Débit Expiratoire de Pointe (p<0.05) -Amélioration de l'endurance des abdominaux (p<0.05)
FITS	<u>Ambulatoire :</u> - 1 séance de 60min individuelle 1-4fois/ mois	-Prise de conscience de la déformation -Postures en cyphose -Libération des structures myofasciales	Auto-exercices 20-30min/j	Oui	-Bialek (2011) (44)	115 (78 FITS seule ; 37 FITS + corset)	2 ans	Etude non contrôlée Rétrospective Monocentrique	-Angle de Cobb : FITS seule : 50% amélioration ; 46.2% de stabilité ; 3.8% d'aggravation (p<0.0001) pour les

Méthode	Fréquence et lieu de prise en charge	Principaux moyens utilisés	Auto-exercices à domicile	Port du corset	Publications	Nombre de sujets	Durée de l'étude	Protocole de l'étude	Résultats et significativité
	Hospitalisation : - 14 jours / an	-Translation latérale active du tronc au-dessus du bassin -Respiration dirigée -Travail sous corset -Dérotation manuelle							simples courbures. Non significatif sinon FITS + corset : 24.05% d'amélioration ; 63.45% de stabilité ; 12.5% de progression en moyenne. Non significatif
					-Bialek (2015) (45)	41	>2ans, 4.8 ans en moyenne	Etude rétrospective, non contrôlée Monocentrique	-Amélioration de l'angle de Cobb : -5.5° (p<0.001) (58.1% d'amélioration ; 40% de stabilisation ; 1.9% d'aggravation) -Amélioration de la gibbosité : -1.5° (p<0.001)

⇒ **En résumé :**

Au vu de l'ensemble de ces résultats, l'application de techniques de rééducation issues des écoles citées ci-dessus semble devoir faire partie de l'arsenal thérapeutique face à la scoliose idiopathique. La plupart des études citées ci-dessus retrouvent des résultats positifs, efficaces sur l'évolutivité de la scoliose, la prescription de corset, la mobilité du tronc et les paramètres respiratoires. **Au sein de l'ensemble de ces techniques, la méthode Schroth occupe une place prépondérante : elle est la plus validée d'un point de vue scientifique et de ses principes découlent d'autres écoles de prise en charge, comme l'école Barcelonaise.**

Si on suit les indications recommandées par la SOSORT, l'utilisation d'un traitement conservateur intervient à un stade où il est trop tôt pour proposer un traitement chirurgical et où la combinaison entre un traitement orthopédique par corset et un traitement rééducatif est tout à fait possible. Cette association pourrait avoir un effet synergique : En 2014, Negrini publie une étude à partir d'une cohorte prospective de 73 patients traités par corset (18-23h/j) et traitement rééducatif. Au terme de la prise en charge, il signale 52.3% d'amélioration, 9.6% d'aggravation et 38.1% de stabilité. **Si on considère l'amélioration ou la stabilité de l'angle de Cobb comme un succès du traitement, ces résultats sont meilleurs que ceux d'un traitement orthopédique seul dans la littérature actuelle (69). L'association traitement rééducatif et traitement conservateur possède donc un intérêt thérapeutique certain.**

On ne peut ignorer la faible qualité de la grande majorité des essais réalisés jusqu'à aujourd'hui, ce qui constitue encore à l'heure actuelle un frein important à la reconnaissance de l'intérêt de la rééducation dans la prise en charge de la scoliose.

La revue de littérature réalisée par la Cochrane en 2012 arrive d'ailleurs aux mêmes conclusions (70) : sur 6807 articles sélectionnés initialement, 20 études seulement portaient sur l'efficacité des SSE dans la SIA et étaient construites avec une méthodologie solide (Essai contrôlé randomisé ou cohorte prospective avec un groupe contrôle). 2 études ressortent particulièrement :

- L'une réalisée par Wan en 2005 est un essai contrôlé randomisé sur 80 patients. Les 2 groupes bénéficient d'électrostimulation, de tractions, de conseils de correction posturale. Le groupe expérimental réalise également des exercices de type SSE, sans plus de précision. Wan rapporte une amélioration de la courbure thoracique (-9° en moyenne) et lombaire (-8°) avec une différence statistiquement significative en faveur du groupe expérimental (71).
- L'autre étude est une cohorte prospective avec groupe contrôle, réalisée par Négrini en 2008, et dont nous avons vu les conclusions plus haut dans la partie du tableau portant sur les SEAS (63). Dans l'étude de la Cochrane, ces résultats sont interprétés en termes de risque relatif (=RR) : la prescription de corset est donc diminuée, avec un RR = 0.24 (IC = 0.06-1.04). En termes d'angle de Cobb : le RR d'amélioration est de 2.23 (IC = 0.73-6.76), le RR d'aggravation est de 0.89 (IC = 0.26-3.06) et le RR de stabilisation est de 0.85 (IC = 0.64-1.15). Ces résultats sont non significatifs dans ce cas.

Les preuves en faveur de l'efficacité des exercices spécifiques de la scoliose sont donc faibles et nécessitent des publications de meilleure qualité. Il convient de souligner que depuis la publication de cette revue de Cochrane, d'autres études avec une méthodologie solide ont été publiées (Dantas (49), Kuru (54), Schreiber (72), Monticone (64)) avec des résultats significatifs en faveur de l'efficacité des SSE.

H. Les cures de distraction :

1. Indication des cures de distraction :

La réalisation des cures de distraction fait partie de l'arsenal thérapeutique face aux scolioses de l'adolescent.

En 2006, la SOSORT publie une mise au point des indications pour le traitement des scolioses (14). La réalisation d'un programme intensif de réhabilitation, en hospitalisation pendant 3 à 5 semaines avec 4-6 h de prise en charge par jour est indiquée dans les cas suivants :

- Chez les enfants sans signe de maturité, avec un angle de Cobb de 20-25° ou supérieur à 25°.
- Chez les enfants et adolescents avec un Risser 0 à 3, présentant les premiers signes de maturité et présentant un risque de progression d'au moins 50% selon la formule de Lonstein (13).
- Chez les enfants et adolescents avec un Risser 4 et avec un angle de Cobb supérieur à 25°.
- Chez les enfants et adolescents avec un Risser 4 ou 5 et un angle de Cobb supérieur à 30°.
- Chez les adultes avec un angle de Cobb supérieur à 30°
- Chez les adolescents et les adultes présentant une symptomatologie douloureuse, quel que soit l'angle de Cobb.

Les cures de distractions sont également fréquemment réalisées en pré opératoire, selon l'expérience de l'équipe locale et à l'appréciation clinique en fonction de la raideur et de la réductibilité des courbures.

2. Intérêts à la réalisation des cures de distraction :

L'hospitalisation pour la prise en charge des scolioses idiopathiques possède des avantages non négligeables. Au-delà de permettre de s'assurer de l'observance du traitement rééducatif ou orthopédique, ce mode de prise en charge permet également de mettre en place une rééducation intensive associée au port d'un corset avec plus de facilité qu'en libéral. L'hospitalisation permet également la réalisation de tractions, avec plusieurs modes possibles : via un corset de Milwaukee, par halo ou par tractions dynamiques de Cotrel. Elle peut permettre également la confection de corsets plâtres successifs. Ces différentes modalités sont détaillées ci-dessous :

⇒ L'association rééducation intensive et traitement orthopédique :

L'hospitalisation est ici l'occasion de pratiquer de manière intensive des techniques de rééducation spécifiques de la scoliose de type Schroth, Klapp ou Side-shift, ...

Ce type de cure est réalisé dans de nombreuses cliniques à travers le monde (Allemagne, Russie, ...). Dans les nombreuses publications qui y font référence (73), les modalités sont multiples et variées :

- Réalisation d'une cure en hospitalisation complète pour une durée variable (2 à 6 semaines en moyenne) avec séances pluri hebdomadaires (3 à 5 par semaine).
- Séances de rééducation basées sur des exercices spécifiques de la scoliose, tels que décrits ci-dessus. Séances de kinésithérapie classique ou de modelage manuel.
- Dans certains centres, séances d'autocorrection avec biofeedback à l'aide d'un appareil type EMG (73).
- Poursuite ou initiation d'exercices physiques pendant l'hospitalisation (natation, pilates, marche nordique, ...).
- Port d'un corset de Cheneau en dehors des séances.

Des variantes sont parfois observées :

- Certaines cures semblent réalisées sans corset, généralement si son port n'était pas indiqué avant l'hospitalisation (74).
- Certaines cures de réhabilitation intensives sont réalisées en ambulatoire, avec une prise en charge rééducative et une durée similaire (56).

a) Cures pré-opératoires avec tractions par halo :

Dans le cadre de scolioses très enraidies, évoluées, souvent secondaires, la réalisation de cures de distractions est souvent programmée en pré opératoire ou pour stopper l'évolution.

Une des modalités de réalisation des tractions est la mise en place d'un halo. Il s'agit d'un cercle métallique fixé à la boîte crânienne par le biais de pointeaux. Une traction est alors mise en place, permettant un assouplissement rachidien. Les déplacements peuvent s'effectuer au fauteuil roulant ou au lit en fonction du positionnement de l'appareil.

S'il n'existe pas de recommandations claires sur la durée de traitement, plusieurs publications soulignent l'intérêt de cette méthode pour améliorer la capacité pulmonaire, l'équilibre rachidien dans le plan frontal (75) et la correction post opératoire (76).

b) Cures pré-opératoires avec tractions dynamiques de Cotrel :

Elaborée par le Dr Cotrel et l'école Berckoise, cette technique peut également s'utiliser à domicile, sans hospitalisation. Les indications sont les mêmes que celles évoquées ci-dessus.

La force de traction est ici cervicale et appliquée par le biais d'une mentonnière avec une contre force par un harnais. Les tractions sont effectuées grâce à des poids fixés au lit du patient, ou en auto élongation par un système de poulies reliées aux pieds du patient.

Ce type de traction est également parfois intégré à d'autres protocoles de prise en charge.

c) Cures avec plâtres EDF :

Au cœur de la méthode Lyonnaise, la confection des plâtres EDF peut être précédée d'une hospitalisation d'un mois dans un centre spécialisé afin de réaliser une rééducation intensive. Un assouplissement des courbures est alors réalisé, associé à des postures prolongées. Des tractions telles que décrites ci-dessus peuvent également être effectuées. Les corsets plâtrés successifs sont alors réalisés et suivis par la mise en place d'un corset orthopédique Lyonnais. La kinésithérapie est poursuivie pendant toute la durée de la prise en charge (9).

I. La méthode Lilloise :

Dans la région Lilloise, les cures de rééducation intensive sont réalisées au sein du SSR pédiatrique Marc Sautelet de Villeneuve d'Ascq. Si l'indication est souvent posée en préparation d'une intervention chirurgicale, des cures sont également réalisées en dehors de ce contexte, afin de freiner l'évolution de la scoliose et d'obtenir une stabilisation des courbures.

Les études précédemment réalisées sur l'efficacité des cures en pré chirurgical ont permis de démontrer une efficacité sur l'équilibre frontal post opératoire, mais pas sur l'équilibre sagittal post opératoire ou sur le niveau d'arthrodèse (77)(78).

Plusieurs schémas thérapeutiques ont pu être essayés ces dernières années, mais il en ressort surtout la réalisation de deux types de cures : la cure V1 réalisée couchée et la cure V2 réalisée debout.

1. Modalités de réalisation de la Cure V1 :

a) Protocole de réalisation :

La cure de type V1 est réalisée en hospitalisation complète, sans permission possible le week-end. La durée totale de la prise en charge est de 4 semaines.

Le patient est en décubitus strict 24h/24 et utilise un chariot roulant pour ses déplacements.

(1) Le traitement rééducatif :

(a) Les tractions :

Des tractions sont réalisées tout au long de l'hospitalisation, par deux méthodes :

- Tractions dynamiques de Cotrel : réalisées 2 fois/jour pour une durée de 20 minutes.
Le matériel utilisé est identique à celui décrit ci-dessus. Les tractions sont effectuées de manière active à l'aide des membres inférieurs.
- Tractions par le biais d'un corset dérivé de Milwaukee : le corset est porté 24h/24 et retiré uniquement pour la réalisation des séances de rééducation qui ont lieu 2 fois/jour.
Il est composé d'une têtière, d'une partie pelvienne permettant un contre appui et de deux mâts antérieurs et d'un mât postérieur avec pas de vis inversé permettant de réaliser une élongation progressive.

(b) La kinésithérapie :

Le patient effectue également des séances de rééducation bi-quotidienne. Elles comprennent des exercices de kinésithérapie axés sur l'assouplissement du rachis, du modelage manuel de la gibbosité et des étirements des chaînes postérieures.

Les exercices sont personnalisés en fonction du profil des scolioses et du bilan d'entrée afin de proposer une prise en charge adaptée. Par exemple, on évitera d'axer la prise en charge sur l'assouplissement rachidien devant un rachis déjà souple.

(c) Le travail respiratoire :

Un travail respiratoire est également effectué. Un appareil relaxateur de pression (type Alpha 200) est utilisé. Le rythme des séances est d'une par jour, pendant 20min. Après un apprentissage dans les premiers jours, elles sont réalisées en autonomie.

L'appareil utilisé détecte les efforts inspiratoires et permet une insufflation d'air sous pression positive. L'expiration se fait librement. Ce type d'appareil permet d'améliorer la ventilation alvéolaire et favorise l'expansion thoracique (79)(80), ce qui apparaît fondamental compte tenu de l'atteinte respiratoire dans la scoliose.

De plus, les séances peuvent être couplées à la réalisation de tractions dynamiques de Cotrel si l'enfant le supporte.

Une évaluation de la fonction respiratoire est effectuée avant et à la fin de la cure à partir d'une spirométrie.

(2) La prise en charge psychologique :

Les complications psychologiques de la scoliose et de la mise en place du traitement ont été évoquées ci-dessus. Une prise en charge psychologique est donc effectuée lors de la cure avec des entretiens auprès de psychologues et la réalisation de groupes de paroles.

Les ressentis personnels sont évoqués : vision personnelle de la scoliose, vécu du parcours de soin, le regard des autres, l'attitude de la famille, la scolarité, ...

L'objectif est d'améliorer l'estime de soi du patient et de prendre en charge si nécessaire les personnalités anxieuses ou dépressives. Cette prise en charge permet également de rechercher et de combattre les idées reçues et les fausses croyances.

Un travail d'information du patient et de sa famille est également réalisé, axé sur la maladie et sur la nécessité de mettre en place le traitement.

(3) Surveillance de la tolérance de la cure :

Afin de prévenir le risque de phlébite, une anticoagulation préventive par HBPM est mise en place chez les patients pubères pendant toute la durée de la cure.

En ce qui concerne les complications digestives, le patient bénéficie d'un traitement laxatif per os afin de prévenir le risque de constipation liée à l'immobilisation prolongée.

Par ailleurs, une surveillance électro physiologique est effectuée par la mesure des potentiels évoqués somesthésiques (PES). Un enregistrement de référence est effectué avant la cure, puis un contrôle est réalisé au minimum deux fois pendant la prise en charge. En cas de modification des PES ou d'apparition de signes neurologiques, les tractions sur tables sont suspendues et la hauteur du corset de Milwaukee diminué. En cas de non amélioration à 48h, le port du corset est arrêté pour le reste de la cure. Une IRM médullo-rachidienne est réalisée si les PES sont anormaux en préadmission, ou en cas de persistance des anomalies pendant la cure.

(4) Modalité d'évaluation de l'efficacité :

L'enfant bénéficie de la réalisation d'un bilan complet en kinésithérapie au début et à la fin de chaque cure. Une radiographie du rachis complet, de face, en charge, est réalisée la dernière semaine de la cure.

b) Effets délétères liées à la réalisation de la cure V1 :

La remise en cause du protocole de réalisation de la cure V1 découle de plusieurs facteurs :

- Les résultats mitigés des deux études portant sur le sujet et ne retrouvant qu'un effet sur l'équilibre frontal post-opératoire, mais pas sur le niveau d'arthrodèse ou l'équilibre sagittal (78)(77).
- L'interrogation sur l'effet d'un décubitus prolongé tel qu'il est mis en place dans la cure.
- L'interrogation sur l'effet d'un assouplissement intensif associé à des tractions vertébrales.

Devant ces constatations, une revue de la littérature a été effectuée dans le cadre d'un mémoire de fin d'étude de kinésithérapie (81). D'autres travaux dans la littérature portent également sur le sujet et retrouvent les conclusions suivantes :

(1) A propos du décubitus strict :

Il occupe une place centrale au sein de la cure V1. Cependant, en parallèle des complications de décubitus pouvant être observées chez l'adulte, il est à l'origine de conséquences non

négligeables : complications cardiovasculaires, digestives, musculaires, respiratoires, ostéo articulaires et psychologiques.

⇒ **Conséquences cardiovasculaires :**

Le décubitus prolongé est à l'origine d'une augmentation de la fréquence cardiaque associée à une baisse du volume sanguin central au dépend du volume sanguin périphérique. Ces modifications ont pour conséquences une diminution de la fraction d'éjection systolique et à terme une diminution de la perfusion des tissus. Il en résulte donc une diminution de l'extraction de l'oxygène disponible par les muscles.

Une désadaptation à l'effort est également constatée dès les premières semaines avec une diminution de 25% de la VO₂ max dès la 3^e semaine de décubitus (82). Les capacités aérobie sont également diminuées après seulement 10 jours de décubitus (83).

⇒ **Conséquences digestives :**

Une stase colique et une diminution du péristaltisme digestif est à l'origine d'une constipation fréquente (82). On note également une fréquence plus importante de pyrosis et de reflux gastro œsophagiens en fonction de la durée d'immobilisation (84).

⇒ **Conséquences musculaires :**

Plusieurs études ont montré que le décubitus et l'immobilisation prolongés sont à l'origine de modifications de la structure et des caractéristiques des muscles : diminution de la force maximale, de l'endurance, de l'élasticité et de l'extensibilité du muscle (82) (83). Des modifications de la composition musculaire peuvent également être à l'origine de rétractions.

⇒ **Conséquences ostéo articulaires :**

Deux types de structures sont particulièrement touchées par le décubitus prolongé : les structures osseuses et les articulations. On note une hyper activation ostéoclasique secondaire au décubitus, à l'origine d'une raréfaction osseuse. Il s'agit d'une conséquence non négligeable dans le cadre de patients scoliotiques étant donné que cette raréfaction osseuse survient sur un terrain de résistance osseuse diminuée, comme nous avons pu le voir plus haut. Par ailleurs, les raideurs articulaires et l'apparition d'attitudes vicieuses font partie des complications communément décrites dans le cadre d'une immobilisation prolongée(82).

⇒ **Conséquences psychologiques :**

Peu d'études sont consacrées aux conséquences psychologiques du décubitus. L'expérience clinique et le retour des patients sur la tolérance de la cure V1 plaident en faveur de difficultés psychologiques à supporter ce décubitus prolongé.

⇒ **Conséquences thérapeutiques :**

L'obligation de respecter le décubitus total est une contrainte pour le kinésithérapeute qui s'en trouve donc limité pour le choix de ses techniques. Le travail d'auto correction 3D en position assise ou debout est donc impossible, tout comme le travail de prise de conscience de la déformation dans les actes de la vie quotidienne. Dans les écoles étudiées précédemment, ces exercices occupent une place prépondérante. Même s'il n'existe pas d'étude sur la question, il est logique de penser que se priver de leur réalisation s'apparente à une perte de chance pour le patient.

(2) A propos de l'assouplissement intensif par tractions :

Si l'assouplissement rachidien est recherché en vue de la correction chirurgicale, les conséquences de la réalisation de tractions intensives sont parfois négatives : sur le plan

biomécanique, la réalisation de traction permet une décoaptation des surfaces articulaires, mais a également tendance à diminuer la cyphose thoracique et à aggraver le dos plat scoliotique.

Par ailleurs, plusieurs études chez l'animal ont montré des effets délétères de la traction vertébrale sur la moelle épinière (85)(86) : une diminution du flux sanguin au niveau de la moelle et une altération des PES.

Au terme de cette remise en question, une modification du protocole de réalisation des cures a été initié pour aboutir à la cure V2.

2. Modalités de réalisation de la Cure V2 :

a) Postulat :

Nous avons donc vu qu'un certain nombre de contradictions peuvent amener à remettre en cause le protocole de réalisation des cures V1. En parallèle, d'autres constatations sont à l'origine de la création d'un protocole spécifique à partir duquel est issu la cure V2 :

- La perturbation du sens de la verticalité : dans son étude réalisée en 2016, M. Le Berre retrouve une perte de concordance entre la Verticale Posturale Subjective et la Verticale Gravitaire chez les sujets scoliotiques (87). Ces résultats permettent de supposer que cette représentation centrale erronée de la verticalité pourrait être à l'origine d'une réorientation pathologique de l'axe corporel.
- La sous-estimation de la déformation du tronc dans la scoliose idiopathique de l'adolescent, secondaire à des facteurs psychologiques et neurosensoriels. Toujours dans son étude de 2016 (87), M. Le Berre retrouve une perception incorrecte de la déformation tronculaire chez les sujets scoliotiques de son échantillon. L'échelle utilisée était issue d'un mémoire de fin d'étude de kinésithérapie et construite à partir d'autres

échelles validées en chirurgie pour évaluer la qualité de vie et l'estime de soi des adolescents scoliotiques (88)(89)(90)(91).

b) Protocole de réalisation :

La cure de type V2 est réalisée soit en hospitalisation complète, soit en hospitalisation de jour, pour une durée de 4 semaines. Les permissions sont autorisées le week-end et les jours fériés. Dans le cas d'une hospitalisation de jour, la prise en charge est effectuée 5 jours par semaine. La cure n'est pas réalisée en décubitus.

(1) Traitement rééducatif :

(a) Les tractions :

Des tractions sont réalisées durant l'hospitalisation, par deux méthodes :

- Des tractions dynamiques de Cotrel, réalisées de la manière décrite ci-dessus.
- Des tractions réalisées par l'intermédiaire d'un corset dérivé de Milwaukee. A l'inverse du protocole proposé pour la cure V1, le corset dérivé de Milwaukee n'est porté que la nuit. Le réglage reste progressif durant la cure.

(b) La kinésithérapie :

L'enfant porte un corset de Cheneau la journée, qu'il ôte uniquement pour la réalisation des séances de rééducation. Elles sont biquotidiennes et comportent des exercices de kinésithérapie avec plusieurs axes :

⇒ **La prise de conscience de la déformation :**

- Travail de prise de conscience et d'auto correction devant miroir ou à l'aide d'une Web Cam

- Travail en binôme de type « jeu de rôle » : un patient jouant le rôle du kinésithérapeute, l'autre celui du patient.

⇒ **La prise de conscience de la position corrigée, avec pour objectif de corriger la référence interne pathologique de la verticalité à partir de la verticale gravitaire :**

- Utilisation d'un biofeedback visuel (miroir, Web Cam) et/ou somesthésique (touché du kinésithérapeute) pour la réalisation des exercices.
- Travail d'auto correction 3D en position assise, avec l'aide du kinésithérapeute : pratique du Side-shift, de l'auto agrandissement, rééquilibration de la ceinture scapulaire, lutte contre les compensations vicieuses cervico céphaliques.
- A partir de la position corrigée, le patient doit maintenir la position en résistance à des poussées multidirectionnelles déstabilisantes, de vitesse et d'amplitude variées, en s'aidant du biofeedback visuel et/ou somesthésique.
- Répétition de l'exercice sur un ballon de Klein afin d'augmenter les stimulations proprioceptives.
- Répétition des exercices en position debout.

⇒ **Renforcement musculaire péri vertébral :**

- Exercices de renforcement musculaire réalisés en position corrigée.
- Travail de gainage en position quadrupédique asymétriques de type Klapp.

⇒ **Travail d'assouplissement rachidien et/ou d'étirement des chaînes sous pelviennes, avec pour objectif l'amélioration des capacités d'auto correction 3D :**

- Réalisés en fonction du profil de la scoliose (hypo extensibilité musculaire, raideur, dos plat, gibbosité, ...).
- Travail de posture en ouverture de la concavité.

- Modelage manuel de la gibbosité.
- Etirement des chaînes sous pelviennes.

De même que pour la cure V1, les exercices sont personnalisés afin d'être adaptés aux profils des patients et au bilan d'entrée.

(c) Le travail respiratoire :

Le travail respiratoire est réalisé comme pour une cure V1, comme décrit ci-dessus.

Un paramètre diffère cependant : les séances sous relaxateur de pression sont réalisées soit couplées à la réalisation de tractions dynamiques de Cotrel soit en posture en décubitus latéral avec pour objectif l'ouverture de la concavité et l'expansion du poumon situé dans la concavité. Ce principe de ventilation dirigé est réalisé dans tous les exercices en rééducation, conformément aux principes de Schroth tels que décrits ci-dessus.

Une évaluation de la fonction respiratoire est effectuée avant et à la fin de la cure à partir d'une spirométrie.

(d) L'ergothérapie :

Des séances d'ergothérapie sont organisées pour que le patient prenne conscience de sa position spontanée dans les activités de la vie quotidienne, avec auto et hétéro correction et conseils d'ergonomie en position assise corrigée. L'objectif est de parvenir à l'automatisation de la position corrigée dans les activités de la vie quotidienne.

(e) Le travail en Activité Physique Adaptée (APA) :

Des séances d'activité physique adaptées sont effectuées en complément avec pour objectif le réentraînement à l'effort, le renforcement musculaire péri vertébral en position corrigée et le

travail de l'endurance : gymnastique posturale type Pilates, escalade, cardio-training, musculation, marche nordique. L'automatisation de la position corrigée est toujours recherchée dans la réalisation de ces activités.

(2) La prise en charge psychologique :

Un soutien psychologique tel que décrit ci-dessus est également réalisé.

La prise en charge psychologique a également ici un objectif de prise de conscience de la déformation, ce qui permet par la suite une prise de conscience de la position corrigée.

(3) Prévention des complications :

Il n'y a pas de prévention des risques thromboemboliques ou digestifs pendant le séjour, l'enfant ayant la possibilité de déambuler librement.

Par contre, la surveillance électro physiologique est mise en place de façon similaire à celle décrite pour les Cure V1.

(4) Modalité d'évaluation de l'efficacité :

L'enfant bénéficie de la réalisation en début et fin de cure :

- D'un bilan complet en kinésithérapie.
- D'un bilan complet avec un moniteur d'Activité Physique Adaptée (APA).
- D'une évaluation posturographique.
- D'un bilan respiratoire avec une spirométrie.

A la fin de la cure, une radiographie de rachis de face, en charge, est réalisée.

J. L'analyse posturographique :

1. Généralité sur la posture :

La posture est définie comme le maintien dans une position de référence des segments corporels ainsi que par leur orientation dans l'espace. Le maintien de cette position sous-entend la nécessité de parvenir à l'équilibre malgré l'existence de contraintes internes (masse ou géométrie corporelle) ou externes (gravité, instabilité d'appui, perturbations extérieures). Cette capacité du corps à demeurer dans un alignement adéquat en position debout et de coordonner les différents segments corporels pendant le mouvement définit le contrôle postural (92).

Le contrôle de l'équilibre occupe une place centrale chez l'homme : c'est cette stabilité qui permet la marche bipède, ainsi que la possibilité de libérer ses deux membres supérieurs pour l'exécution d'autres tâches.

Face aux perturbations extérieures ou aux contraintes imposées par le mouvement, l'organisme recueille des informations grâce aux afférences visuelles, somesthésiques et vestibulaires afin de maintenir son équilibre. Grâce à ces informations, des stratégies de régulation de l'équilibre peuvent être mises en place. Ce perpétuel équilibre entre mouvement et maintien de la stabilité peut être représenté par la figure suivante (figure 7) :

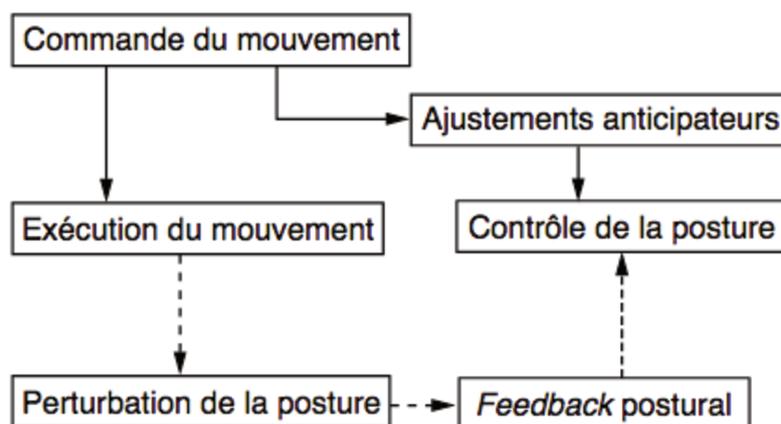


Figure 7 : Organisation de la posture et du mouvement, tiré de Thoumie(93)

a) Structures impliquées dans le contrôle postural :

(1) Structures centrales :

Le système nerveux central est évidemment fortement impliqué dans le contrôle postural. Le tronc cérébral et les ganglions de la base permettent les ajustements posturaux en anticipation ou en rétroaction, le cervelet est impliqué dans la régulation du mouvement tandis que les aires motrices des hémisphères cérébraux jouent un rôle dans la représentation corporelle et dans la construction du référentiel égocentré (93).

L'intégration centrale des informations fournies par les structures périphériques est également fondamentale pour le contrôle postural.

(2) Structures périphériques :

(a) Afférences somesthésiques :

Les afférences somesthésiques correspondent à l'ensemble des perceptions issues des tissus. On peut distinguer les informations proprioceptives, les informations tactiles (afférences extéroceptives) et les informations issues des gravicepteurs viscéraux.

⇒ **Les informations proprioceptives** sont principalement fournies à l'organisme par le biais des structures musculaires : les fuseaux neuro musculaires comportent une terminaison sensitive primaire sensible à l'étirement, notamment l'étirement rapide passif des fibres musculaires. Des récepteurs articulaires (corpuscules de Ruffini et paciniformes) sont également impliqués : localisés dans les capsules articulaires, leur activation est retrouvée dans les positions articulaires extrêmes (93).

⇒ **La sensibilité tactile superficielle** est représentée par les afférences cutanées, composées elles-mêmes des mécanorécepteurs -sensibles à la pression- et des nocicepteurs -sensibles à la douleur (93).

⇒ **Les gravicepteurs viscéraux**, situés au niveau du rein et à d'autres localisations encore inconnues (94)(95). Ils sont également très impliqués dans le contrôle postural.

(b) Afférences vestibulaires :

Elles sont fournies par deux structures situées au niveau de l'oreille interne :

- Les canaux semi circulaires, stimulés lors des mouvements de rotation de la tête.
- Les otolithes du vestibule, sensibles à la position de la tête et aux accélérations.

(c) Afférences visuelles :

Les informations visuelles contribuent à améliorer le contrôle postural, notamment lors de la défaillance d'une des autres afférences citées ci-dessus.

2. Evaluation instrumentale de la posture :

a) Principes et conduite de l'examen :

L'étude des mécanismes impliqués dans le contrôle postural appartient au domaine de la posturographie. Seule la réalisation d'une posturographie statique sera traitée ici.

Auparavant, il convient de définir deux notions fondamentales pour l'analyse : le centre des pressions (CP) et le centre de masse, appelé également centre de gravité (CG).

Le centre des pressions est le point d'application sur lequel s'applique la résultante des forces de réaction au sol. Le centre de masse est un point imaginaire sur lequel l'ensemble de la masse d'un sujet peut être concentré.

L'analyse posturographique est basée sur l'analyse de la trajectoire des centres de pression (statokinésigramme). Cette technique utilise des capteurs de force permettant de mesurer l'évolution au cours du temps de la distribution du poids du corps sur la plateforme de force. Chaque capteur supportant une partie du poids du corps mesure donc la force qui lui est appliquée (96).

Actuellement, les plateformes de forces utilisées pour les analyses posturographiques sont constituées d'un plateau rigide de taille variable. Il est situé sur plusieurs transducteurs qui se chargent de traduire la force appliquée sur la plateforme en un signal électrique interprétable. Des doubles plateformes sont parfois proposées, permettant une analyse séparée des appuis sous chaque pied, ce qui est intéressant dans les pathologies asymétriques comme la SIA (97).

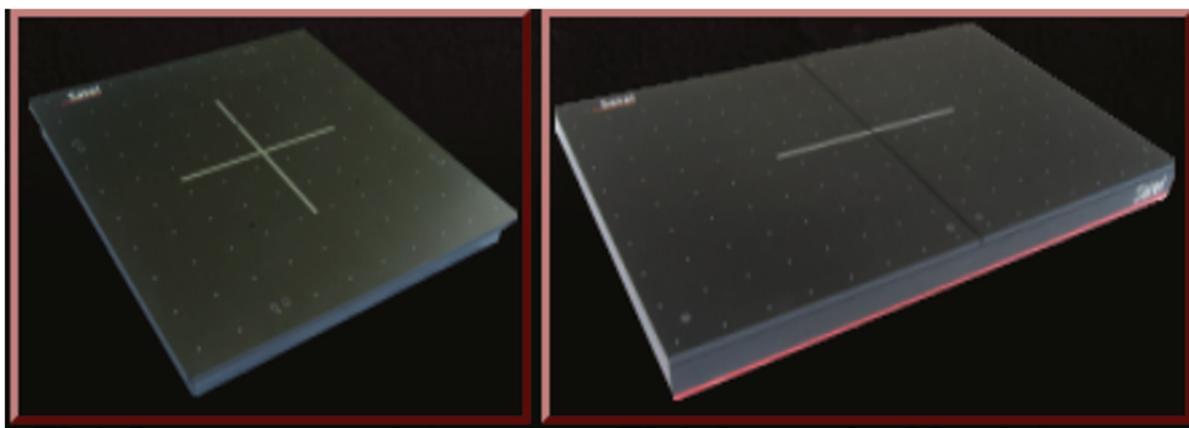


Figure 8 : Exemple de plateforme de force mono ou double plateau

L'analyse des données extraites de cette évaluation permet le calcul automatisé d'un certain nombre de paramètres normalisés de Longueur, de Surface, d'Amplitudes et de Fréquence d'oscillation qui rendent compte de l'aptitude du sujet à maintenir son équilibre orthostatique.

L'utilisation de plateformes de posture permet d'extraire des données objectives et comparables dans le temps sur le contrôle postural.

La réalisation de l'examen nécessite des conditions contrôlées de l'environnement en termes de luminosité. L'épreuve est classiquement réalisée dans une salle dédiée, face à un mur avec peu de repères visuels.

La position du sujet varie selon les auteurs : position libre pour une meilleure stabilité ou imposée pour une meilleure reproductibilité. L'exercice nécessite néanmoins la stabilisation du regard vers le mur (ou une cible) placée à environ 1 mètre (distance de repos oculaire).

La durée de l'examen est variable : de 20 à 51.2 secondes.

Le test est réalisé selon plusieurs modalités : Yeux Ouverts (=YO) et Yeux Fermés (=YF), afin de soustraire les informations visuelles et directement sur la plateforme (sol dur) ou sur mousse, afin de soustraire les informations somesthésiques (98)(99).

b) Informations recueillies :

La mesure des forces et des moments exercés au niveau de la plateforme permet de calculer les coordonnées du centre de pression. Il est admis quand dans une position statique (avec oscillations de basse fréquence) les variations du centre des pressions sont corrélées à celle du centre de gravité.

La conduite d'une analyse posturographique sur plateforme de force permet de recueillir les éléments suivants :

- **L'X moyen**, correspondant à la position moyenne de la verticale de gravité dans le plan médio-latéral.

- **L'Y moyen**, correspondant à la position moyenne de la verticale de gravité dans le plan antéro-postérieur.

L'X et l'Y moyen permettent de définir la position moyenne du centre des pressions (CP). Chez un sujet sain, immobile, elle est située légèrement en arrière et à droite du centre de la plateforme (97) (100).

- **La surface d'oscillation**, correspondant à la surface balayée par le centre des pressions et est représentée par une ellipse incluant 85% des points.
- **La longueur totale** des déplacements du centre des pressions. Cette mesure, rapportée à la surface d'oscillation associée, permet de calculer le paramètre de **Longueur en Fonction de la Surface (=LFS)** qui donne une bonne estimation de la dépense d'énergie.
- **L'écart type de la vitesse**, correspondant à la vitesse de déplacement entre deux positions successives du centre de gravité. Elle est témoin de l'action du triceps sural et est bien corrélée au tonus musculaire (101).
- **Le Quotient de Romberg (QR)**, correspondant à l'intégration des afférences visuelles dans le contrôle postural. Il est calculé par le rapport entre les surfaces d'oscillations yeux fermés et yeux ouverts. Classiquement, la fermeture des yeux majore les surfaces d'oscillation. Le QR est d'autant plus élevé que les afférences visuelles contribuent à l'équilibre.
- **Le Quotient Plantaire (QP)**, correspondant à l'intégration des afférences podales dans le contrôle postural. Il est calculé par le rapport entre les surfaces d'oscillations sur

mousse et sur sol dur. Classiquement, la mesure de l'équilibre sur mousse majore les surfaces d'oscillations car elle diminue la stimulation podale.

- **L'analyse fréquentielle des oscillations dans les 2 axes X et Y par transformée rapide de Fourier/ Fast Fourier Transform (FFT)** : permet de trier les oscillations par bandes de fréquence et d'analyser les stratégies de contrôle postural. Elles peuvent indiquer des atteintes neurologiques spécifiques (101).

Chez un sujet sain immobile, on ne retrouve pas de pic fréquentiel et la fréquence moyenne d'oscillation est basse, inférieure à 0,5 Hz (97).

- **Le pourcentage du poids du corps supporté par chaque jambe**, si l'analyse est réalisée à l'aide d'une plateforme double plateau. Cela permet de mettre en évidence une asymétrie d'appui éventuellement présente.

Les normes de ces paramètres posturographiques sont sujets à controverse.

En effet, les valeurs de référence utilisées par la plateforme Satel sont basées sur les Normes 85, décrites par Gagey et Bizzo. Si elles sont parfois considérées comme une référence, notamment en France, il faut néanmoins souligner l'amplitude importante des valeurs dites normales, notamment en ce qui concerne le QR.

D'autres valeurs de références leur sont préférées dans la littérature. Dans ses travaux, Thoumie décrit à plusieurs reprises les normes de sujets « contrôles » et utilise une valeur arrondie de ces normes. Les différentes valeurs peuvent être résumées dans le tableau 3 ci-dessous :

Tableau 3 : Normes posturographiques

Item	Norme 85	P. Thoumie et al (2009) (102)	Gomes Paiva, P.Thoumie et Missaoui (2016) (103)	Missaoui et Al (2010) (104)
Surface d'oscillation YO (mm ²)	91 (39/210)	179 +/- 94	186 +/- 66	155 +/-60
Surface d'oscillation YF (mm ²)	225 (79/638)	357 +/- 307	395 +/- 344	310+/-115
Surface d'oscillation sur mousse (mm ²)	/	326 +/- 255	/	325 +/- 155
QR	2,88 (1,12-6,77)	1,99	2,12	2
QP	/	1,82	/	2,09

Il existe donc des fluctuations des valeurs pouvant être considérées comme référence. Dans ce contexte, l'utilisation de valeurs proches de celles décrites par Thoumie peut sembler plus approprié que l'utilisation des valeurs référencées dans la plateforme Satel.

Nous utiliserons donc les valeurs de référence suivantes :

- **Surface d'oscillation YO : 100 (90-200) mm²**
- **Surface d'oscillation YF : 200-250 mm²**
- **Surface d'oscillation Mousse : 200-250 mm²**
- **QR : 2 (1,5-3,5)**
- **QP : 2 (1,5-3,5)**

En ce qui concerne les valeurs de référence pour la position moyenne du centre des pressions définie par le X moyen et le Y moyen, on retrouve moins de disparités, la position en légère

rétropulsion et à droite du centre de la plateforme étant généralement considérée comme normale. Les valeurs de référence utilisées ici se basent sur celles de la norme 85 :

- **X moyen en condition YO (=XYO) : 1,1 (-9,6/11,7)**
- **X moyen en condition YF (=XYF) : 0,3 (-10,5/11,1)**
- **X moyen en condition M (=XM) : 1,1 (-9,6/11,7)**
- **Y moyen en condition YO (=YYO) : -29,2 (-1,5/-57)**
- **Y moyen en condition YF (=YYF) : -27,5 (-3,6/-51,4)**
- **Y moyen en condition M (=YM) : -29,2 (-1,5/-57)**

c) Application dans la scoliose :

Nous avons vu que le contrôle postural est défini comme le maintien dans une position de référence des différents segments corporels dans l'espace.

La scoliose idiopathique de l'adolescent étant définie comme une déformation tridimensionnelle du rachis, il est logique de penser que des modifications du contrôle postural peuvent être retrouvées dans cette pathologie. Certaines études vont dans ce sens :

- Nault, dans une étude réalisée en 1976 retrouve une corrélation entre les modifications de la position du CP et les paramètres cliniques de posture chez les patients scoliotiques. Il retrouve une augmentation de la surface d'oscillation chez les sujets scoliotiques (105).
- En 1993, Byl et al réalise une étude sur 70 sujets à l'aide d'une plateforme de force (106). Il n'existe pas de différence significative en termes d'équilibre statique dans des situations statiques, ou à la stimulation d'une seule modalité sensorielle. Cependant, à la stimulation de plusieurs modalités sensorielles, il note que la surface d'oscillation des sujets scoliotiques augmente significativement, pouvant témoigner d'un manque d'adaptation de l'équilibre.

- En 2005, l'étude de Simoneau et al s'intéresse à la dépendance visuelle et proprioceptive de l'équilibre de sujets scoliotiques. Il démontre que les sujets scoliotiques présentent une plus grande variabilité de longueur de déplacement du centre des pressions par rapport aux sujets sains, notamment lorsque l'entrée proprioceptive est perturbée (par l'utilisation de vibrations sur le tendon d'Achille). Ces résultats témoignent d'une plus grande dépendance aux informations proprioceptives des sujets scoliotiques (107).
- Le Berre, dans une étude contrôlée multicentrique portant sur 195 sujets, retrouve une différence significative à la réalisation d'un test d'équilibre (Fukuda-Utenberger) entre les sujets sains et scoliotiques. Ces résultats témoignent donc d'une altération de la proprioception dynamique dans la SIA (108).
- En 2013, Paolucci réalise une étude sur le contrôle postural des patients scoliotiques, à partir de 13 sujets. Si l'étude porte sur l'effet du port du corset sur les paramètres posturographiques, on peut néanmoins constater que ces paramètres sont perturbés par rapport aux valeurs de référence dès l'analyse initiale chez les sujets scoliotiques, sans port du corset : il rapporte une augmentation de la différence de report de poids sur les 2 membres inférieurs, une augmentation de la longueur totale de déplacement et des vitesses d'ajustement plus importantes. Toutes ces données sont significatives et retrouvées YO et YF (109).
- Dans une étude contrôlée rétrospective d'Agnagni et al, effectuée sur 24 sujets, les constatations suivantes sont retrouvées : les sujets scoliotiques présentent un QR inférieur à la norme ($p=0.04$), en faveur d'une mauvaise intégration visuelle. Des surfaces d'oscillation plus élevées sont également retrouvées mais uniquement chez les sujets présentant une scoliose dorsolombaire droite ($p=0.01$) (110).

- En 2015, une autre étude réalisée sur 65 patients met en évidence des surfaces d'oscillation plus amples et des performances moindres du contrôle postural chez les patients scoliotiques (111).
- En 2017, une étude réalisée au centre Marc Sautelet par T. Arbabaoui et Catanzariti avait pour but d'établir un profil posturographique spécifique en fonction d'un type de SIA. 120 patientes scoliotiques sont séparées en différents groupes en fonction du type de courbure, de l'angle de Cobb et de la gîte frontal. Aucune corrélation n'a été retrouvée entre les paramètres radio cliniques et stabilométriques. Ces résultats sont en accord avec d'autres résultats actuellement disponibles dans la littérature (112).

En conclusion, si des modifications du contrôle postural sont présentes dans le cadre de la scoliose, les anomalies mises en évidence lors des évaluations posturographiques ne semblent malheureusement pas systématiquement retrouvées d'une étude à l'autre.

Aucune étude n'a cependant été réalisée sur l'effet de la rééducation de la scoliose sur ces paramètres posturaux, notamment dans le cadre de protocoles comprenant des exercices d'autocorrection et de contrôle postural rachidien.

K. Objectifs de l'étude :

Les cures de rééducation intensive font partie de l'arsenal thérapeutique disponible pour le traitement des scoliose évolutives. Plusieurs schémas thérapeutiques bien distincts sont réalisés à travers le monde et parfois même au sein d'un même centre.

Plusieurs types de cures sont encore réalisées au sein du centre Marc Sautelet à Lille sans pour autant qu'une étude comparative ait pu être réalisée, que ce soit sur les résultats à court ou à moyen terme ou sur les facteurs pouvant prédire l'efficacité ou non de la cure.

Si les exercices proposés sont fréquemment axés sur le contrôle postural rachidien, aucune étude n'a été réalisée pour connaître l'effet d'une telle rééducation sur le profil posturographique des patients.

Objectif principal de l'étude : Comparaison de l'efficacité sur l'angle de Cobb des cures V1 réalisées couchées aux cures V2 réalisées debout.

Objectifs secondaires :

- ⇒ Comparaison de l'efficacité des cures V1 par rapport aux cures V2 sur :
 - L'angle de Cobb à 6 mois de la cure.
 - L'angle de Cobb à 12 mois de la cure.
- ⇒ Etudier l'effet de la cure V2 sur le profil posturographique des patients.
- ⇒ Rechercher les facteurs prédictifs d'efficacité de la cure V2.

II. Patients et méthode :

A. Population :

Il s'agit d'une étude rétrospective réalisée à partir de l'ensemble des dossiers des patients hospitalisés au centre Marc Sautelet pour une cure de distraction entre le 01/01/2011 et le 30/06/2017.

Les critères d'inclusion étaient les suivants :

- Réalisation d'une cure V1 ou V2 au sein du centre Marc Sautelet entre le 01/01/2011 et le 30/06/2017.
- Scoliose de forme idiopathique quel que soit la topographie de la courbe.
- Patients et représentants légaux informés de la possible utilisation des données du dossier médical de manière anonyme à des fins de recherche.
- Age compris entre 10 et 18 ans.
- Scoliose simple, double ou triple courbure avec angle de Cobb $> 15^\circ$.
- Examen neurologique normal.

Les critères de non inclusion étaient les suivants :

- Scoliose non idiopathique, quel que soit l'étiologie : malformative, génétique, neuromusculaire, ...
- Troubles de la statique rachidienne non scoliotique (hypercyphose, spondylolisthésis)
- Inégalité de longueur des membres inférieurs $> 2\text{cm}$.
- Autre type de cure réalisée (plâtre EDF, cure de réadaptation musculaire, ...).
- Refus de participer à l'étude.

- Patients ou représentants légaux n'ayant pu être informés.

B. Méthode :

Le patient bénéficiait du protocole de réalisation d'une cure V1 ou d'une cure V2 tel que décrit ci-dessus.

1. Données de la population :

Les données étudiées de la population étaient :

- L'âge au moment de la cure.
- Le type de courbure.
- La localisation de la courbure.
- Le Risser.
- Le sexe.
- L'IMC.
- L'âge de découverte de la scoliose.

2. Evaluation radiologique lors de la cure :

Une radiographie de face, en charge, sans corset était réalisée dans les 3 mois précédant la cure. Une autre radiographie était réalisée dans les mêmes conditions lors de la dernière semaine d'hospitalisation.

Sur ces radiographies étaient évalués : la localisation et la topographie des courbures, l'angle de Cobb et le Risser.

Pour l'analyse statistique des données, une différence d'angle de Cobb $\leq 5^\circ$ était interprétée comme une stabilité des courbures. Une majoration de l'angle de Cobb $>5^\circ$ comme une aggravation et une diminution $>5^\circ$ comme une amélioration. Cette dichotomie est en accord

avec les recommandations de la SOSORT, de la SRS et celles communément retrouvées dans la littérature (113).

3. Evaluation à long terme :

Le sujet bénéficiait d'une consultation de contrôle à 6 mois et à 12 mois de la cure. Pour chacune de ces consultations, une radiographie de face, en charge, sans corset était programmée afin d'évaluer l'angle de Cobb des courbures et le Risser. Ces consultations n'étaient pas réalisées chez les patients ayant bénéficié d'une arthrodèse dans l'intervalle.

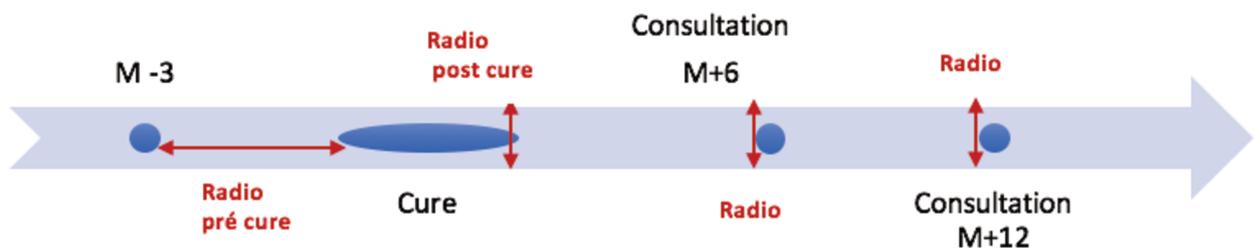


Figure 9 : protocole de suivi radiographique

Pour l'analyse statistique, les angles de Cobb à M6 et M12 étaient comparés aux angles de Cobb en pré cure uniquement.

4. Evaluation posturographique :

Compte tenu de l'obligation de respecter un décubitus strict, les cures V1 n'ont pas bénéficié de la réalisation d'une étude posturographique. Seules les cures V2 sont donc concernées par cette analyse.

L'analyse était effectuée dans le cadre d'une cure V2 telle que décrite ci-dessus.

L'évaluation initiale était réalisée lors de la première semaine d'hospitalisation ou dans le mois précédant l'entrée en cure.

L'analyse posturographique de sortie était réalisée lors de la dernière semaine de cure.

Une plate-forme de force de type Satel était utilisée.

Pour l'analyse sur mousse, une base mousse en Podialene-Evalene de 3mm d'épaisseur et de dimension de 900x900mm était utilisée et disposée sur la plateforme.

Les modalités d'enregistrement étaient les suivantes : le patient est positionné debout sur la plateforme, sans corset, yeux ouverts, yeux fermés puis sur yeux ouverts sur une mousse.

L'enregistrement complet était effectué dans une salle dédiée, par un manipulateur formé à la technique. La durée d'enregistrement est de 51,2 secondes.

C. Analyse statistique :

Le calcul du nombre de sujets nécessaire a été fait a priori. Il s'agit ici d'un essai de non infériorité, avec un critère de jugement quantitatif.

Le calcul du nombre de sujets nécessaires a donc été effectué avec la formule suivante (114):

$$n = \frac{2\sigma^2}{\Delta_L^2} (z_{1-\alpha} + z_{1-\beta})^2$$

Avec :

$\Delta = 5$: Marge d'équivalence (la plus grande perte d'efficacité consentie) et définie ici à 5°.

$\sigma = 7$: Variance du critère de jugement principal, définie à partir des données de la littérature

$\alpha = 5\%$: Risque de première espèce

β : Risque de deuxième espèce, avec la puissance $1 - \beta$ à 90%.

n : le nombre de sujet à inclure dans chaque groupe.

34 patients étaient nécessaires dans chaque groupe pour l'analyse voulue.

En ce qui concerne les données démographiques de la population étudiée :

- Un test de Student T a été utilisé pour l'analyse de l'âge de réalisation de la cure.
- Un test non paramétrique de Wilcoxon-Mann-Whitney a été utilisé pour l'analyse des paramètres suivants : âge de découverte, IMC, angle de Cobb initial des courbures principales et secondaires.
- Un test du Khi deux a été utilisé pour l'analyse du sexe et du Risser.

En ce qui concerne l'analyse du critère de jugement principal :

- Les valeurs suivant une loi normale, un test de Student T a pu être utilisé.

En ce qui concerne l'analyse des critères de jugement secondaire :

- En ce qui concerne l'analyse de la variation d'angle de Cobb de la courbure principale à 6 mois et à 12 mois, des analyses en sous-groupe ont été effectuées pour compenser le pourcentage de données manquantes. Les valeurs ne suivant pas une loi normale, un test non paramétrique de Wilcoxon-Mann-Whitney a été utilisé.
- Pour les variations de l'angle de Cobb de la courbure secondaire en post cure, à M6 et M12, une analyse en sous-groupe a également été utilisée afin de compenser le pourcentage de données manquantes. Les valeurs suivant une loi normale, un test T de Student a pu être utilisé.
- Pour l'analyse des facteurs prédictifs d'efficacité, un test T de Student a été utilisé pour tester l'âge de réalisation de la cure et l'IMC. Un test du Khi-deux a été utilisé pour le stade de Risser, l'existence d'une courbure secondaire et la topographie de la scoliose. Un test non paramétrique de Wilcoxon-Mann-Whitney a été utilisé pour l'âge de découverte de la scoliose et l'angle de Cobb avant cure.

III. Résultats :

A. Population :

Entre le **01/01/2011** et le **30/06/2017**, **329 dossiers** faisaient référence à la réalisation d'une cure dite de distraction. A l'examen de ces dossiers, **112 patients ne remplissant pas les critères d'inclusion ont été exclus** :

- **13** patients avaient bénéficié d'un autre type de cure (cure de réadaptation, plâtre EDF, Halo crânien).
- **7** patients présentaient des troubles de la statique rachidienne non scoliotique (hypercyphose, maladie de Scheuermann).
- **2** patients présentaient une inégalité de longueur des membres inférieurs > 2cm.
- **2** patients présentaient une arthrite juvénile.
- **18** patients présentaient des troubles du développement, un retard psychomoteur ou des troubles mentaux.
- **37** patients présentaient un syndrome poly malformatif associé.
- **4** patients présentaient une pathologie neuro musculaire associée.
- **18** patients présentaient une atteinte neurologique, une syringomyélie ou une malformation d'Arnold Chiari associée.
- **3** patients présentaient une malformation vertébrale (bloc vertébral).
- **2** patients présentaient un syndrome de Marfan associé.
- **6** cures étaient réalisées dans un contexte métastatique vertébral, oncologique ou de chirurgie thoracique ou rachidienne.

Sur les **217** patients restants, **85** avaient bénéficié d'une cure V2, dont 13 dans un contexte pré opératoire, et **132** d'une cure V1, dont 67 dans un contexte pré opératoire.

A l'examen des dossiers, 19 angles de Cobb pré/post cure n'étaient pas disponibles pour les cures V2 contre 79 angles pour les cures V1. Les causes les plus fréquentes de cette absence étaient l'absence de réalisation de clichés en post cure, la réalisation de clichés sous corset, couchés ou en bending et la sortie prématurée de cure (figure 10).

Au total, 66 patients avaient pu bénéficier d'une évaluation radiologique pré et post cure lors d'une cure V2 contre 53 patients pour les cures V1.

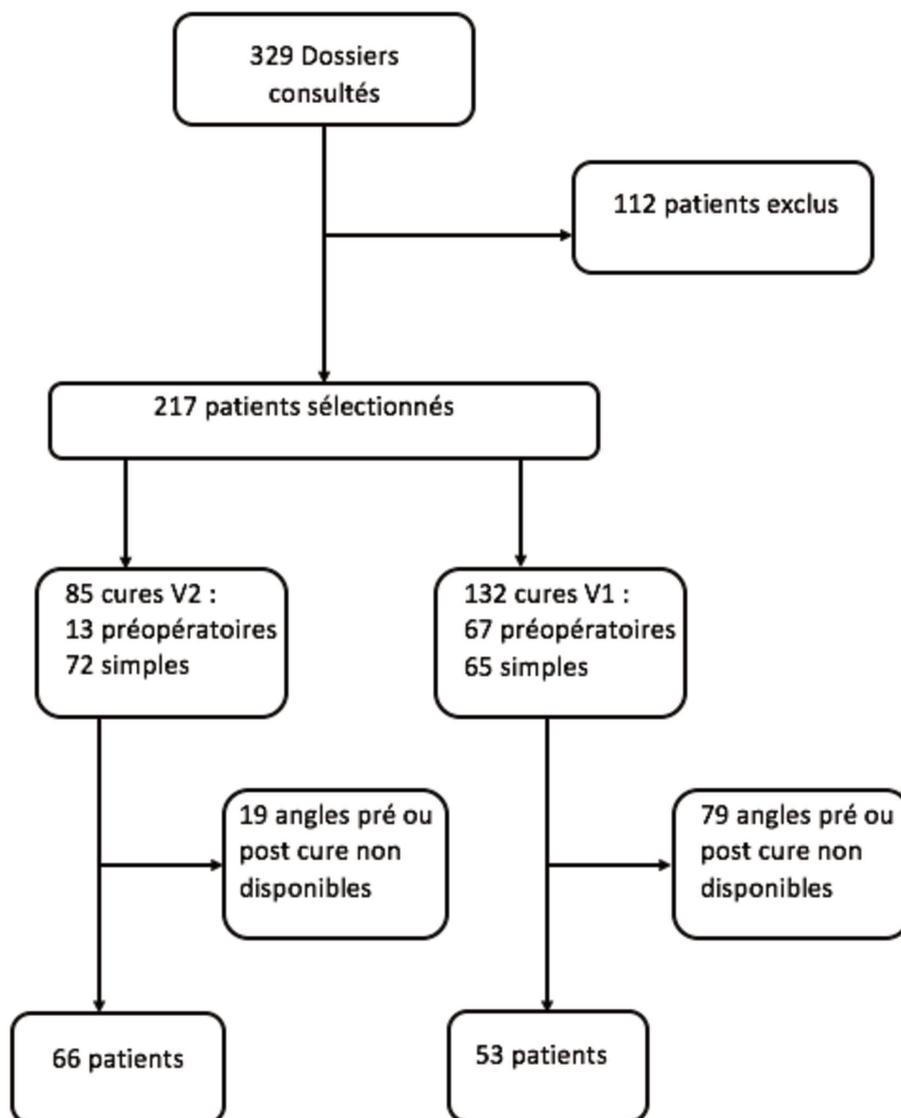


Figure 10 : Flow Chart

A noter qu'au sein des 85 cures V2 éligibles, 71 patients au total ont pu bénéficier d'une analyse posturographique au moins. 56 d'entre eux ont effectué une analyse initiale et 47 une évaluation post cure. 32 patients au total ont bénéficié d'une évaluation avant et après cure (figure 11).

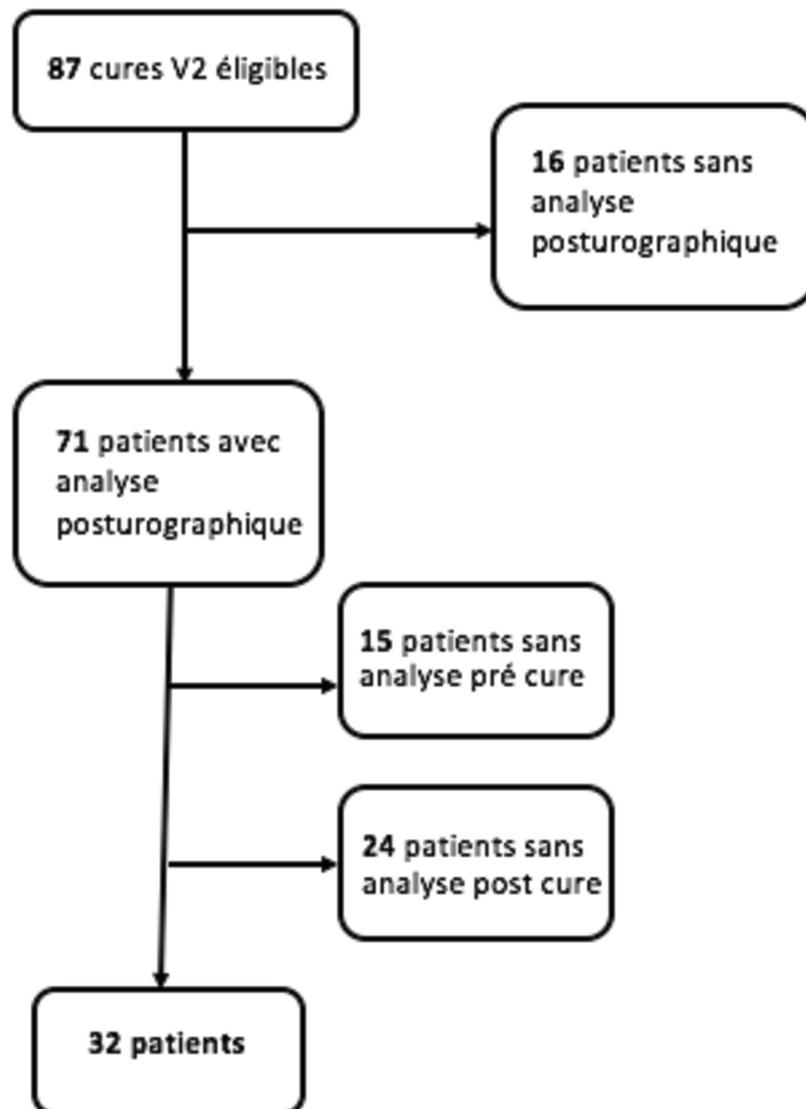


Figure 11 : Flow Chart analyse posturographique

1. Caractéristiques de la population étudiée :

Tableau 4 : Caractéristiques de la population

		Groupe V1 N = 53	Groupe V2 N = 66	p
Age (années)	Moyenne (+/- écart type)	14,00 (+/-1,795)	14,37 (+/- 1,608)	0,237
IMC	Médiane (Q1-Q3)	18,15 (16,42-20,69)	18,14 (16,65-20,00)	0,806
Age de découverte (années)	Médiane (Q1-Q3)	11,00 (8,00-13,00)	11,00 (8,38-13,00)	0,743
Sexe Effectif (%)	Féminin Masculin	49 (92,5) 4 (7,5)	54 (81,8) 12 (18,2)	0,091
Risser : Effectif (%)	≤1 2 3 ≥4	14 (27,5) 7 (13,7) 17 (33,3) 13 (25,5)	26 (40,0) 5 (7,7) 12 (18,5) 22 (33,8)	0,139
Angle de Cobb (courbure principale)	Médiane (Q1-Q3)	50,00 (40,50-60,00)	40,00 (32,75-47,00)	0,000
Angle de Cobb (courbure secondaire)	Médiane (Q1-Q3)	41,00 (31,00-46,50)	30,00 (22,25-34,75)	0,000

La population étudiée était donc composée de 2 groupes : le groupe V1 (53 sujets) et le groupe V2 (66 sujets).

L'âge moyen était de **14 ans (+/- 1,795)** dans le groupe V1, contre **14,37 ans (+/- 1,608)** dans le groupe V2. Les groupes sont comparables pour cette variable (**p=0,237**).

La médiane d'IMC était de **18,15** pour le groupe V1, contre **18,14** pour le groupe V2. Il n'existe pas de différence significative sur ce point (**p=0,806**).

La médiane d'âge de découverte était identique dans les deux groupes (**11 ans**), les populations sont donc comparables sur ce point (**p=0,743**).

Le groupe V1 était composé à **92,5%** de filles, contre **81,8%** dans le groupe V2. Il n'existe pas de différence significative sur ce point (**p = 0,091**).

Le Risser moyen était à **2,32** dans le groupe V1, contre **2,24** dans le groupe V2. La répartition des stades de Risser dans les groupes était la suivante :

- **Risser ≤ 1** : **27,5%** dans le groupe V1 contre **40,0%** dans le groupe V2.
- **Risser 2** : **13,7%** dans le groupe V1 contre **7,7%** dans le groupe V2.
- **Risser 3** : **33,3%** dans le groupe V1 contre **18,5%** dans le groupe V2.
- **Risser ≥ 4** : **25,5%** dans le groupe V1 contre **33,8%** dans le groupe V2.

La répartition est comparable dans les deux groupes (**p=0,139**).

L'angle de Cobb médian pour la courbure principale en pré cure est de **50,0°** dans le groupe V1 contre **40,0°** dans le groupe V2. La différence est significative entre les deux groupes (**p<0,05**).

Pour la courbure secondaire, l'angle de Cobb médian en pré cure est de **41,0°** dans le groupe V1 contre **30,0°** dans le groupe V2. La différence est également significative entre les groupes (**p<0,05**).

Tableau 5 : Topographie de la scoliose selon les groupes

		Groupe V1 N= 53	Groupe V2 N=66
Courbure principale Groupe V1 : 53 Groupe V2 : 66	DD	38 (71,7)	46 (69,7)
	DG	2 (3,8)	2 (3,0)
	LD	0 (0,0)	0 (0,0)
	LG	3 (5,7)	0 (0,0)
	CDG	2 (3,8)	0 (0,0)
	CDD	0 (0,0)	0 (0,0)
	TLG	4 (7,5)	9 (13,6)
	TLD	4 (7,5)	9 (13,6)
	<i>Effectif (%)</i>		
Courbure secondaire Groupe V1 : 44 Groupe V2 : 57	DD	8 (18,2)	8 (14,0)
	DG	1 (2,3)	2 (3,5)
	LD	1 (2,3)	1 (1,8)
	LG	32 (72,7)	32 (56,1)
	CDG	0 (0,0)	7 (12,3)
	CDD	0 (0,0)	0 (0,0)
	TLG	0 (0,0)	6 (10,5)
	TLD	2 (4,5)	1 (1,8)
	<i>Effectif (%)</i>		
Courbure tertiaire Groupe V1 : 3 Groupe V2 : 11	DD	0 (0,0)	0 (0,0)
	DG	0 (0,0)	0 (0,0)
	LD	0 (0,0)	0 (0,0)
	LG	2 (66,66)	1 (9,1)
	CDG	1 (33,33)	9 (81,8)
	CDD	0 (0,0)	1 (9,1)
	TLG	0 (0,0)	0 (0,0)
	TLD	0 (0,0)	0 (0,0)
	<i>Effectif (%)</i>		

En ce qui concerne le nombre de courbures des populations étudiées, on constate que :

- Dans le groupe V1, **44 sujets (83%)** présentent une courbure secondaire, contre **57 sujets (86%)** dans le groupe V2.
- Dans le groupe V1, seuls **3 sujets (5,66%)** présentent une troisième courbure, contre **11 (16,66%)** dans le groupe V2.

Pour la topographie des courbures principales, on constate que :

- Dans le groupe V1, les courbures principales sont à **71,7% des DD, 7,5% des TLG, 7,5% des TLD, 5,7% des LG, 3,8% des DG et 3,8% des CDG.**

- Dans le groupe V2, les courbures principales sont à **69,7% des DD, 13,6% des TLG, 13,6% des TLD et 3,0% des DG.**

Pour la topographie des courbures secondaires, on constate que :

- Dans le groupe V1, les courbures secondaires sont à **72,7% des LG, 18,2% des DD, 4,5% des TLD, 2,3% des DG et 2,3% des LD.**
- Dans le groupe V2, les courbures secondaires sont à **56,1% des LG, 14,0% des DD, 12,3% des CDG, 10,5% des TLG, 3,5% des DG, 1,8% des LD et 1,8% des TLD.**

Pour la topographie des courbures tertiaires, avec toute la réserve qu'impose le faible nombre de sujets, on constate que :

- Dans le groupe V1, les courbures tertiaires sont à **66,66% des LG et 33,33% des CDG.**
- Dans le groupe V2, les courbures secondaires sont à **81,8% des CDG, 9,1% des LG et 9,1% des CDD.**

Pour la topographie des courbures, les sous-groupes étaient de taille insuffisante pour réaliser une analyse statistique fiable.

B. Evaluation de l'efficacité des cures V1 et V2 sur l'angle de Cobb de la courbure principale, en fin de cure :

On note une **amélioration significative >5° de l'angle de Cobb** en sortie de cure dans les deux cas.

Dans le groupe V1, l'amélioration moyenne de l'angle de Cobb en fin de cure est de **9,2642° (+/- 6,41558)**. Dans le groupe V2, l'amélioration moyenne en fin de cure est de **6,8485° (+/-**

6,35911). La différence moyenne entre les 2 groupes est de **2,41567°** avec un intervalle de confiance à 95% (**0,08362-0,474772**), **p= 0,042** (tableau 6).

La borne supérieure de l'intervalle de confiance est $<5^\circ$ avec $p < 0,05$. On peut donc conclure à la non infériorité de la cure V2 par rapport à la cure V1.

Il n'existe donc pas de différence significative d'amélioration de l'angle de Cobb en fin de cure entre les groupes V1 et V2.

		Groupe V1 N = 53	Groupe V2 N = 66	Différence moyenne (IC 95%)	p
Amélioration de l'angle de Cobb en fin de cure	Moyenne	9,2642	6,8485	2,41567	P=0,042
	(+/- Ecart type)	(+/- 6,41558)	(+/- 6,35911)	(0,08362-0,474772)	

Tableau 6 : Amélioration de l'angle de Cobb en fin de cure

En fin de cure, pour le groupe V1, on retrouve une stabilité des courbures **pour 28,3%** des sujets (15 patients), une amélioration $>5^\circ$ pour **71,7%** d'entre eux (38 patients) et aucun sujet avec une aggravation $>5^\circ$ d'angle de Cobb.

Pour le groupe V2, **43,9%** des sujets sont stabilisés (29 patients), **53,0%** présentent une amélioration $>5^\circ$ d'angle de Cobb (35 sujets) et **3%** une aggravation $>5^\circ$ (2 sujets). La comparaison entre les groupes n'est cependant pas interprétable statistiquement en raison du peu d'effectif de patients aggravés (tableau 7).

		Groupe V1 N=53	Groupe V2 N=66
Angle de Cobb en fin de cure Effectif (%)	Stabilité (différence $<5^\circ$)	15 (28,3%)	29 (43,9%)
	Amélioration $>5^\circ$	38 (71,7%)	35 (53,0%)
	Aggravation $>5^\circ$	0 (0)	2 (3,0%)

Tableau 7 : évolution en fin de cure

C. Evaluation de l'efficacité des cures V1 et V2 sur l'angle de Cobb des courbures secondaires en fin de cure :

L'analyse de l'efficacité des cures V1 et V2 sur les courbures secondaires a pu être réalisée à partir d'une analyse en sous-groupe, compte tenu du fait que tous les sujets ne présentaient pas de courbure secondaire et compte tenu du pourcentage de perte de données, notamment dans le groupe V1.

Au terme de la cure, pour la courbure secondaire on note une amélioration de **10,28° (+/- 5,73)** d'angle de Cobb pour la cure V1 contre **1,15° (+/-4,43)** pour la cure V2. La différence moyenne est à **9,12°**, avec un intervalle de confiance à 95% à (6,75-11,49). La différence est significative avec **p < 0,017** (tableau 8).

		Groupe V1	Groupe V2	Différence moyenne (IC95%)	p
Amélioration de l'angle de Cobb en fin de cure (courbure secondaire)	Moyenne (+/- Ecart type)	10,28 (+/- 5,73)	1,15 (+/- 4,43)	9,12615 (6,75-11,49)	P < 0,017

Tableau 8 : amélioration de l'angle de Cobb en fin de cure, courbure secondaire

En fin de cure, dans le groupe V1, on retrouve une amélioration > 5° de la courbure secondaire dans **84,6%** des cas, une stabilité dans **15,4%** des cas et aucune aggravation > 5°.

Dans le groupe V2, on retrouve une amélioration >5° de la courbure secondaire dans **22,6%** des cas, une stabilité pour **73,6%** des patients et une aggravation > 5° pour **3,8%** d'entre eux.

Ces résultats sont cependant à interpréter avec prudence compte tenu du nombre de données manquantes concernant les courbures secondaires, tout particulièrement pour la cure V1 (tableau 9).

		Groupe V1 N=26	Groupe V2 N=53
Evolution de l'angle de Cobb en fin de cure (Courbure secondaire) <i>Effectif (%)</i>	Stabilité (Différence <5°)	4 (15,4%)	39 (73,6%)
	Amélioration >5°	22 (84,6%)	12 (22,6%)
	Aggravation >5°	0 (0)	2 (3,8%)

Tableau 9 : Evolution en fin de cure, courbure secondaire

D. Evaluation de l'efficacité à 6 mois :

1. Courbure principale :

Une analyse en sous-groupes a été effectuée compte tenu du pourcentage de données manquantes à 6 mois. Une évaluation à 6 mois est possible pour **24 cures V1** et **53 cures V2**. A 6 mois, on note une aggravation moyenne de **2,91°** pour la cure V1 par rapport à l'angle de Cobb pré cure, avec une médiane à **2°**. Pour la cure V2, on note une amélioration de **1,13°** par rapport à l'angle de Cobb pré cure, avec une médiane à **3°**. Ces valeurs sont donc en faveur d'une stabilité des courbures à 6 mois, car la différence est < 5° d'angle de Cobb. Il n'existe pas de différence significative entre les 2 cures (**p = 0,283**) (tableau 10).

		Groupe V1 N = 24	Groupe V2 N= 53	p
Différence d'angle de Cobb à 6 mois (courbure principale)	Médiane (Q1-Q3)	+2° (-8,75 ; 14,25)	-3° (-5 ; +1)	p = 0,283

Tableau 10 : Différence d'angle de Cobb à 6 mois

A 6 mois, dans le groupe V1, on retrouve une amélioration >5° de la courbure principale par rapport à l'angle de Cobb pré cure pour **33,3% des patients (8 sujets)**. La courbure est

stabilisée dans **25% des cas (6 sujets)** et aggravée de plus de 5° dans **41,7% des cas (10 sujets)**.

Dans le groupe V2, on retrouve une amélioration >5° dans **22,6% des cas (12 sujets)**, une stabilité dans **66,0% des cas (35 sujets)** et une aggravation >5° dans **11,3% des cas (6 sujets)** (tableau 11).

		Groupe V1 N=24	Groupe V2 N=53
Evolution de l'angle de Cobb à 6mois (Courbure principale) Effectif (%)	Stabilité (Différence <5°)	6 (25,0%)	35 (66,0%)
	Amélioration >5°	8 (33,3%)	12 (22,7%)
	Aggravation >5°	10 (41,7%)	6 (11,3%)

Tableau 11 : évolution à 6 mois

2. Courbure secondaire :

Une analyse en sous-groupe a été effectuée compte tenu du pourcentage de données manquantes. Pour la courbure secondaire, une évaluation à 6 mois est réalisable pour **16 cures V1 et 44 cures V2**. A 6 mois, On note une amélioration moyenne de **1,6° (+/- 7,5)** par rapport à l'angle de Cobb pré cure pour la cure V1. Pour la cure V2, on note une aggravation moyenne de **0,68° (+/- 5,57)** par rapport à l'angle de Cobb pré cure (tableau 12). Ces valeurs sont donc en faveur d'une stabilité des courbures à 6 mois, avec une différence < 5° d'angle de Cobb. La différence moyenne est de **2,28°** avec un intervalle de confiance à 95% à **(-1,37 ; 5,94)**. La différence est non significative entre les deux types de cure (**p=0,217**).

		Groupe V1 N = 16	Groupe V2 N= 44	Différence moyenne (IC95%)	p
Différence d'angle de Cobb à 6 mois (Courbure secondaire)	Moyenne	-1,6°	+0,68°	2,28182	p = 0,217
	(Ecart type)	(+/- 7,51)	(+/- 5,57)	(-1,37 ; 5,94)	

Tableau 12 : Différence d'angle de Cobb à 6 mois, courbure secondaire

A 6 mois, dans le groupe V1, on retrouve une amélioration $>5^\circ$ de la courbure secondaire par rapport à l'angle de Cobb pré cure pour **33,3% des patients (5 sujets)**. Il existe une stabilisation dans **50% des cas (8 sujets)** et une aggravation pour **18,7% d'entre eux (3 sujets)**.

Pour le groupe V2, on retrouve une amélioration $>5^\circ$ pour **13,6% des patients (6 sujets)**, une stabilité pour **65,9% d'entre eux (29 sujets)** et une aggravation $>5^\circ$ dans **20,5% des cas (9 sujets)** (tableau 13).

		Groupe V1 N=16	Groupe V2 N=44
Evolution de l'angle de Cobb à 6 mois (Courbure secondaire) Effectif (%)	Stabilité (Différence $>5^\circ$)	8 (50%)	29 (65,9%)
	Amélioration $>5^\circ$	5 (31,3%)	6 (13,6%)
	Aggravation $>5^\circ$	3 (18,7%)	9 (20,5%)

Tableau 13 : évolution à 6 mois, courbure secondaire

E. Evaluation de l'efficacité à 12 mois :

1. Courbure principale :

Une analyse en sous-groupe a été effectuée compte tenu du pourcentage de données manquantes à 12 mois.

Une évaluation à 12 mois est réalisable pour **21 cures V1** et **27 cures V2** pour la courbure principale. On note une aggravation moyenne de **2,52°** par rapport à l'angle de Cobb pré cure, avec une médiane à **+1°** pour les cures V1. Pour les cures V2, si on note une aggravation moyenne de **1,37°** par rapport à l'angle de Cobb pré cure, la médiane est cependant en faveur d'une amélioration de **1°** et ce en raison de la présence de valeurs extrêmes (tableau 14). Dans les 2 cas, ces valeurs sont en faveur d'une stabilité des courbures, car la différence est **<5°** d'angle de Cobb à 12 mois. Il n'existe pas de différence significative entre les groupes (**p = 0,466**).

		Groupe V1 N = 21	Groupe V2 N = 27	p
Différence d'angle de Cobb à 12 mois (courbure principale)	Médiane (Q1-Q3)	+1° (-4,5 ; +9)	-1° (-5 ; +5)	p = 0,466

Tableau 14 : Différence d'angle de Cobb à 12 mois

A 12 mois, dans le groupe V1, on retrouve une amélioration **>5°** de la courbure principale par rapport à l'angle de Cobb pré cure pour **19,0% des patients (4 sujets)**. Il existe une stabilisation dans **47,6% des cas (10 sujets)** et une aggravation pour **33,3% d'entre eux (7 sujets)**.

Dans le groupe V2, on retrouve une amélioration $>5^\circ$ dans 23,1% des cas (6 sujets), une stabilité pour 61,5% des patients (16 sujets) et une aggravation pour 15,4% d'entre eux (4 sujets) (tableau 15).

		Groupe V1 N=21	Groupe V2 N=26
Evolution de l'angle de Cobb à 12 mois (Courbure principale) Effectif (%)	Stabilité (Différence $>5^\circ$)	10 (47,6%)	16 (61,5%)
	Amélioration $>5^\circ$	4 (19,0%)	6 (23,1%)
	Aggravation $>5^\circ$	7 (33,3%)	4 (15,4%)

Tableau 15 : Evolution à 12 mois

2. Courbure secondaire :

Une analyse en sous-groupe a été effectuée compte tenu du pourcentage de données manquantes. Pour la courbure secondaire, une analyse à 12 mois est réalisable **pour 16 cures V1 et 20 cures V2.**

On note une aggravation moyenne de **$1,18^\circ$ (+/- 7,96)** par rapport à l'angle de Cobb pré cure pour les cures V1. Pour les cures V2, on note paradoxalement une amélioration de **$1,85^\circ$ (+/- 6,0)** par rapport à l'angle de Cobb pré cure. Dans les 2 cas, les données sont donc en faveur d'une stabilité des courbures, car la différence est $<5^\circ$ d'angle de Cobb (tableau 16). La différence moyenne est **de $3,03^\circ$** , avec un intervalle de confiance à 95% (**$-7,76$; $1,68$**). La différence est non significative (**$p=0,200$**).

		Groupe V1 N= 16	Groupe V2 N= 20	Différence moyenne (IC95%)	p
Différence d'angle de Cobb à 12 mois (courbure secondaire)	Moyenne (Ecart type)	+ 1,18° (+/- 7,96)	-1,85° (+/- 6,0)	3,03750 (-7,76 ; 1,68)	p = 0,200

Tableau 16 : Différence d'angle de Cobb à 12 mois, courbure secondaire

A 12 mois, dans le groupe V1, on retrouve une amélioration $>5^\circ$ de la courbure secondaire par rapport à l'angle de Cobb pré cure pour **18,75% des patients (3 sujets)**. Il existe une stabilité dans **56,25% des cas (9 sujets)** et une aggravation $>5^\circ$ pour **25% d'entre eux (4 sujets)**.

Dans le groupe V2, on retrouve une amélioration $>5^\circ$ dans **30% des cas (6 sujets)**, une stabilité pour **50% d'entre eux (10 sujets)** et une aggravation dans **20% des cas (4 sujets)** (tableau 17).

		Groupe V1 N=16	Groupe V2 N=20
Evolution de l'angle de Cobb à 12 mois (Courbure secondaire)	Stabilité (Différence $>5^\circ$)	9 (56,25%)	10 (50%)
	Amélioration $>5^\circ$	3 (18,75%)	6 (30,0%)
<i>Effectif (%)</i>	Aggravation $>5^\circ$	4 (25%)	4 (20,0%)

Tableau 17 : Evolution à 12 mois, courbure secondaire

F. Synthèse de l'évolutivité des courbures :

1. A propos de la courbure principale :

A partir des analyses précédentes, le pourcentage de patients présentant une amélioration $>5^\circ$ d'angle de Cobb dans le temps peut être représenté par la figure 12 suivante :

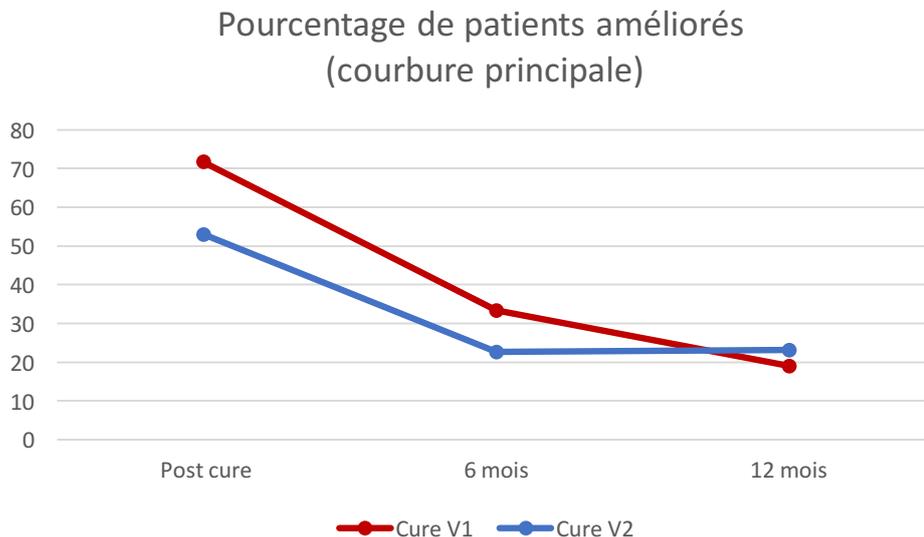


Figure 12 : Pourcentage de patients améliorés au cours du suivi

On constate sur ce graphique que si la cure V1 permet d'obtenir un pourcentage plus important de patients améliorés en post cure, cet effet a tendance à s'inverser au cours du temps. A 12 mois, le groupe de patient ayant bénéficié d'une cure V2 présente une proportion plus importante de patients améliorés que le groupe V1.

Si on prend pour objectif l'obtention d'une amélioration ou d'une stabilisation des courbures dans le temps, il semble nécessaire de fusionner le pourcentage de patients améliorés et stabilisés. La figure 13 ci-dessous permet cette analyse :

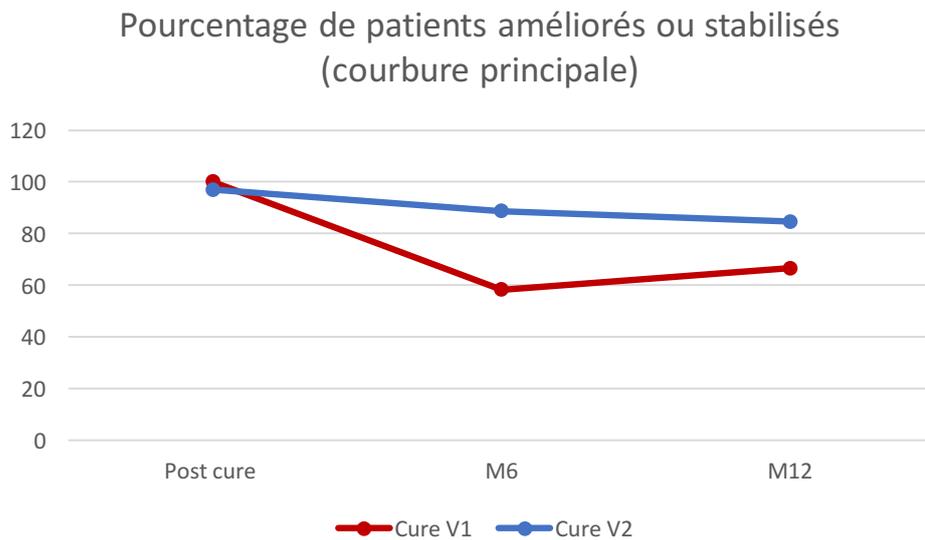


Figure 13 : Pourcentage de patients améliorés ou stabilisés lors du suivi

On constate alors que la tendance mise en évidence sur la précédente figure s’amplifie : Si la cure V1 présente un pourcentage plus important de patients stabilisés ou améliorés, cette tendance s’inverse ici encore plus rapidement. On retrouve une nette différence à 6 mois.

On peut également visualiser le pourcentage de patients s’aggravant dans le temps grâce à la figure 14 suivante :

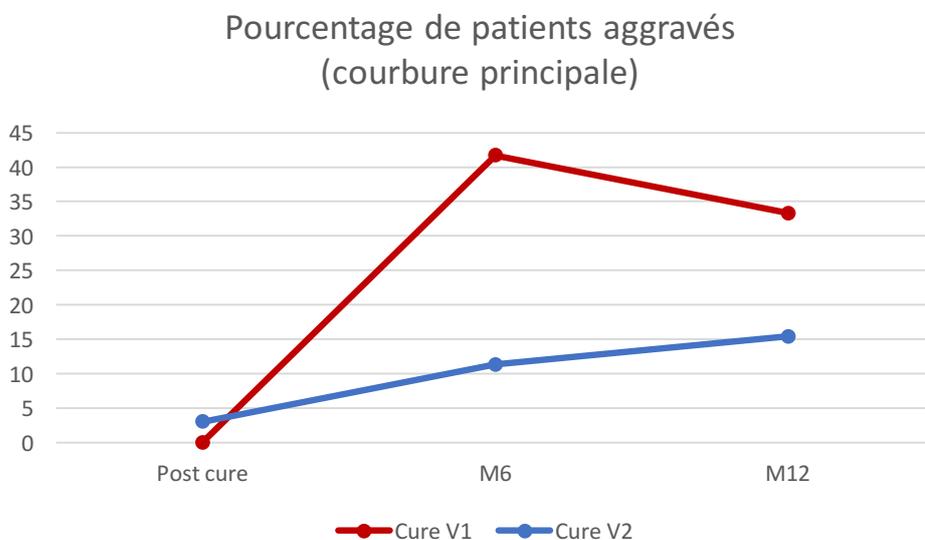


Figure 14 : Pourcentage de patients aggravés lors du suivi

La conclusion est la même que celle évoquée précédemment. On peut remarquer que l'aggravation intervient rapidement lors de la réalisation d'une cure V1, entre le 1 et le 6^e mois.

2. A propos de la courbure secondaire :

Sur les résultats présentés précédemment, on pouvait constater que la cure V1 était plus efficace que la cure V2 sur la courbure secondaire. Il convient néanmoins de pondérer cette analyse avec l'évolution dans le temps, représentée sur la figure 15 suivante :

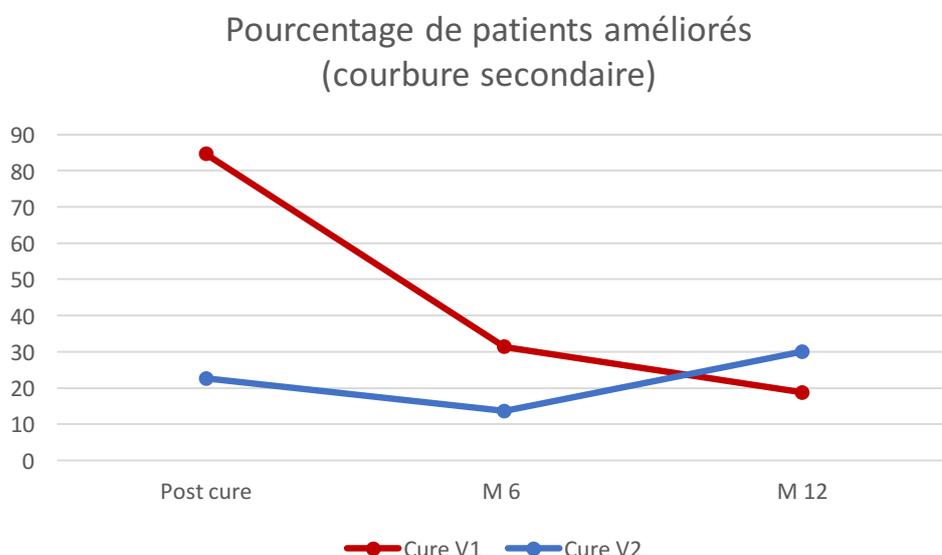


Figure 15 : Pourcentage de patients améliorés lors du suivi, courbure secondaire

On retrouve en effet une importante différence en post cure (22,6% contre 84,6% d'amélioration). Cependant, on peut constater une inversion de la tendance au cours du temps, rapidement initiée entre le 1^{er} et le 6^e mois et plus lentement entre le 6^e et le 12^e. Au 12^e mois, le pourcentage de patients améliorés sur leur courbure secondaire est plus important dans le groupe V2 que dans le groupe V1.

Cette différence paraît cependant moins flagrante si on s'intéresse au pourcentage de patients stabilisés ou améliorés. Les deux types de cures présentent des résultats similaires, même si la tendance s'inverse également en faveur de la cure V2 à 12 mois (figure 16).

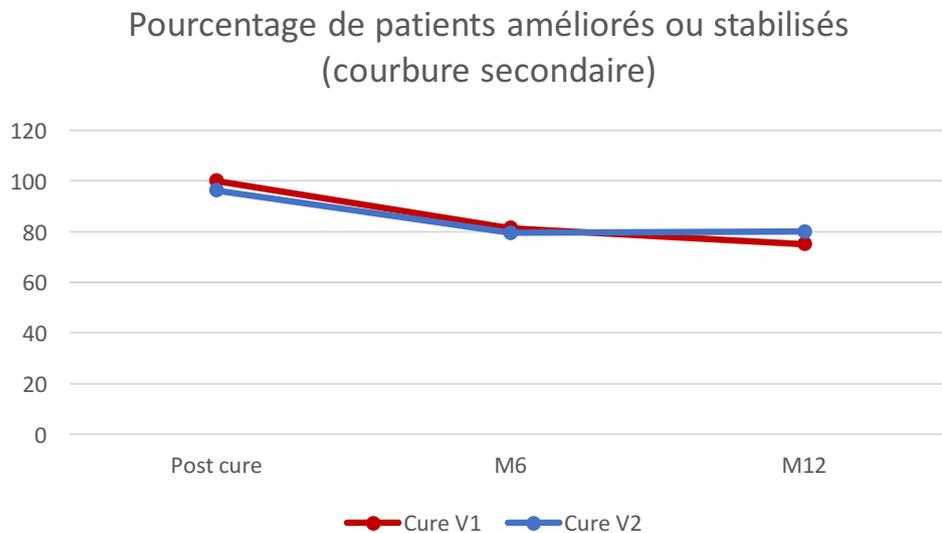


Figure 16 : Pourcentage de patients améliorés ou aggravés lors du suivi, courbure secondaire

On parvient aux mêmes conclusions en s'intéressant au pourcentage de patients aggravés dans le temps. Les deux groupes présentent une évolution rapide entre la cure et M6, mais le groupe V2 présente lui une phase de plateau à partir du 6^e mois (figure 17).

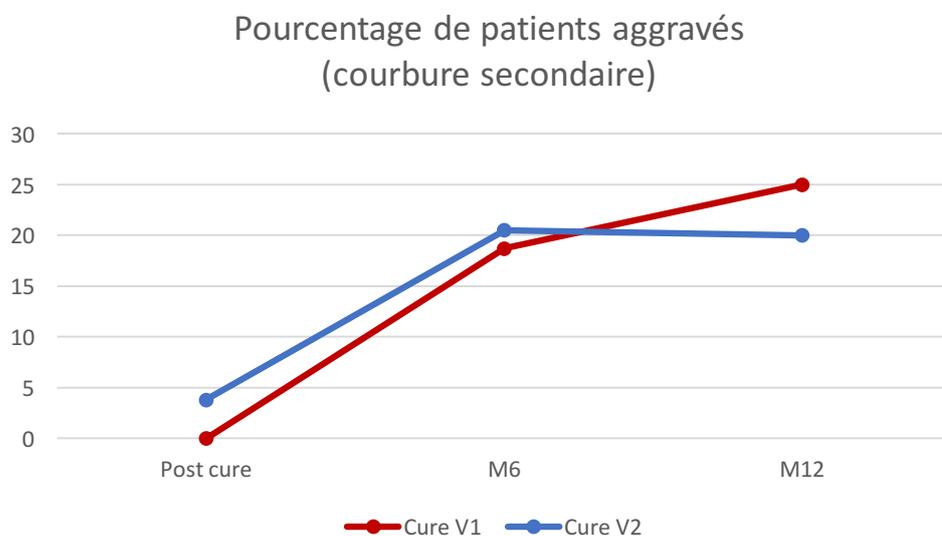


Figure 17 : Pourcentage de patients aggravés lors du suivi, courbure secondaire

G. Effet de la cure V2 sur le profil posturographique des patients :

1. Evaluation de l'effet de la cure sur la position moyenne du sujet dans l'espace :

a) En condition YO :

En pré cure et en condition YO, la position moyenne des sujets est définie par un X moyen à **5,75 (+/-6,33)** et un Y moyen à **-31,9 (+/- 16,55)**.

En post cure, la position moyenne est définie par un X moyen à **6,24 (+/- 8,56)** et un Y moyen à **-34,16 (+/- 17,25)**.

Dans les deux cas, la position moyenne reste dans la norme, avec un centre des pressions légèrement en rétropulsion et décalé vers la droite.

En pré cure, **81,3%** des sujets ont une position XYO dans la norme, contre **71,9%** en post cure. Il existe donc peu d'évolution de ce paramètre au cours de la cure. De même pour la position dans le plan sagittal : **93,8%** des sujets ont une position YYO normale en pré cure, contre **90,6%** en post cure.

b) En condition YF :

En pré cure et en condition YF, la position moyenne des sujets est définie par un X moyen à **6,89 (+/- 6,74)** et un Y moyen à **-30,12 (+/- 15,28)**.

En post cure, la position moyenne est définie par un X moyen à **5,04 (+/- 9,31)** et un Y moyen à **-31,45 (+/- 15,66)**.

Dans les deux cas, la position reste dans la norme, avec un centre des pressions légèrement en rétropulsion et décalé vers la droite, comme c'est le cas en condition YO.

En pré cure, **68,8%** des sujets ont une position XYF dans la norme. Ce pourcentage est identique en post cure. Pour la position dans le plan sagittal, **87,5%** des sujets ont une position YYF normale en pré cure contre **90,6%** en post cure.

c) En condition M :

En pré cure et en condition mousse, la position moyenne des sujets est définie par un X moyen à **6,66 (+/- 7,32)** et un Y moyen à **-30,15 (+/- 17,05)**.

En post cure, la position moyenne est définie par un X moyen à **6,51 (+/- 8,84)** et un Y moyen à **-33,97 (+/- 17,79)**.

Dans les deux cas, la position reste dans la norme, avec un centre des pressions légèrement en rétropulsion et décalé vers la droite, comme c'est le cas dans les conditions YO et YF.

En pré cure, **68,8%** des sujets ont une position XM dans la norme. Ce pourcentage est identique en post cure. Pour la position dans le plan sagittal, **96,9%** des sujets ont une position YM dans la norme en pré cure, contre **90,6%** en post cure.

2. Evaluation de l'effet de la cure sur les surfaces d'oscillation :

a) En condition YO :

En pré cure et en condition YO, la moyenne des surfaces d'oscillation est à **362,62 mm² (+/- 196,98)**. En post cure, la surface moyenne est de **404,34 mm² (+/- 232,07)**.

Dans les deux cas, les surfaces d'oscillation sont légèrement augmentées et semblent s'aggraver lors de la cure (figure 18).

En pré cure, seulement **15,6%** des sujets ont des surfaces d'oscillation dans la norme. **3,1%** d'entre eux ont des surfaces d'oscillation diminuées et elles sont augmentées pour **81,3%**

d'entre eux. En post cure, aucun sujet ne présente des surfaces d'oscillation diminuées. Elles sont normales pour **15,6%** d'entre eux et augmentées dans **84,4%** des cas.

b) En condition YF :

En pré cure et en condition YF, la moyenne des surfaces d'oscillation est de **347,25 mm² (+/- 213,53)**. En post cure, la surface moyenne est de **397,25 mm² (+/- 132,72)**.

Dans les deux cas, les surfaces d'oscillation sont légèrement augmentées et non améliorées par la cure. Il semble même exister une aggravation des surfaces d'oscillation YF lors de la cure (figure 18).

c) En condition M :

En pré cure et en condition mousse, la moyenne des surfaces d'oscillation est de **372,90 mm² (+/- 208,87)**. En post cure, la surface moyenne est de **330,75 mm² (+/- 168,28)**.

Dans les deux cas, les surfaces d'oscillation sont légèrement augmentées. On note une discrète amélioration durant la cure qui contraste avec l'aggravation constatée en condition YO et YF (figure 18).

Surfaces d'oscillation

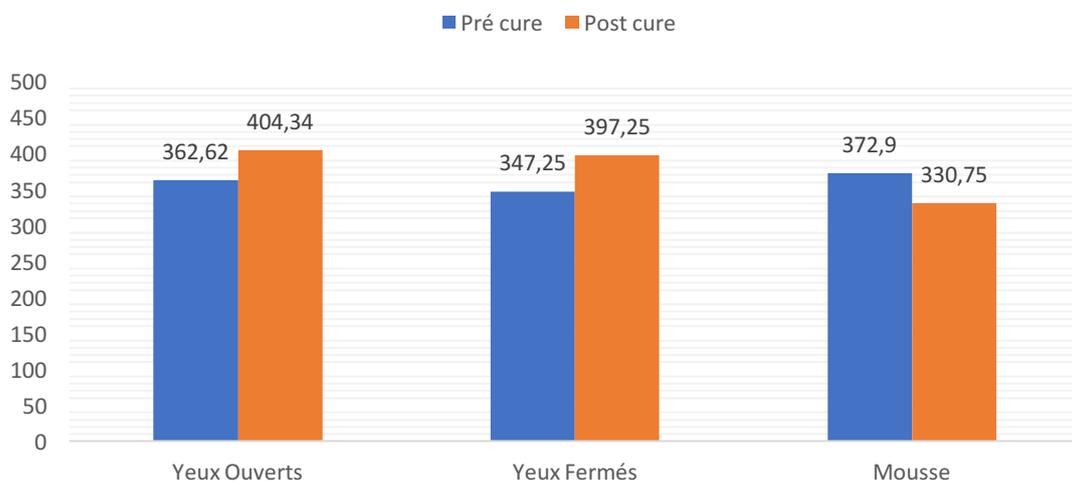


Figure 18 : Evolution des Surfaces d'oscillation

3. Evaluation de l'effet de la cure sur le QR :

En pré cure, le QR moyen est à **0,95 (+/- 0,41)**. En post cure, le QR moyen est à **0,98 (+/- 0,46)**. Dans les deux cas, les valeurs sont basses et inférieures à 1, témoignant potentiellement d'un conflit avec les informations visuelles.

On note néanmoins une tendance à l'amélioration avec la réalisation de la cure.

En pré cure, dans **87,5%** des cas le QR présente des valeurs basses tandis que dans **12,5%** des cas le QR est normal. Aucun sujet ne présente de valeurs du QR augmenté.

En post cure, **71,9%** des sujets présentent des valeurs du QR diminuées, contre **28,1%** de valeurs normales. Il n'existe toujours aucun sujet avec un QR augmenté (figure 19).

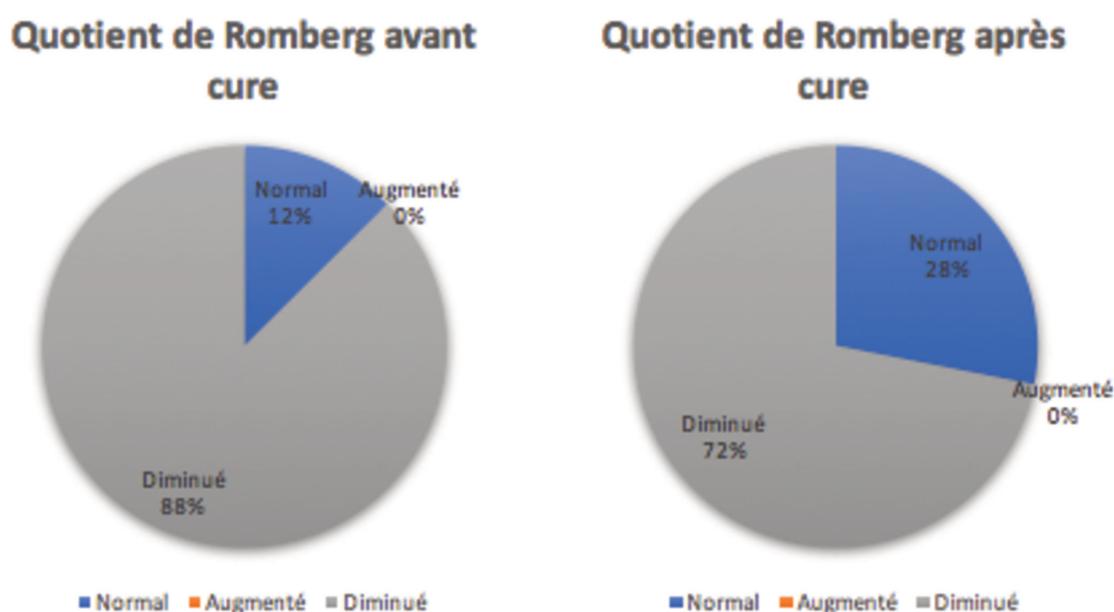


Figure 19 : Evolution du Quotient de Romberg

S'il persiste un pourcentage très majoritaire de patient avec un QR diminué, il semble exister une tendance à la normalisation de ce paramètre. Les sujets présentant apparemment une sous-utilisation des informations visuelles, on peut supposer que l'amélioration du QR est liée à une amélioration de l'utilisation de ces afférences.

4. Evaluation de l'effet de la cure sur le QP :

En pré cure, le QP moyen est à **1,02 (+/- 0,52)**. En post cure, le QP moyen est à **0,81 (+/- 0,34)**. Dans les deux cas, les valeurs sont basses. Il existe paradoxalement une diminution de ce QP en post cure. Ces valeurs témoignent d'une sous-utilisation des entrées somesthésiques plantaires de la part des sujets, voire même d'une mauvaise intégration de ces informations en post cure.

En pré cure, **84,4%** des sujets présentent des valeurs basses, **12,5%** des valeurs normales et **3,1%** des valeurs augmentées.

En post cure, **90,6 %** des sujets présentent des valeurs basses, **9,4%** des valeurs normales et aucun sujet ne présente plus de valeurs augmentées (figure 20).

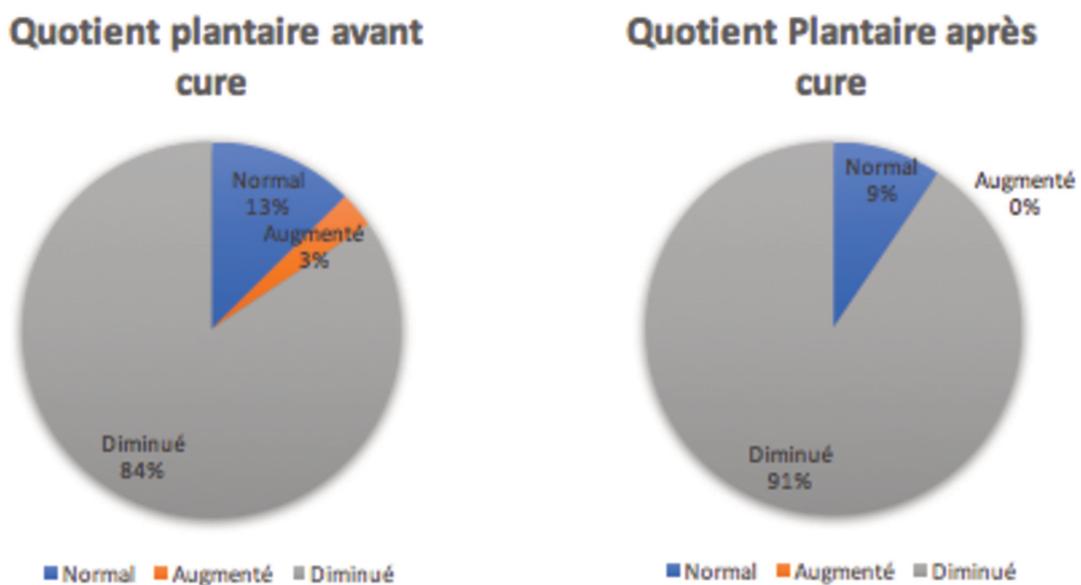


Figure 20 : Evolution du Quotient Plantaire

La différence est minime entre les deux évaluations, la plupart des sujets présentant des valeurs du QP basse. Il semble néanmoins exister une tendance à la diminution du QP au cours de la cure. On peut supposer que ce changement soit lié à une diminution de l'utilisation des entrées somesthésiques plantaires.

5. Evaluation de l'analyse fréquentielle des oscillations par transformée rapide de Fourier (=FFT) :

En pré cure, on constate que les sujets présentent tous une fréquence moyenne d'oscillation basse, prédominant dans les fréquences d'oscillation <0,5 Hz et ce dans toutes les modalités d'évaluation. Ces données sont conformes à celles retrouvées chez les sujets sains.

A noter qu'on ne retrouve dans aucun cas de pic fréquentiel dans les fréquences > 2Hz, pouvant témoigner d'une compensation par le biais du système nerveux central.

En post cure, les résultats sont globalement similaires et conformes aux valeurs retrouvées chez les sujets sains (tableau 18).

Tableau 18 : Evolution des FFT au cours de la cure

		Analyse pré cure			Analyse post cure		
		YO	YF	M	YO	YF	M
FFT moyen Plan frontal (%)	0-0,5 Hz	89,47	85,64	89,47	88,86	87,88	88,86
	0,5-2 Hz	10,04	13,69	9,99	10,50	11,53	10,66
	>2 Hz	0,54	0,74	0,59	0,60	0,64	0,55
FFT moyen Plan sagittal (%)	0-0,5 Hz	89,04	84,32	89,42	89,48	87,25	89,45
	0,5-2 Hz	10,43	15,07	10,10	10,01	12,17	10,05
	>2 Hz	0,60	0,68	0,54	0,64	0,65	0,56

H. Etude des facteurs prédictifs d'efficacité des cures V2 :

Seules les cures V2 sont étudiées ici, soit 66 sujets.

L'objectif est de mettre en évidence des facteurs prédictifs de bonne réponse à la réalisation d'une cure V2. Les facteurs prédictifs étudiés sont l'âge de découverte de la scoliose, l'âge de réalisation de la cure, l'IMC, le Risser, l'angle de Cobb avant cure, la présence d'une simple ou d'une double courbure et la topographie des courbures.

Afin de réaliser l'étude statistique, les sujets sont divisés en 2 groupes selon leur réponse à la cure :

- Ceux ayant présentés une amélioration $>5^\circ$ de l'angle de Cobb sur la courbure principale en fin de cure (35 sujets).
- Ceux n'ayant pas présentés une amélioration $>5^\circ$ de l'angle de Cobb sur la courbure principale en fin de cure (sujets aggravés ou stabilisés, 31 sujets).

1. Age de réalisation de la cure :

La répartition des sujets suit une loi Normale. Un test T de Student est donc utilisé.

Dans le groupe amélioré, l'âge moyen de réalisation des cures est de **14 ans et 8 mois (+/- 1,374 ans)**, contre **13 ans et 11 mois (+/-1,782 ans)** dans le groupe non amélioré.

La différence entre les 2 groupes est de **0,73 ans**, soit **8,76 mois**. Cette différence n'est cependant pas significative (**p=0,065**).

2. Age de découverte de la scoliose :

La répartition des sujets ne suit pas une loi Normale. Un test de Mann-Whitney est donc utilisé.

Dans le groupe amélioré, l'âge moyen de découverte de la scoliose est de **11 ans et 3 mois**, pour une médiane à **11 ans**. Dans le groupe non amélioré, la moyenne est de **11 ans et 11 mois**, pour une médiane à **11 ans**.

La différence entre les groupes n'est pas statistiquement significative (**p=0,064**).

3. Stade de Risser :

Un test du Khi-Deux a été utilisé. Compte tenu du manque d'effectifs dans certains groupes, les effectifs ont été rassemblés selon les stades de maturité :

- **Risser ≤ 1** (26 sujets) : faible stade de maturation osseuse.
- **Risser 2 et 3** (17 sujets) : stade de maturation osseuse intermédiaire.
- **Risser 4 et 5** (22 sujets) : stade de fin de maturation osseuse.

Les sujets avec un faible stade de maturation osseuse sont améliorés dans **50%** des cas, contre **50%** de non amélioration.

Ceux avec un stade de maturation intermédiaire sont améliorés dans **58,8%** des cas, contre **41,2%** de non amélioration.

Enfin, ceux avec un stade de fin de maturation osseuse sont améliorés dans **52,3%** des cas, contre **47,7%** de non amélioration.

La différence entre les groupes n'est malheureusement pas significative (**p=0,822**).

4. L'indice de Masse Corporelle :

La population étant répartie selon une loi Normale, un test T de Student a été utilisé.

Dans le groupe amélioré, l'IMC moyen est à **18,03 (+/-2,093)**. Dans le groupe non amélioré, l'IMC moyen est à **19,20 (+/- 3,221)**. La différence est de **1,171** avec un IMC plus bas dans le groupe amélioré. La différence n'est cependant pas significative (**p= 0,088**).

5. L'angle de Cobb :

La population ne suit pas une loi Normale, un test de Mann-Whitney est donc utilisé.

Dans le groupe amélioré, l'angle de Cobb moyen sur la courbure principale en pré cure est **41,51° (+/- 1,5°)** avec une médiane à **40°**. Dans le groupe non amélioré, la moyenne est à **42,32° (+/- 2,658°)** avec une médiane à **40°**. La différence n'est pas significative (**p = 0,615**).

6. L'existence d'une courbure secondaire :

Un test du Khi-Deux a été utilisé.

Les effectifs ont été ici séparés en fonction de l'existence ou non d'une seconde courbure.

Seuls **9 sujets** présentent une simple courbure isolée, contre **57** en présentant une deuxième.

Les sujets présentant une seule courbure sont améliorés dans **66,7% des cas (6 sujets)** et non améliorés pour **33,3% d'entre eux (3 sujets)**.

Les sujets présentant plusieurs courbures sont améliorés dans **50,9% des cas (29 sujets)** contre **49,1% de non amélioration (28 sujets)**.

Si on note une différence en faveur des sujets avec une seule courbure, cette différence n'est cependant pas statistiquement significative (**p=0,378**).

Il faut néanmoins souligner que la différence d'effectifs entre les 2 groupes et les faibles effectifs dans le groupe « simple courbure » (surtout chez les sujets non améliorés) rend l'interprétation des résultats difficile.

7. La topographie de la scoliose :

Un test du Khi-Deux a été réalisé.

Seule la topographie de la courbure principale était étudiée ici.

Les effectifs étant composés majoritairement de courbures dorsales droites, l'analyse pour chaque type de courbure était difficile à interpréter. Les effectifs ont donc été séparés en 2 groupes :

- 46 sujets présentant une courbure principale de topographie dorsale droite.

- 20 sujets présentant une autre topographie de courbure principale (9TLG, 9 TLD, 2 DG).

Dans le groupe « Dorsale Droite », les sujets sont améliorés dans **41,3% des cas (19 sujets)** et non améliorés pour **58,7% d'entre eux (27 sujets)**.

Dans le groupe « autre topographie », les sujets sont améliorés dans **80% des cas (16 sujets)** et non améliorés pour **20% d'entre eux (4 sujets)** (figure 21).

Il existe donc une différence en faveur des autres courbures. La différence est significative ($p=0,004$).

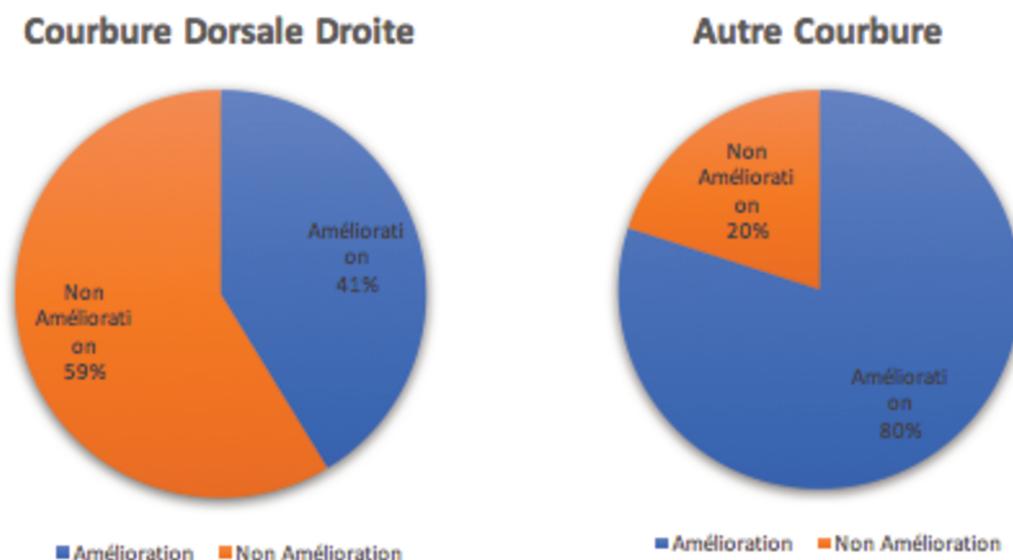


Figure 21 : Efficacité de la cure en fonction de la topographie des courbures

Il semble donc exister une meilleure efficacité de la cure V2 si le sujet présente une courbure principale autre qu'une dorsale droite. Cette affirmation est à avancer avec prudence, compte tenu de la différence d'effectifs entre les 2 groupes et du faible nombre de sujets non améliorés dans le groupe « autre topographie » (4 sujets).

IV. Discussion :

Cette étude avait pour objectif principal de comparer l'efficacité de deux types de protocole de rééducation intensive mis en place pour la prise en charge de la scoliose, avec comme hypothèse principale la non infériorité de la cure V2 par rapport à la V1.

Les objectifs secondaires étaient de comparer l'efficacité des deux protocoles à moyen et long terme, de rechercher les facteurs prédictifs d'efficacité et de mesurer l'effet de la cure sur le profil posturographique des patients.

A. Efficacité immédiate des cures V1 et V2 sur l'angle de Cobb :

Au terme de l'étude, on peut constater que les deux cures permettent une amélioration significative $>5^\circ$ de l'angle de Cobb sur la courbure principale. Si la cure V1 permet une amélioration plus importante que la cure V2 (**$-9,26^\circ$ contre $-6,84^\circ$**), la différence d'amélioration d'angle de Cobb n'est cependant pas significative.

On peut donc affirmer la non infériorité de la cure V2 par rapport à la cure V1 en termes de gain sur l'angle de Cobb en fin de cure.

Même si la différence d'amélioration entre les deux cures n'est pas significative, on note une différence moyenne en faveur de la cure V1. Cette différence peut être expliquée par plusieurs paramètres.

En premier lieu la population étudiée :

Nous avons pu voir qu'il existait une différence significative en termes d'angle de Cobb en pré cure entre le groupe V1 et le groupe V2. En effet, l'angle de Cobb médian est à 50° pour le groupe V1 contre 40° pour le groupe V2.

De façon empirique, il apparaît plus facile de gagner 5° d'angle de Cobb sur une courbure de 50° voire plus que sur une courbure de 40°, la correction étant proportionnellement moins importante sur la plus grande courbure par rapport à la déformation totale. Le biais de sélection existant au départ sur la population pourrait donc expliquer en partie la différence constatée.

En deuxième lieu, sur l'observance à la réalisation des cures :

La réalisation des cures V1 sous entendait le respect d'un décubitus strict complet. Les déplacements étaient alors réalisés sur un chariot roulant. De plus le port d'un corset dérivé de Milwaukee était instauré 24h/24 en dehors des séances de kinésithérapie. La surveillance du respect du protocole était alors simple à réaliser, avec peu de possibilités pour le sujet de s'y soustraire.

Cette surveillance est nettement plus difficile à mettre en place dans le cas de cures V2 : il n'y a pas de décubitus strict et il existe un changement de corset au cours de la journée (corset dérivé de Milwaukee la nuit, corset de Cheneau la journée). Cette possibilité de déambuler spontanément et le changement de corset au cours de la journée sont autant d'occasions pour le sujet pour se soustraire au protocole, notamment sur le port du corset de Cheneau. Si ces données sont difficiles à quantifier et à relever, il semble exister - si on en croit les thérapeutes - une moins bonne observance lors de la réalisation des cures V2.

Enfin, en troisième lieu, sur le protocole même de réalisation des cures :

Le contenu des cures V1 et V2 est fondamentalement différent. Dans les cures V1, le protocole est basé sur un décubitus prolongé et la réalisation de tractions extrêmement fréquentes. Ce protocole était initialement proposé principalement en préparation à la chirurgie, l'objectif était

d'effectuer entre autres un assouplissement important du rachis pour permettre une meilleure réduction des courbures en per opératoire. Maintenir les résultats obtenus dans le temps n'était pas un objectif central dans la réalisation des cures V1, étant donné qu'une solution chirurgicale était apportée par la suite.

Le protocole de réalisation des cures V2 est composé d'exercices avec pour objectifs la prise de conscience de la déformation et de la position corrigée, d'auto correction 3D, de renforcement musculaire. On peut donc émettre l'hypothèse que ce protocole assouplit de façon moindre le rachis, mais permet d'effectuer une correction que le sujet sera plus à même de maintenir dans le temps compte tenu du travail d'autocorrection et de prise de conscience.

B. A propos des résultats à moyen et long terme :

Si les résultats semblaient en faveur de la cure V1 en sortie de cure, on peut constater une inversion de tendance à 6 mois et 12 mois.

En effet, dès le 6^e mois, on constate une différence d'angle de Cobb en faveur des cures V2 (**-3°** pour les cures V2 contre **+2°** pour les cures V1), toujours présente à 12 mois (respectivement **-1°** contre **+1°**).

Si on considère les proportions de patients améliorés ou stabilisés, la différence est encore plus flagrante :

- A 6 mois, il existe **11,3%** de patients aggravés dans le groupe V2, **22,7%** de patients améliorés et **66%** de sujets stabilisés. Dans le groupe V1, on note **41,7%** d'aggravation, **33,3%** d'amélioration et **25%** de stabilité (figure 22).
- A 12 mois, il existe **15,4%** de patients aggravés dans le groupe V2, **23,1%** de patients améliorés et **61,5%** de sujets stabilisés. Dans le groupe V1, on note **33,3%** d'aggravation, **19%** d'amélioration et **47,6%** de stabilité (figure 23).

Evolution à 6 mois

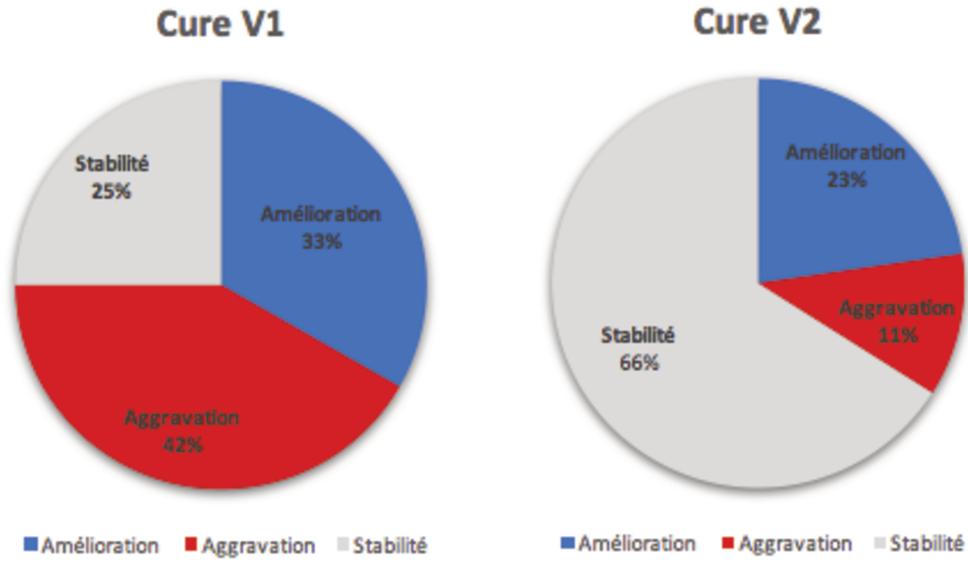


Figure 19 : Evolution à 6 mois en fonction de la cure

Evolution à 12 mois

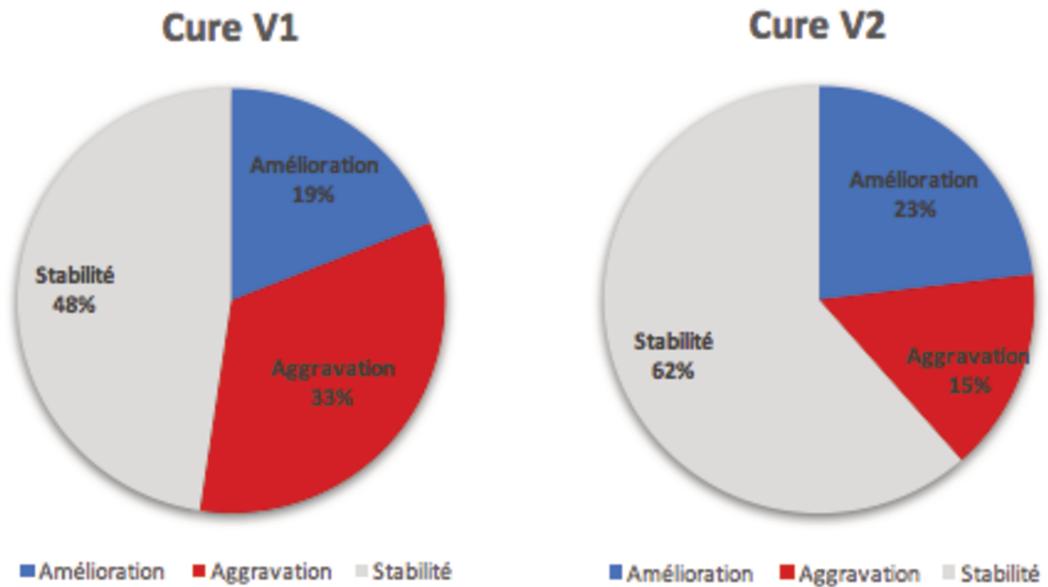


Figure 20 : Evolution à 12 mois en fonction de la cure

Il semble donc exister une meilleure stabilité dans le temps des résultats obtenus lors de la réalisation d'une cure V2, par rapport à une cure V1.

Ce résultat est en accord avec la supposition effectuée plus haut : la cure V1 permettrait d'obtenir des résultats sur le court terme grâce à un assouplissement et des tractions intensives, tandis que la cure V2 serait plus efficace pour maintenir ces résultats à distance grâce à son protocole axé sur l'autocorrection et la prise de conscience.

Le taux très important d'aggravation à 6 mois dans le groupe V1 va également dans ce sens.

Une revue de la littérature publiée en février 2018 permet d'apporter plus d'éléments à cette hypothèse (115). Cette dernière étudie et compare les différentes techniques utilisées pour tester la réductibilité des courbures dans la scoliose (tractions, bending, correction manuelle). Il s'avère que l'utilisation de tractions est plus efficace pour des courbures de grandes amplitudes ($>65^\circ$) que pour des courbures modérées à sévères (40 à 65°). Cependant la population étudiée dans notre étude est composée principalement de courbures modérées à sévères, seuls 10 patients (8 V1, 2 V2) présentant un angle de Cobb $> 65^\circ$. Ceci pourrait contribuer à expliquer les résultats plus intéressants de la cure V2 à long terme. **La cure V1 devrait donc être préférentiellement proposée pour des courbures très sévère, plutôt à visée pré opératoire.**

Il convient de signaler cependant le pourcentage de perdus de vue non négligeable, tout particulièrement pour les cures V1 :

- A 6 mois, il existe déjà **55%** de perdus de vue (29 sujets/53) dans le groupe V1, contre **20%** seulement (13 sujets/66) dans le groupe V2.
- A 12 mois, on arrive à **61%** de perdus de vue dans le groupe V1 (32 sujets/53) contre **60%** dans le groupe V2 (39 sujets/66).

Ce pourcentage de perdu de vue s'explique par plusieurs éléments :

⇒ Tout d'abord par le pourcentage de cures réalisées en pré opératoire et donc obligatoirement perdues de vue à 6 mois :

Dans le groupe V1, **26%** des cures (14 sujets/53) étaient réalisées dans le but de préparer une intervention chirurgicale. Dans le groupe V2, seules **4,5%** des cures (3 sujets/66) étaient réalisées en ce sens.

Cette différence permet d'expliquer en partie déjà le pourcentage de perdus de vue à 6 mois beaucoup plus important dans le groupe V1.

⇒ Ensuite, le nombre de patients ayant bénéficié d'une cure en fin de croissance :

En effet, certains patients ont pu bénéficier de la réalisation d'une cure en fin de croissance. Ces sujets étaient plus à risque d'être perdus de vue, surtout à 12 mois, pour deux raisons : en cas de non évolutivité du trouble statique et d'une maturité osseuse obtenue (Risser 5) ou en cas d'âge > 18 ans, ce qui rendait impossible le suivi au sein du centre.

Dans le groupe V1, 4 patients étaient potentiellement concernés : tous présentant un Risser 4 ou 5 et un âge > 16 ans.

Dans le groupe V2, 2 patients étaient âgés de 17 ans et demi et donc obligatoirement perdus de vue à 6 mois, 4 autres patients étaient âgés de plus de 16 ans et demi et donc potentiellement perdus de vue à 12 mois en cas de retard de prise en charge. 5 autres patients étaient âgés de 16 ans ou plus et étaient au minimum Risser 4 et donc à risque d'être perdus de vue à terme.

⇒ Données expliquant les autres perdus de vue :

Certains sujets ont été perdus de vue pendant le suivi car ils ont finalement bénéficié d'une intervention chirurgicale dans l'intervalle. Entre la cure et le 6^e mois, 4 patients sont concernés

(4 patients du groupe V1). Entre le 6^e et le 12^e mois, 5 patients sont concernés (3 sujets V1, 2 sujets V2).

Par ailleurs, d'autres sujets ont été exclus du suivi car ils ont bénéficié de la réalisation d'une seconde cure dans l'intervalle. 4 patients sont concernés (2 sujets V1, 2 sujets V2).

Les autres sujets perdus de vue le sont pour des motifs indéterminés et non relevés de façon systématique (arrêt du suivi, déménagement, autre raison, ...).

⇒ Synthèse de l'interprétation des perdus de vue :

On note donc qu'une proportion non négligeable des perdus de vue concerne des sujets ayant bénéficié d'une chirurgie ou en second lieu d'une nouvelle cure.

Les sujets concernés par la chirurgie présentent en règle générale un angle de Cobb plus important, ce sont donc potentiellement les sujets les plus graves qui ont donc été perdus de vue. Il existe donc éventuellement un biais à ce niveau. Cependant, ce pourcentage étant plus important dans le groupe V1, l'existence du biais favorise donc les résultats du groupe V1 par rapport au groupe V2. **Cette donnée permet donc de renforcer l'hypothèse selon laquelle il existe une meilleure stabilité des résultats dans le temps lors de la réalisation d'une cure V2 par rapport à une cure V1.**

C. Comparaison des résultats avec ceux de la littérature :

Les résultats obtenus sur le long terme grâce aux cures V1 ou V2 peuvent être comparés à ceux retrouvés dans la littérature pour d'autres écoles, comme nous avons pu les étudier précédemment (tableau 2). Dans les références citées plus haut, les résultats ne sont pas systématiquement présentés en fonction du pourcentage d'amélioration, de stabilisation et de

stabilité (la prise en charge étant considérée comme réussie en cas d'obtention d'une stabilisation au minimum des courbures). Néanmoins, dans la revue de la littérature que nous avons effectuée, on peut sélectionner 11 études qui présentent leurs résultats de cette manière.

On peut constater que les résultats obtenus par la réalisation d'une cure V2 semblent en adéquation avec ceux de la majorité des 11 autres études. En effet, le pourcentage moyen d'aggravation des 11 autres essais est de 19,18 %, avec donc une efficacité dans 80,82% des cas en moyenne. La cure V2 présente 15% d'échec et 85% de réussite en moyenne. Sa réalisation semble donc présenter une certaine légitimité à ce niveau.

Cette comparaison n'a cependant pas pour vocation d'effectuer un classement des méthodes en fonction des résultats, la méthodologie des essais présentés ici étant trop variable (études rétrospectives, prospectives, randomisées ou non). De plus la durée de suivi est également très disparate et plus importante que pour notre étude (de 1 an à 4,8 ans). Il serait donc sans doute intéressant de poursuivre le suivi pour les patients de notre essai afin de pouvoir comparer à nouveau nos résultats aux autres méthodes.

Les résultats peuvent être résumés dans le tableau 19 ci-dessous.

Tableau 19 : Comparatif des résultats des cures V1 et V2 par rapport aux données de la littérature

Type de prise en charge	Publication	Durée du suivi	Type d'étude	Amélioration	Stabilité	Aggravation
FITS	Bialek (45)	4,8 ans	Rétrospective Non contrôlée	58,1%	40%	1,9%
FITS	Bialek (44)	2 ans	Rétrospective Non contrôlée	50%	46,2%	3,8%
Méthode lyonnaise	Mauroy (36)	>2ans	Non contrôlée	52%	37%	11%
SEAS	Négrini (63)	1 an	Prospective Non contrôlée	23%	64,7%	11,8%
FITS + corset	Bialek (44)	2 ans	Rétrospective Non contrôlée	24,05 %	63,45%	12,5%
Side Shift	Den Boer (61)	2,2 ans	Cohorte	85,3%		14,7%
Cure V2	/	1 an	Rétrospective Non contrôlée	23 %	62 %	15 %
Schroth	Weiss (50)	3 ans	Rétrospective	12,5 %	68,7 %	16,1 %
Schroth	Weiss (51)	3 ans	Prospective	18 %	57 %	25 %
Cure V1	/	1 an	Rétrospective Non contrôlée	19 %	48 %	33 %
Méthode lyonnaise	Mollon (62)	4,4 ans	Contrôlée	63 %	4 %	34 %
Dobosiewicz	Durmala (66)	1 an	Rétrospective Non contrôlée	35,1 %	26,7 %	38,2 %
Méthode lyonnaise	Ducongé (62)	4,5 ans	Contrôlée	58 %		42%

D. A propos des résultats sur l'effet de la cure sur la courbure secondaire :

Les résultats obtenus sur l'analyse de l'effet de la cure sur la courbure secondaire se rapprochent de ceux obtenus sur la courbure principale, à une différence près : en fin de cure, il existe une différence significative en termes de gain d'angle de Cobb en faveur de la cure V1.

En effet, le gain moyen d'angle de Cobb pour une cure V1 est de **10,28°**, contre **1,15°** pour une cure V2, avec une différence significative ($p < 0,017$).

Cependant, comme pour l'analyse de la courbure principale, on constate que cette différence s'estompe à 6 mois (**-1,6°** pour les cures V1 ; **+0,68°** pour les V2 ; $p = 0,217$) et s'inverse même à 12 mois (**+1,18°** pour les V1 ; **-1,85°** pour les V2 ; $p = 0,2$).

Si on considère le pourcentage de patients améliorés ou stabilisés, on en vient aux mêmes conclusions :

- A 6 mois, il existe **18,7%** de patients aggravés pour la cure V1, **31,3%** de sujets améliorés et **50%** de sujets stabilisés. Pour la cure V2, on note **20,5%** d'aggravation, **13,6%** d'amélioration et **65,9%** de stabilité.
- A 12 mois, la tendance s'inverse : il existe **25%** de patients aggravés pour la cure V1, **18,3%** de sujets améliorés et **56,25%** de sujets stabilisés. Pour la cure V2, on note **20%** d'aggravation, **30%** d'amélioration et **50%** de stabilité.

Si on en croit ces résultats, il semble donc exister une efficacité immédiate significative plus importante de la cure V1 sur les courbures secondaires, par rapport à la cure V2. L'amélioration obtenue semble cependant plus pérenne dans le cas d'une cure V2 et on note une inversion des courbes à 12 mois en faveur des cures de type 2.

La différence en faveur des cures V1 constatée en post cure immédiat peut s'expliquer par plusieurs facteurs :

Tout d'abord par la population étudiée :

Comme c'était déjà le cas à propos de la courbure principale, il existe une différence significative en termes d'angle de Cobb moyen entre les deux groupes.

En effet, la médiane est de **41°** pour les patients du groupe V1 contre **30°** pour le groupe V2.

Si on suit le même raisonnement que pour la courbure principale, il apparaît plus facile d'obtenir un gain plus important sur une courbure plus importante, la correction obtenue étant moins importante proportionnellement. Ce biais de sélection peut donc expliquer en partie l'efficacité plus importante de la cure V1 par rapport à la cure V2 en post cure immédiat.

Ensuite par la topographie des courbures secondaires :

Comme nous avons pu le voir, la cure V1 est composée d'une part importante de tractions.

Si on s'intéresse à la composition des courbures secondaires, on peut voir qu'elles sont composées principalement de courbures lombaires (**75%** de courbures lombaires pour le groupe V1, **57,9%** pour le groupe V2), à la différence des courbures principales composées plutôt de courbures dorsales (**75,5%** de courbures dorsales pour le groupe V1, **72,7%** pour le groupe V2).

Il existe donc une différence évidente en termes de topographie entre les courbures principales et secondaires. On peut éventuellement supposer que le protocole réalisé pour les cures V1, composé en grande partie de traction, est peut-être plus efficace sur une courbure lombaire que sur une courbure thoracique, ce qui pourrait expliquer cette efficacité plus importante en sortie de cure plus marquée pour les courbures secondaires.

Ces résultats sont cependant à interpréter avec prudence, compte tenu du grand nombre de perdus de vue :

- Pour le groupe V1, en fin de cure, seuls **59%** des angles de Cobb des courbures secondaires sont connus ou consignés dans le dossier. A 6 et 12 mois, ce chiffre tombe à **36%**.
- Pour le groupe V2, en fin de cure, **93%** des angles de Cobb des courbures secondaires sont connus ou consignés dans le dossier. A 6 mois ce chiffre tombe à **77%** et à 12 mois à **35%**.

E. A propos des données posturographiques :

1. A propos de la position moyenne du sujet dans l'espace :

Il existe peu d'évolution de ce paramètre au cours de la cure. Les sujets présentent globalement un centre des pressions légèrement en rétropulsion et décalé vers la droite. Cette position a plutôt tendance à s'accroître avec la cure quel que soit la modalité d'évaluation, excepté sur Mousse dans le plan frontal où la position a plutôt tendance à se recentrer.

2. A propos de l'étude des surfaces d'oscillation :

En pré cure, on constate qu'il existe déjà une augmentation des surfaces d'oscillation quel que soit la modalité d'enregistrement.

Cette augmentation témoigne donc d'une perturbation du contrôle postural orthostatique.

On note une augmentation des surfaces d'oscillation après la cure pour les modalités YO et YF et paradoxalement une diminution des surfaces sur mousse en post cure.

Ces résultats semblent donc indiquer que la cure pourrait potentiellement être à l'origine d'une mauvaise intégration des informations d'origine somesthésiques plantaires.

La présence de surfaces d'oscillation augmentées sous-entend donc un défaut d'adaptation postural, ce qui correspond aux résultats déjà précédemment retrouvés dans la littérature (105) (106) (110) (111).

3. A propos de l'étude du QR :

Les valeurs du QR sont basses et inférieures à 1 avant même la cure, évoquant une perturbation de la modalité sensorielle visuelle. On note tout de même une tendance à l'amélioration après la cure, avec une valeur moyenne du QR qui se rapproche de 1.

Ces résultats évoquent tout de même une mauvaise intégration des informations visuelles de la part des sujets scoliotiques.

La présence d'un QR diminué chez les patients scoliotiques est en accord avec les résultats déjà précédemment retrouvés dans la littérature (110).

4. A propos de l'étude du QP :

Les valeurs du QP sont basses, à peine supérieures à 1 avant même la cure. Ces résultats évoquent une sous-utilisation importante des informations d'origine somesthésique plantaire.

On note une aggravation du QR après la cure, avec une nette diminution à 0,81. Ce résultat évoque une plus mauvaise intégration des informations somesthésiques plantaires au terme de la cure.

5. Synthèse des conclusions sur le profil posturographique des sujets :

Grace aux résultats retrouvés dans cette étude, nous avons pu constater que le profil posturographique de notre population ne différait pas de celui déjà décrit dans la littérature.

Les sujets présentent donc globalement une position normale, avec un centre des pressions en rétropulsion et légèrement décalé à droite.

Ils présentent également un défaut d'adaptation posturale avec des surfaces d'oscillations augmentées quel que soit la modalité d'enregistrement.

Par ailleurs, ils présentent un QR moyen < 1 témoignant d'un conflit dans l'utilisation des informations visuelles, ainsi qu'un QP moyen bas témoignant d'une sous-utilisation des entrées somesthésiques plantaires.

Dans les travaux d'Assaiante sur l'évolution du contrôle postural chez l'adolescent, un déséquilibre postural transitoire est mis en évidence pendant l'enfance et l'adolescence avec une amélioration progressive jusqu'à l'âge adulte. Cette évolution pourrait être liée à l'immaturation des systèmes sensoriels impliqués dans le contrôle postural (116). Assaiante retrouve également à l'adolescence une tendance à la négligence des informations proprioceptives pouvant être à l'origine d'une dépendance aux informations visuelles, avec un pic observé à 15 ans (117). Nos résultats ne sont que partiellement en accord avec ces données, les patients de notre étude présentant un QR moyen < 1 non en faveur de la dépendance visuelle.

L'effet de la cure sur le profil posturographique n'était cependant pas connu.

Au terme de la cure, il s'avère que la position des sujets dans l'espace est peu modifiée.

Si le QR moyen reste bas et < 1 , il semble toutefois exister une tendance à l'amélioration, peut-être grâce à une meilleure utilisation des informations visuelles. Cette hypothèse n'est pas réellement confirmée par l'étude des surfaces d'oscillation en condition YO, qui augmentent après cure mais on constate une augmentation légèrement plus importante en condition YF, témoignant donc d'une plus grande dépendance des sujets pour les informations visuelles.

Le QP moyen a lui tendance à diminuer, témoignant d'une sous-utilisation des informations somesthésiques d'origine plantaire. Cette tendance est confirmée par l'étude des surfaces d'oscillations qui diminuent également en condition mousse.

⇒ **La cure V2 semble donc favoriser l'utilisation des informations visuelles au dépend des informations somesthésiques plantaires.**

Si on considère le protocole des cures V2, ces résultats semblent logiques.

En effet, la cure V2 intègre une partie non négligeable de rééducation posturale avec feedback visuel : exercices d'auto correction 3D avec l'aide d'appuis cutanés ponctuels correcteurs de la part du thérapeute, devant miroir ou avec l'aide d'une webcam. Ces exercices sont réalisés dans différentes situations (plan stable, instable, actes de la vie quotidienne,) et le feedback visuel est progressivement remplacé par l'imagerie mentale, ou l'on demande à l'enfant de visualiser son dos en position corrigée.

Ce travail avec feedback visuel contribue potentiellement à une meilleure utilisation des informations visuelles.

Ces résultats poussent à considérer le protocole des cures V2 adapté sur ce point : la prise en charge rééducative doit permettre dans la mesure du possible à corriger les stratégies posturales mise en place par le sujet scoliotique. Favoriser l'utilisation des informations visuelles semble donc nécessaire de ce point de vue. Il pourrait également s'avérer intéressant de développer d'autres exercices afin d'encourager l'utilisation des informations somesthésiques plantaires, à priori sous utilisées pendant la cure.

F. A propos des facteurs prédictifs d'efficacité de la cure :

La recherche de facteurs prédictifs d'efficacité de la cure avait pour objectif de pouvoir mieux sélectionner les sujets pouvant tirer bénéfice d'une cure V2.

On obtient dans cette étude un seul résultat statistiquement significatif : la topographie de la courbure principale.

En effet, on constate que les patients présentant une courbure dorsale droite ont tendance à moins s'améliorer par rapport aux patients présentant une autre courbure (TLG, TLD et DG).

La différence est importante : **41,3%** d'amélioration dans le groupe DD contre **80%** dans le groupe « autre courbure » (**p=0,004**).

Si on en croit ce résultat, les sujets porteurs d'une courbure autre qu'une dorsale droite tireraient plus bénéfice de la cure que ceux porteurs d'une courbure DD.

A propos des autres facteurs prédictifs étudiés, aucun d'entre eux n'est revenu significatif. Il faut néanmoins souligner que ces conclusions sont à interpréter avec prudence, l'étude et l'effectif n'ayant pas été conçus spécifiquement pour ce type d'analyse.

Des pistes semblent exploitables pour d'autres études à venir :

- ⇒ Même si la différence n'est pas significative, on note que l'IMC est plus bas dans le groupe amélioré que dans le groupe non amélioré (respectivement **18,03** contre **19,20**). Cette constatation n'est pas étonnante. Le protocole mis en place pour la cure V2 intègre une grande partie de correction grâce à un corset de type Cheneau, possédant une action de correction par pression directe. Plus l'IMC est bas, plus le rachis est accessible à la correction appliquée par le corset.
- ⇒ De même, même si la différence constatée n'est pas significative, il semble exister une tendance : les sujets présentant une courbure unique pourraient présenter une meilleure réponse au traitement que les sujets présentant une double courbure (respectivement **66,7%** d'amélioration contre **50,9%** d'amélioration).

La réalisation d'autres études construites spécifiquement pour l'analyse des facteurs prédictifs est cependant nécessaire pour avancer sur ces points.

G. Limites de l'étude :

1. Limites liées au caractère rétrospectif de l'étude :

Nous avons effectué ici une étude rétrospective, à partir de recueils de données liées à du soin courant. Le choix de ce design d'étude présente des avantages certains : il n'entraîne pas de réalisations d'examens ou de consultations supplémentaires pour les sujets, pas de nécessité d'irradiation supplémentaire pour le contrôle radiographique, il permet une étude sur une longue période et potentiellement l'inclusion de nombreux sujets.

Cependant, plusieurs limites apparaissent liées au caractère rétrospectif de l'étude :

- ⇒ En premier lieu, **la perte de données importante**. En effet, les informations recueillies pour l'étude le sont grâce à l'analyse de dossiers informatisés (à partir de 2015) et de dossiers papiers (avant 2015). Si les dossiers informatisés permettent une conservation efficace des données, les dossiers papiers sont logiquement plus exposés au risque de perte de données. Dans les deux cas, il existe tout de même un pourcentage non négligeable de données manquantes. Ces données sont absentes soit parce qu'elles n'ont pas été recherchées de façon systématique, soit parce qu'elles n'ont pas été consignées dans le dossier.

Il existe plusieurs conséquences :

- ➔ Un nombre important de patients non inclus à cause de cette perte de données : 98 patients au total avaient bénéficié d'une cure V1 ou V2 mais n'ont pas pu être analysés faute d'angle de Cobb pré cure ou post cure connu (19 patients V2, 79 patients V1).
- ➔ Un nombre important de patients perdus de vue : notamment pour l'analyse de certains critères secondaires, comme l'angle de Cobb de la courbure secondaire. En effet, comme nous l'avons vu plus haut, de nombreux patients ayant pourtant bénéficié de la réalisation de radiographies post cure ne sont pas analysés sur ce

paramètre, l'angle de Cobb de la courbure principale ayant été consigné dans le dossier, mais pas l'angle de Cobb de la courbure secondaire.

→ Des données potentiellement non analysables : certaines données pourtant pertinentes (Mesure de la Gibbosité sur scoliomètre, Débit Expiratoire de Pointe (=DEP) mesuré au Peak Flow) n'ont pas pu être incluses dans l'analyse car réalisées de façon non systématiques et souvent non consignées dans le dossier.

⇒ En second lieu, **la présence de plusieurs intervenants**. En effet, le recueil comprenait plusieurs années de données, plusieurs intervenants médicaux ont donc été impliqués à travers le temps. Cette composante peut potentiellement entraîner un biais, notamment pour le calcul de l'angle de Cobb. Le respect de conserver un seul et même intervenant pour le calcul n'était pas toujours possible et le calcul de l'angle de Cobb est donc potentiellement soumis à la variance inter observateur.

2. Limites liées à la population étudiée :

La population étudiée était comparable dans les deux groupes en termes d'âge de découverte de la scoliose, d'âge de réalisation de la cure, de stade de Risser, d'IMC et de sexe.

Il existait cependant une différence significative : les deux groupes n'étaient pas comparables sur l'angle de Cobb pré cure des courbures principales et secondaires.

Comme nous avons pu le voir précédemment, la moyenne d'angle de Cobb pré cure est plus importante pour le groupe V1 par rapport au groupe V2, pouvant potentiellement modifier les résultats obtenus.

3. Limites liées au choix des critères de jugement :

Le choix du critère de jugement principal semble adapté. La réalisation de radiographies pour le suivi des scolioses est bien définie par les recommandations et le calcul de l'angle de Cobb permet une bonne estimation de la gravité et de l'évolutivité du trouble statique.

On peut cependant regretter l'absence d'évaluation du trouble statique dans le plan sagittal grâce à d'autres mesures radiographiques (lordose lombaire, cyphose thoracique, ...).

De même, on peut regretter l'absence d'évaluation de paramètres cliniques. Plusieurs données cliniques avaient été cependant prises en compte initialement : la gêne frontale, l'angle poplité, l'indice de Schöber, la distance doigts-sol, la taille assise, les tests d'endurance musculaire (ITO et Sorensen), la mesure de la gibbosité avec un scoliomètre, la mesure du DEP par un peak flow et la mesure de l'expansion thoracique. Une évaluation de l'évolution de ces paramètres au cours de la cure et une comparaison entre les deux types de cure n'a cependant pas été possible pour plusieurs raisons :

- **Le manque de reproductibilité intra et inter observateur de ces mesures** : les mesures étaient parfois réalisées par des thérapeutes différents en pré et post cure. De plus, les techniques de mesure pouvaient également être variable d'un thérapeute à un autre, rendant difficile la comparaison entre les sujets.
- **La perte de données importante** : la perte de donnée était importante, plus encore que pour la mesure des angles de Cobb. Le pourcentage de données non consignées dépassait les 75% pour certains items, principalement pour les cures V1.

Un autre aspect aurait pu être intégré à l'étude mais n'a pas été effectué : l'évaluation du retentissement psychologique des cures. En effet, la meilleure tolérance de la cure V2 par rapport à la cure V1 est affirmée par la pratique et l'expérience des soignants, ainsi que pour des raisons évidentes (décubitus strict prolongé, déplacements à l'aide d'un chariot roulant).

Une évaluation de chaque cure à l'aide de questionnaires standardisés aurait pu s'avérer intéressante. On trouve dans la littérature plusieurs questionnaires utilisés pour l'évaluation de la qualité de vie des adolescents porteurs d'une scoliose : the Quality of Life Profile for Spine Deformities (QLPSD) ou l'échelle SRS-22 (118) (119) (25).

Un autre point est à souligner : **les limites liées à l'utilisation de la posturographie**. En effet, l'analyse de la posture par le biais de plateformes de force s'est fortement développée ces dernières années et est souvent considéré comme le moyen le plus adapté de l'évaluation de la station debout. Il n'en reste pas moins que certaines limites sont régulièrement énoncées dans la littérature, notamment en ce qui concerne le manque de reproductibilité des mesures. En effet, d'après P. Thoumie, si le protocole d'acquisition est bien défini et permet d'effectuer des mesures dans des conditions identiques quel que soit le sujet, la réalisation de l'enregistrement posturographique se fait dans des conditions ne nécessitant pas d'effort maximal de la part du sujet, ce qui l'expose à une mauvaise reproductibilité (97).

Certains auteurs signalent des variations de l'ordre de 30% lors de deux acquisitions (120). La plupart soulignent en tous cas le manque de reproductibilité des mesures (121) (122).

Plusieurs solutions sont envisagées afin d'améliorer cette reproductibilité :

- Dans nos analyses posturographiques, 2 analyses successives étaient systématiquement réalisées et seule la seconde analyse était interprétée. Ce choix avait pour but de limiter les oscillations parasites liées à la méconnaissance du test de la part du sujet. Certains auteurs suggèrent quant à eux de moyenner 2 à 3 examens afin d'améliorer la reproductibilité (123) (122).
- En ce qui concerne le calcul du QR, sa mesure à partir des surfaces d'oscillation est soumise au même manque de reproductibilité. Des adaptations sont cependant possibles à ce niveau : dans une étude publiée en 2014, F. Tjernström et al évalue le QR à partir d'une formule alternative :

$$QR = \frac{(Surface YF - Surface YO)}{(Surface YF + Surface YO)} \times 100$$

En utilisant cette formule, il déclare obtenir une meilleure reproductibilité du QR avec néanmoins quelques spécificités : le calcul nécessite l'étalonnage de la plateforme en fonction du poids et de la taille du sujet. Il est également nécessaire de filtrer le signal brut de la plateforme préalablement, en utilisant des filtres passe-bas d'ordre variable (allant de 2 à 5). Enfin, ces résultats ne sont valables que pour des fréquences d'échantillonnage hautes > 1 Hz. L'obtention d'un ratio proche de zéro (voire négatif) indique que le sujet présente des surfaces d'oscillation similaires YF et YO (voire plus importantes YO que YF) et indique une sous-utilisation des informations visuelles pour le contrôle postural du sujet.

4. Limites liées au protocole d'étude choisi :

Le protocole de réalisation de notre étude engendre plusieurs limites qu'il est nécessaire de souligner.

⇒ Pour commencer, comme nous l'avons déjà souligné plus haut, **l'observance du traitement de la part des sujets traités** :

Il existe une différence probable non négligeable à ce niveau. La cure V1 nécessite un décubitus strict 24h/24 et le port d'un corset dérivé de Milwaukee, retiré uniquement pour les séances. La surveillance de l'observance est donc plus aisée dans ce cas que lors de la réalisation d'une cure V2, où les sujets peuvent déambuler librement. Cette observance est malheureusement difficile à quantifier et à évaluer.

- ⇒ Ensuite, **la date de réalisation de la radiographie pré cure** : l'estimation de l'angle de Cobb initial était effectuée sur une radiographie de moins de 3 mois. Il était donc possible qu'une aggravation survienne dans l'intervalle et que l'angle de Cobb initial soit sous-estimé. Nos résultats dépendent donc de l'hypothèse selon laquelle cette dégradation possible soit infime et négligeable.
- ⇒ Enfin, **le traitement mis en place lors du suivi au long cours** : la plupart des patients bénéficiaient d'une prise en charge en kinésithérapie en libéral pluri hebdomadaire à la sortie, ainsi que du port d'un corset de type Cheneau. Cependant, ces séances de kinésithérapie étant effectuées en libéral par des intervenants différents, leur réalisation n'était pas standardisée. De même pour le port du corset dont l'observance au domicile était potentiellement plus difficile à obtenir. Il existe donc potentiellement un biais à ce niveau pour l'interprétation des résultats au long cours.

5. Perspectives :

Au terme de cette étude, il semble nécessaire de poursuivre les investigations pour proposer une meilleure évaluation sur l'évolution à long et moyen terme des sujets scoliotiques ayant effectué une cure de distraction.

La réalisation d'une étude prospective apparaît primordiale afin d'apporter un niveau de preuve suffisant aux conclusions retrouvées ici.

Par ailleurs, il pourrait s'avérer intéressant d'apporter quelques adaptations à la méthode afin de pallier à certaines limites mises en évidence ci-dessus.

En premier lieu, une évaluation de la qualité de vie par un questionnaire (QLPSD ou SRS-22). L'apport de mesures cliniques est également à définir compte tenu du manque de reproductibilité des tests, mais la mesure de la gibbosité au scoliomètre apparaît comme une mesure centrale.

Pour pallier à ce manque de reproductibilité des données cliniques, d'autres systèmes de mesure pourraient être intégrés à une prochaine étude. Dans cette optique, l'utilisation d'un système de mesure par photogrammétrie a été débutée récemment au sein du centre Marc Sautelet. Le système repose sur la projection de franges de Moiré sur le dos d'un patient et permet la réalisation de mesures anatomiques précises (de l'ordre de 0,2mm) et une reconstruction 3D de la surface du dos du patient. Ce système fournit des données reproductibles, proches des données radiographiques pour l'analyse des courbures. Il ne peut néanmoins se substituer à la réalisation de radiographies qui reste le gold standard (124) (125) (126).

Il permet par contre une bonne évaluation de la rotation vertébrale et donc de la gibbosité (127) (128). Il peut également potentiellement être utilisé pour la mesure d'autres données cliniques (gîte frontale, ...).

Par ailleurs, un meilleur contrôle de l'observance des sujets pour le port du corset est souhaitable, que ce soit pendant la durée de la cure ou après le retour à domicile. Cette évaluation est difficile à mettre en place, mais on trouve dans la littérature plusieurs pistes : plusieurs systèmes de mesure des pressions exercées par le corset ou de mesure de température ont été mis au point (129) (130) (131) (132) (133) (134). La combinaison des deux permet de s'assurer du temps de port et de la qualité du serrage du corset. Si l'utilisation de tels dispositifs n'est pas encore entrée dans la pratique courante, elle pourrait à l'avenir permettre une évaluation fiable de l'observance réelle du traitement orthopédique et d'évaluer son efficacité véritable.

Enfin, il apparaît indispensable de continuer à faire évoluer les cures proposées, qui deviennent progressivement des séjours de rééducation intensive. Comme pour la création

de la cure V2, cette évolution doit se baser sur les découvertes récentes sur la physiopathologie de la SIA et les dernières avancées technologiques :

- La multiplication des moyens de feedback sensoriels est une piste intéressante comme le confirme notre analyse des paramètres posturographique. Elle est d'autant plus justifiée si on considère la sous-estimation de la déformation du tronc de la part des sujets scoliotiques (87) et la nécessité d'optimiser la prise de conscience.
- Compte tenu de la perturbation de la perception de la verticale gravitaire mise en évidence dans la SIA (135), la réalisation d'exercices spécifiques pour améliorer la perception de la verticalité semble être pertinent d'un point de vue thérapeutique. Certains auteurs ont déjà développé de tels exercices pour la prise en charge de la SIA avec des résultats positifs sur la perception de la verticale (136). Dans cette optique, il pourrait également s'avérer intéressant de s'inspirer des protocoles mis en place dans d'autres pathologies – notamment en rééducation neurologique - pour développer de nouveaux exercices (137). Perennou a notamment démontré qu'une inclinaison de 10 minutes à 30° permettait d'améliorer le sens de la verticalité chez le cérébrolésé (138). La réalisation de tels protocoles pourrait être combiné à la réalisation de futures séjours intensifs de rééducation dans la SIA.
- Compte tenu des avancées technologiques actuelles, l'utilisation d'outils connectés pourrait s'avérer efficace afin d'améliorer le suivi au domicile et de favoriser l'automatisation de la position corrigée dans la vie courante. Un travail de thèse récent permet d'illustrer les recherches actuellement en cours : L. Struber en 2016 a travaillé à la conception d'un t-shirt connecté, permettant de mesurer précisément les mouvements du tronc et de donner un feedback tactile ou visuel en retour (139). Même si de tels dispositifs n'en sont encore qu'au stade de développement, on peut imaginer qu'ils s'intégreront à l'avenir dans la prise en charge ambulatoire de la SIA.

- L'amélioration du traitement orthopédique doit rester un des objectifs. On peut souligner l'exemple de l'école Lyonnaise qui – pour faire évoluer son protocole de prise en charge – a récemment développé depuis 2013 un nouveau type de corset : le ARTbrace. De Mauroy et al déclarent obtenir une meilleure correction des courbures grâce à ce type de corset, par rapport au précédent corset Lyonnais. Dans l'optique de faire évoluer notre type de cure, tester de nouvelles formes de corset comme le ARTbrace pourrait s'avérer intéressant, notamment en relai du corset de Milwaukee (140).

V. Conclusion :

Les pratiques actuelles dans la prise en charge rééducative de la scoliose idiopathique de l'adolescent restent variées, avec une efficacité contrastée.

Par rapport aux cures V1 réalisées précédemment à Lille, la réalisation de cures V2 apparaît plus adaptée de par sa meilleure tolérance et ses résultats similaires à court terme. Son protocole en accord avec les techniques de rééducation spécifique de la scoliose semble avoir également une plus grande efficacité à long terme.

La recherche de facteurs prédictifs d'efficacité doit cependant poursuivre afin de pouvoir adapter la réalisation des cures à chaque profil de patient.

La réalisation d'exercices spécifiques avec pour but l'amélioration des stratégies de contrôle postural est une voie intéressante en vue de mettre en place des protocoles de rééducation spécifiques. Il s'agit d'une des nombreux angles de travail possibles pour continuer à faire évoluer les séjours de rééducations intensifs proposés dans la SIA.

Bibliographie :

1. Negrini S, Aulisa AG, Aulisa L, Circo AB, de Mauroy JC, Durmala J, et al. 2011 SOSORT guidelines: orthopaedic and rehabilitation treatment of idiopathic scoliosis during growth. *Scoliosis*. 2012;7(1):3.
2. HAS. Scoliose structurale évolutive (dont l'angle est égal ou supérieur à 25°) jusqu'à maturation rachidienne. 2008.
3. De Mauroy JC. Radiologie du Rachis. Université Claude Bernard Lyon I - Institut de Réadaptation - Kinésithérapie;
4. Khouri N, Vialle R, Mary P, Marty C. Scoliose idiopathique. Stratégie diagnostique, physiopathologie et analyse de la déformation. *EMC-Rhumatologie-Orthopédie*. 2004;1(1):17-44.
5. Choudhry MN, Ahmad Z, Verma R. Adolescent Idiopathic Scoliosis. *The Open Orthopaedics Journal*. 30 mai 2016;10(1):143-54.
6. Konieczny MR, Senyurt H, Krauspe R. Epidemiology of adolescent idiopathic scoliosis. *Journal of Children's Orthopaedics*. févr 2013;7(1):3-9.
7. Bettany-Saltikov J, Parent E, Romano M, Villagrassa M, Negrini S. Physiotherapeutic scoliosis-specific exercises for adolescents with idiopathic scoliosis. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine*. 2014;50:111-21.
8. Guillaumat M. Scoliose idiopathique de l'enfant et de l'adulte jeune, *Revue du Rhumatisme* 71 (2004) 145-159.
9. Stagnara P, Mollon G, de Mauroy J-C. Rééducation des scolioses. Expansion scientifique française; 1978.
10. Guillaumat M, Khouri N. Scoliose idiopathique en période de croissance, *Encycl Méd Chir, Pédiatrie*, 4-007--B-20,2000, 27p.
11. Ponseti IV, Friedman B. Prognosis in idiopathic scoliosis. *J Bone Joint Surg Am*. avr 1950;32A(2):381-95.
12. Rogala EJ, Drummond DS, Gurr J. Scoliosis: incidence and natural history. A prospective epidemiological study. *J Bone Joint Surg Am*. mars 1978;60(2):173-6.
13. Lonstein JE, Carlson JM. The prediction of curve progression in untreated idiopathic scoliosis during growth. *JBJS*. 1984;66(7):1061-1071.
14. SOSORT guideline committee, Weiss H-R, Negrini S, Rigo M, Kotwicki T, Hawes MC, et al. Indications for conservative management of scoliosis (guidelines). *Scoliosis*. déc 2006;1(1).
15. Bernard J, Biot B. Scolioses non idiopathiques non paralytiques. *Encycl Méd Chir (Editions Scientifiques et Médicales Elsevier SAS, Paris, tous droits réservés)*. 2002;Kinésithérapie-Médecine physique-Réadaptation(26-300-NaN-10):10p.
16. Vialle R, Khouri N, Bataille J, Hamida M, Dubousset J, Guillaumat M. Déformations du rachis d'origine neurologique et musculaire : étiopathogénie, analyse de la déformation et évaluation préthérapeutique. *Appareil locomoteur*. 2006;15-877-NaN-10.
17. Dayer R, Journeau P, Lascombes P. Malformations congénitales du rachis. 2017.
18. de Sèze M, Cugy E. Pathogenesis of idiopathic scoliosis: A review. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*. mars 2012;55(2):128-38.
19. Weiss H-R, Goodall D. The treatment of adolescent idiopathic scoliosis (AIS) according to present evidence. A systematic review. *Eur J Phys Rehabil Med*. juin 2008;44(2):177-93.
20. Weinstein SL, Dolan LA, Spratt KF, Peterson KK, Spoonamore MJ, Ponseti IV. Health and function of patients with untreated idiopathic scoliosis: a 50-year natural history study. *JAMA*. 5 févr 2003;289(5):559-67.
21. Nilsson U, Lundgren KD. Long-term prognosis in idiopathic scoliosis. *Acta Orthop Scand*. 1968;39(4):456-65.

22. Pehrsson K, Larsson S, Oden A, Nachemson A. Long-term follow-up of patients with untreated scoliosis. A study of mortality, causes of death, and symptoms. *Spine*. sept 1992;17(9):1091-6.
23. Weiss H-R, Hawes MC, Rigo M, Kotwicki T, Grivas TB, Maruyama T. Physical exercises in the treatment of idiopathic scoliosis at risk of brace treatment – SOSORT consensus paper 2005. *Scoliosis*. déc 2006;1(1).
24. Talic G, Ostojic L, Novakovic Bursac S, Nozica-Radulovic T, Stevanovic-Papic D. Idiopathic scoliosis from psychopathological and mind-body medicine perspectives. *Psychiatria Danubina*. 2016;28(4):357-62.
25. Pham VM, Houlliez A, Carpentier A, Herbaux B, Schill A, Thevenon A. Détermination de l'influence du corset de Chêneau sur qualité de vie de l'adolescent atteint de scoliose idiopathique. *Annales de Réadaptation et de Médecine Physique*. janv 2008;51(1):9-15.
26. Vialle R, Mary P, Glorion C. Traitement chirurgical des scolioses idiopathiques. *Techniques chirurgicales - Orthopédie - Traumatologie*; 2006.
27. Negrini S, Aulisa L, Ferraro C, Fraschini P, Masiero S, Simonazzi P, et al. Italian guidelines on rehabilitation treatment of adolescents with scoliosis or other spinal deformities. *Europa Medicophysica*. 2005;41(2):183.
28. Canavese F, Kaelin A. Adolescent idiopathic scoliosis: Indications and efficacy of nonoperative treatment. *Indian Journal of Orthopaedics*. 2011;45(1):7.
29. Kalichman L, Kendelker L, Bezalel T. Bracing and exercise-based treatment for idiopathic scoliosis. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*. janv 2016;20(1):56-64.
30. Khouri N, Vialle R, Mary P, Biot B. Scoliose idiopathique en période de croissance. Indications et programmes thérapeutiques. *Encyclopédie Médico-Chirurgicale*; 2004.
31. Nachemson AL, Peterson L-E. Effectiveness of treatment with a brace in girls who have adolescent idiopathic scoliosis. A prospective, controlled study based on data from the Brace Study of the Scoliosis Research Society. *J Bone Joint Surg Am*. 1995;77(6):815-822.
32. Pham V-M, Herbaux B, Schill A, Thevenon A. Evaluation du résultat du corset de Chêneau dans la scoliose idiopathique de l'adolescent. *Annales de réadaptation et de Médecine Physique*. 2007;50:125-33.
33. Negrini S, Negrini F, Fusco C, Zaina F. Idiopathic scoliosis patients with curves more than 45 Cobb degrees refusing surgery can be effectively treated through bracing with curve improvements. *Spine J*. mai 2011;11(5):369-80.
34. Weinstein SL, Dolan LA, Wright JG, Dobbs MB. Effects of Bracing in Adolescents with Idiopathic Scoliosis. *New England Journal of Medicine*. 17 oct 2013;369(16):1512-21.
35. De Giorgi S, Piazzolla A, Tafuri S, Borracci C, Martucci A, De Giorgi G. Chêneau brace for adolescent idiopathic scoliosis: long-term results. Can it prevent surgery? *European Spine Journal*. nov 2013;22(S6):815-22.
36. De Mauroy JC, Fender P, Sciascia G, Ferracane G, Lecante C. La Méthode Lyonnaise : Protocoles, Résultats. 2005;
37. Jarousse Y. Traitement orthopédique des scolioses de l'enfant et de l'adolescent. *Scoliose*;
38. Dubory A, Laurent R, Morin C, Vialle R. Traitement orthopédique des scolioses idiopathiques. 2015.
39. Nisand M. Méthode Mézières. *Encyclopédie Médico-Chirurgicale*; 2010.
40. Bettany-Saltikov J, Parent E, Romano M, Villagrasa M, Negrini S. Physiotherapeutic scoliosis-specific exercises for adolescents with idiopathic scoliosis. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine*. 2014;50:111-21.
41. Callens C. Traitement rééducatif des scolioses idiopathiques non appareillées. *Kinesithérapie, la revue*. 2008;8(80):14-22.
42. Porte M, Patte K, Dupeyron A, Cottalorda J. La kinésithérapie dans le traitement de la scoliose idiopathique de l'adolescent: utile ou pas? *Archives de Pédiatrie*. juin 2016;23(6):624-8.
43. Berdishevsky H, Lebel VA, Bettany-Saltikov J, Rigo M, Lebel A, Hennes A, et al.

Physiotherapy scoliosis-specific exercises - a comprehensive review of seven major schools. *Scoliosis and Spinal Disorders*. déc 2016;11(1).

44. Bialek M. Conservative treatment of idiopathic scoliosis according to FITS concept: presentation of the method and preliminary, short term radiological and clinical results based on SOSORT and SRS criteria. *Scoliosis*. 2011;6(1):25.
45. Białek M. Mild Angle Early Onset Idiopathic Scoliosis Children Avoid Progression Under FITS Method (Functional Individual Therapy of Scoliosis): *Medicine*. mai 2015;94(20):e863.
46. Fishman LM, Groessl EJ, Sherman KJ. Serial Case Reporting Yoga for Idiopathic and Degenerative Scoliosis. *Global Advances in Health and Medicine*. sept 2014;3(5):16-21.
47. Alves de Araújo ME, Bezerra da Silva E, Bragade Mello D, Cader SA, Shiguemi Inoue Salgado A, Dantas EHM. The effectiveness of the Pilates method: Reducing the degree of non-structural scoliosis, and improving flexibility and pain in female college students. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*. avr 2012;16(2):191-8.
48. Gichul K, Pil-Neo H. Effects of Schroth and Pilates exercises on the Cobb angle and weight distribution of patients with scoliosis. *J Phys Ther Sci*. 2016;28:1012-5.
49. Dantas DDS, De Assis SJC, Baroni MP, Lopes JM, Cacho EWA, Cacho RDO, et al. Klapp method effect on idiopathic scoliosis in adolescents: blind randomized controlled clinical trial. *Journal of physical therapy science*. 2017;29(1):1-7.
50. Weiss HR. The progression of idiopathic scoliosis under the influence of a physiotherapy rehabilitation programme. *Physiotherapy*. 1992;78(11):815-821.
51. Weiss HR. [The Schroth scoliosis-specific back school--initial results of a prospective follow-up study]. *Z Orthop Ihre Grenzgeb*. avr 1995;133(2):114-117-119.
52. Weiss H, Lohschmidt K, El-Obeidi N, Verres C. Preliminary results and worst-case analysis of in patient scoliosis rehabilitation. *Pediatric Rehabilitation*. 1997;35-40.
53. Weiss H-R, Weiss G, Petermann F. Incidence of curvature progression in idiopathic scoliosis patients treated with scoliosis in-patient rehabilitation (SIR): an age- and sex-matched controlled study. *Pediatric Rehabilitation*. janv 2003;6(1):23-30.
54. Kuru T, Yeldan I, Dereli EE, Ozdinçler AR, Dikici F, Colak I. The efficacy of three-dimensional Schroth exercises in adolescent idiopathic scoliosis: a randomised controlled clinical trial. *Clinical Rehabilitation*. févr 2016;30(2):181-90.
55. Schreiber S, Parent EC, Moez EK, Hedden DM, Hill D, Moreau MJ, et al. The effect of Schroth exercises added to the standard of care on the quality of life and muscle endurance in adolescents with idiopathic scoliosis—an assessor and statistician blinded randomized controlled trial: « SOSORT 2015 Award Winner ». *Scoliosis*. déc 2015;10(1).
56. Otman S, Kose N, Yakut Y. The efficacy of Schroth's 3-dimensional exercise therapy in the treatment of adolescent idiopathic scoliosis in Turkey. *Neurosciences*. oct 2005;10(4):277-83.
57. Kyoung-Don K, Pil-Neo H. Effects of the Schroth exercise on the Cobb's angle and vital capacity of patients with idiopathic scoliosis that is an operative indication. *The Journal of Physical Therapy Science*. 2016;(28):923-6.
58. Borysov M, Mogiliantseva T. Rehabilitation of Adolescents with Scoliosis During Growth - Preliminary Results Using a Novel Standardized Approach in Russia. *Curr Pediatr Rev*. 2016;12(1):31-5.
59. Hyung Joo L. Effect of the Schroth method of emphasis of active holding on Cobb's angle in patients with scoliosis : a case report. *J Phys Ther Sci*. 2016;28:2975-8.
60. Mehta MH. Active Correction by Side-Shift : an Alternative Treatment For Early Idiopathic Scoliosis.
61. Den Boer WA, Anderson PG, Limbeek J v, Kooijman MAP. Treatment of idiopathic scoliosis with side-shift therapy: an initial comparison with a brace treatment historical cohort. *European Spine Journal*. 1999;8(5):406-410.
62. Negrini S, Fusco C, Minozzi S, Atanasio S, Zaina F, Romano M. Exercises reduce the

- progression rate of adolescent idiopathic scoliosis: Results of a comprehensive systematic review of the literature. *Disability and Rehabilitation*. janv 2008;30(10):772-85.
63. Negrini S, Zaina F, Romano M, Negrini A, Parzini S. Specific exercises reduce brace prescription in adolescent idiopathic scoliosis: A prospective controlled cohort study with worst-case analysis. *Journal of Rehabilitation Medicine*. 2008;40(6):451-5.
64. Monticone M, Ambrosini E, Cazzaniga D, Rocca B, Ferrante S. Active self-correction and task-oriented exercises reduce spinal deformity and improve quality of life in subjects with mild adolescent idiopathic scoliosis. Results of a randomised controlled trial. *European Spine Journal*. juin 2014;23(6):1204-14.
65. Dobosiewicz K, Durmala J, Czernicki K, Piotrowski J. Radiological results of Dobosiewicz method of three-dimensional treatment of progressive idiopathic scoliosis. *Stud Health Technol Inform*. 2006;123:267-72.
66. Durmala J, Dobosiewicz K, Kotwicki T, Jendrzejek H. Influence of asymmetric mobilisation of the trunk on the Cobb angle and rotation in idiopathic scoliosis in children and adolescents. *Ortop Traumatol Rehabil*. 28 févr 2003;5(1):80-5.
67. Dobosiewicz K, Durmala J, Kotwicki T. Dobosiewicz method physiotherapy for idiopathic scoliosis. *Stud Health Technol Inform*. 2008;135:228-36.
68. Fabian KM, Rożek-Piechura K. Exercise tolerance and selected motor skills in young females with idiopathic scoliosis treated with different physiotherapeutic methods. *Ortop Traumatol Rehabil*. oct 2014;16(5):507-22.
69. Negrini S, Donzelli S, Lusini M, Minnella S, Zaina F. The effectiveness of combined bracing and exercise in adolescent idiopathic scoliosis based on SRS and SOSORT criteria : a prospective study. *BMC Musculoskeletal Disorders*. 2014;15(263).
70. Romano M, Minozzi S, Bettany-Saltikov J, Zaina F, Chockalingam N, Kotwicki T, et al. Exercises for adolescent idiopathic scoliosis. The Cochrane Collaboration, éditeur. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 15 août 2012;
71. Wan L, Wang G-X, Bian R. Exercise therapy in treatment of essential S-shaped scoliosis : evaluation of Cobb angle in breast and lumbar segment through a follow-up of half a year. *Chinese Journal of Clinical Rehabilitation*. 2005;14(9):82-4.
72. Schreiber S, Parent EC, Hedden DM, Moreau M, Hill D, Lou E. Effect of Schroth exercises on curve characteristics and clinical outcomes in adolescent idiopathic scoliosis: protocol for a multicentre randomised controlled trial. *J Physiother*. 2014;60(4):234.
73. Pugacheva N, Dudin M. Corrective Exercises in Multimodality Therapy of Idiopathic Scoliosis in Children - Analysis of six weeks efficiency - Pilot study.
74. Weiss H-R, Weiss G, Petermann F. Incidence of curvature progression in idiopathic scoliosis patients treated with scoliosis in-patient rehabilitation (SIR): an age- and sex-matched controlled study. *Pediatric Rehabilitation*. janv 2003;6(1):23-30.
75. Koller H, Zenner J, Gajic V, Meier O, Ferraris L, Hitzl W. The impact of halo-gravity traction on curve rigidity and pulmonary function in the treatment of severe and rigid scoliosis and kyphoscoliosis: a clinical study and narrative review of the literature. *European Spine Journal*. mars 2012;21(3):514-29.
76. Koptan W, ElMiligui Y. Three-staged correction of severe rigid idiopathic scoliosis using limited halo-gravity traction. *European Spine Journal*. juin 2012;21(6):1091-8.
77. Thomas D. Effet de la traction préopératoire sur le niveau d'arthrodèse et la correction postopératoire dans la chirurgie de la scoliose idiopathique de l'enfant : à propos de 53 patients traités au CHRU de Lille. [Lille]; 2013.
78. Taquet A. Efficacité des cures de distraction pré opératoires sur l'équilibre rachidien de la scoliose idiopathique de l'adolescent, après arthrodèse. Etude rétrospective à propos de 39 cas. [Lille]; 2014.
79. Pioche D, Eveillard M-F, Delaunay M, Oiry Y, Fazilleau J-F. Les relaxateurs de pression en

- kinésithérapie respiratoire. *Ann Kinésith.* 1978;3:59-68.
80. Mekrami S, Paulus J. Pour un bon usage de l'Alpha 200c. Association Française contre les Myopathies; 1998.
 81. Legleye L. La cure de distraction pré-opératoire dans la prise en charge de la scoliose idiopathique de l'adolescent, *Revue de la littérature.* 2014.
 82. Fouquet B, Beaudreuil J. Complications du décubitus. *Encyclopédie Médico-Chirurgicale;* 2000.
 83. Kortebein P, Symons TB, Ferrando A, Paddon-Jones D, Ronsen O, Protas E, et al. Functional impact of 10 days of bed rest in healthy older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* oct 2008;63(10):1076-81.
 84. Newton M, Kamm MA, Quigley T, Burnham WR. Symptomatic gastroesophageal reflux in acutely hospitalized patients. *Dig Dis Sci.* janv 1999;44(1):140-8.
 85. Fujita Y, Yamamoto H. An experimental study on spinal cord traction effect. *Spine.* juill 1989;14(7):698-705.
 86. Dolan EJ, Transfeldt EE, Tator CH, Simmons EH, Hughes KF. The effect of spinal distraction on regional spinal cord blood flow in cats. *Journal of Neurosurgery.* 1 déc 1980;53(6):756-64.
 87. Le Berre M. Evaluation du sens de la verticalité dans la Scoliose Idiopathique de l'Adolescent (SIA). [Lille]; 2016.
 88. Matamalas A, Bagó J, D'Agata E, Pellisé F. Body image in idiopathic scoliosis: a comparison study of psychometric properties between four patient-reported outcome instruments. *Health and quality of life outcomes.* 2014;12(1):81.
 89. Bagó J, Climent JM, Pérez-Grueso FJS, Pellisé F. Outcome instruments to assess scoliosis surgery. *European Spine Journal.* mars 2013;22(S2):195-202.
 90. Bago J, Sanchez-Raya J, Perez-Grueso FJS, Climent JM. The Trunk Appearance Perception Scale (TAPS): a new tool to evaluate subjective impression of trunk deformity in patients with idiopathic scoliosis. *Scoliosis.* 2010;5(1):6.
 91. Pineda S, Bago J, Gilperez C, Climent JM. Validity of the Walter Reed Visual Assessment Scale to measure subjective perception of spine deformity in patients with idiopathic scoliosis. *Scoliosis.* déc 2006;1(1).
 92. Massion J. Postural control system. *Curr Opin Neurobiol.* déc 1994;4(6):877-87.
 93. Thoumie P. Posture, équilibre et chutes. Bases théoriques de la prise en charge en rééducation. *Encycl Méd Chir (Editions Scientifiques et Médicales Elsevier SAS, Paris, tous droits réservés).* 1999;26(452).
 94. Mittelstaedt H. Somatic versus Vestibular Gravity Reception in Man. *Annals of the New York Academy of Sciences.* 1 mai 1992;656(1):124-39.
 95. Mittelstaedt H. Origin and processing of postural information. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews.* 1998;22(4):473-478.
 96. HAS. Analyse de la posture statique et/ou dynamique sur plate-forme de force (posturographie). *Statokinésigraphie informatisée.* 2007 Juin.
 97. Thoumie P. Intérêts et limites de la posturographie pour l'évaluation des troubles de l'équilibre. *La Lettre de médecine physique et de réadaptation.* sept 2012;28(3):139-44.
 98. Gagey P-M, Bizzo G. La mesure en posturologie. 2001.
 99. Dujols A. Quotient plantaire et conflit visuo-podal. *Vision et posture III.* Décembre 1990;
 100. Bizzo G, Guillet N, Patat A, Gagey PM. Specifications for building a vertical force platform designed for clinical stabilometry. *Medical and Biological Engineering and Computing.* 1985;23(5):474-476.
 101. Barbier L. Les sabots dynamométriques : un outil d'analyse et d'interprétation dans la scoliose. *Résonances Européennes du Rachis.* 2005;13(41).
 102. Missaoui B, Thoumie P. How far do patients with sensory ataxia benefit from so-called « proprioceptive rehabilitation »? *Neurophysiologie Clinique/Clinical Neurophysiology.* oct

2009;39(4-5):229-33.

103. Gomes Paiva AF, Thoumie P, Missaoui B. How far do stabilometric and clinical parameters correlate in peripheral neuropathies? *Gait & Posture*. févr 2017;52:11-4.
104. Missaoui B, Rakotovo E, Bendaya S, Mane M, Pichon B, Faucher M, et al. Posture and gait abilities in patients with myotonic dystrophy (Steinert disease). Evaluation on the short-term of a rehabilitation program. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*. août 2010;53(6-7):387-98.
105. Nault M-L, Allard P, Hinse S, Le Blanc R, Caron O, Labelle H, et al. Relations between standing stability and body posture parameters in adolescent idiopathic scoliosis. *Spine*. 1 sept 2002;27(17):1911-7.
106. Byl NN, Gray JM. Complex balance reactions in different sensory conditions: adolescents with and without idiopathic scoliosis. *Journal of orthopaedic research*. 1993;11(2):215-227.
107. Simoneau M, Richer N, Mercier P, Allard P, Teasdale N. Sensory deprivation and balance control in idiopathic scoliosis adolescent. *Experimental Brain Research*. avr 2006;170(4):576-82.
108. Berre ML, Guyot M-A, Agnani O, Bourdeauducq I, Versyp M-C, Donze C, et al. Clinical balance tests, proprioceptive system and adolescent idiopathic scoliosis. *Eur Spine J*. 1 juin 2017;26(6):1638-44.
109. Paolucci T, Morone G, Di Cesare A, Grasso MR, Fusco A, Paolucci S, et al. Effect of Chêneau brace on postural balance in adolescent idiopathic scoliosis: a pilot study. *Eur J Phys Rehabil Med*. oct 2013;49(5):649-57.
110. Agnani O, Catanzariti J-F, Guyot M-A, Demaille S, Donzé C. Utilité du quotient de Romberg dans l'analyse posturographique des scolioses idiopathiques. *Annales de réadaptation et de Médecine Physique*. 2013;e284.
111. Haumont T. Instabilité posturale au stade précoce de la scoliose idiopathique de l'adolescente. Nancy 1; 2010.
112. Arbabaoui T, Catanzariti J-F. Existe-t-il un profil posturographique spécifique dans la scoliose idiopathique de l'adolescent? Non publié. 2018;
113. Negrini S, Hresko TM, O'Brien JP, Price N, SOSORT Boards, SRS Non-Operative Committee. Recommendations for research studies on treatment of idiopathic scoliosis: Consensus 2014 between SOSORT and SRS non-operative management committee. *Scoliosis*. 2015;10(1):8.
114. Elie C, Touzé E. Les essais de non infériorité. *Sang Thrombose Vaisseaux*. 2012;
115. He C, Wong M-S. Spinal Flexibility Assessment on the Patients with Adolescent Idiopathic Scoliosis (AIS): A Literature Review: *SPINE*. juin 2017;1.
116. Olivier I, Palluel E, Nougier V, Assaiante C. Evolution des stratégies posturales de l'enfance à l'adolescence. In: *EMC*. 2013. (Podologie).
117. Viel S, Vaugoyeau M, Assaiante C. Adolescence: a transient period of proprioceptive neglect in sensory integration of postural control. *Motor Control*. janv 2009;13(1):25-42.
118. Kessomtini W, Gader N, Ben Brahim H. Evaluation de la qualité de vie des adolescents porteurs de scoliose idiopathique traitée orthopédiquement.
119. Deceuninck J, Bernard J-C. Quality of life and brace-treated idiopathic scoliosis: A cross-sectional study performed at the Centre des Massues on a population of 120 children and adolescents. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*. mars 2012;55(2):93-102.
120. Geurts AC, Nienhuis B, Mulder TW. Intrasubject variability of selected force-platform parameters in the quantification of postural control. *Arch Phys Med Rehabil*. nov 1993;74(11):1144-50.
121. Tjernström F, Björklund M, Malmström E-M. Romberg ratio in quiet stance posturography—Test to retest reliability. *Gait & Posture*. juin 2015;42(1):27-31.
122. Bozorg grayeli A, Toupet M, Hajaje D. Variabilité des paramètres de posturographie chez le sujet normal.
123. Pinsault N, Vuillerme N. Test-retest reliability of centre of foot pressure measures to assess postural control during unperturbed stance. *Medical Engineering & Physics*. mars 2009;31(2):276-86.

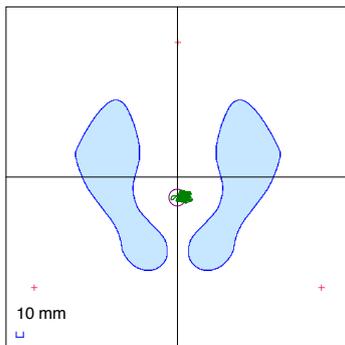
124. Zbigniew Kuliberda, Bellaiche L. Photogrammétrie et vidéogrammétrie 3D et 4D : Une technologie non irradiante au service du rhumatologue et de ses patients. Congrès 2016 de la FFR.
125. Schulte TL, Hierholzer E, Boerke A, Lerner T, Liljenqvist U, Bullmann V, et al. Raster stereography versus radiography in the long-term follow-up of idiopathic scoliosis. *J Spinal Disord Tech.* févr 2008;21(1):23-8.
126. Frerich JM, Hertzler K, Knott P, Mardjetko S. Comparison of Radiographic and Surface Topography Measurements in Adolescents with Idiopathic Scoliosis. *Open Orthop J.* 27 juill 2012;6:261-5.
127. Mangone M, Raimondi P, Paoloni M, Pellanera S, Di Michele A, Di Renzo S, et al. Vertebral rotation in adolescent idiopathic scoliosis calculated by radiograph and back surface analysis-based methods: correlation between the Raimondi method and rasterstereography. *Eur Spine J.* févr 2013;22(2):367-71.
128. Hackenberg L, Hierholzer E, Bullmann V, Liljenqvist U, Götze C. Rasterstereographic analysis of axial back surface rotation in standing versus forward bending posture in idiopathic scoliosis. *Eur Spine J.* juill 2006;15(7):1144-9.
129. Chalmers E, Lou E, Hill D, Zhao HV. An advanced compliance monitor for patients undergoing brace treatment for idiopathic scoliosis. *Medical Engineering & Physics.* févr 2015;37(2):203-9.
130. Lou E, Raso J, Hill D, Durdle N, Mahood J, Moreau M. Brace monitoring system for the treatment of scoliosis. *Stud Health Technol Inform.* 2002;88:218-21.
131. Takemitsu M, Bowen JR, Rahman T, Glutting JJ, Scott CB. Compliance monitoring of brace treatment for patients with idiopathic scoliosis. *Spine.* 15 sept 2004;29(18):2070-2074; discussion 2074.
132. Miller DJ, Franzone JM, Matsumoto H, Gomez JA, Avendaño J, Hyman JE, et al. Electronic monitoring improves brace-wearing compliance in patients with adolescent idiopathic scoliosis: a randomized clinical trial. *Spine.* 20 avr 2012;37(9):717-21.
133. Rahman T, Borkhuu B, Littleton AG, Sample W, Moran E, Campbell S, et al. Electronic monitoring of scoliosis brace wear compliance. *J Child Orthop.* août 2010;4(4):343-7.
134. Vandal S, Rivard CH, Bradet R. Measuring the compliance behavior of adolescents wearing orthopedic braces. *Issues Compr Pediatr Nurs.* sept 1999;22(2-3):59-73.
135. Antoniadou N, Hatzitaki V, Stavridis SI, Samoladas E. Verticality perception reveals a vestibular deficit in adolescents with idiopathic scoliosis. *Experimental Brain Research.* 10 avr 2018;
136. Yagci G, Yakut Y, Simsek E. The effects of exercise on perception of verticality in adolescent idiopathic scoliosis. *Physiotherapy Theory and Practice.* 3 août 2018;34(8):579-88.
137. Mathevon L, Leroux N, Piscicelli C, Clarac E, Dai S, Davoine P, et al. Sustainable reduction in the occurrence of falls in a Parkinson's patient who followed an intensive and specific rehabilitation program to recalibrate verticality perception. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine.* sept 2016;59:e65.
138. Pérennou D, Chauvineau V, Reymond C, Micallef JP, Péliissier J, Benaim C, et al. Normaliser la perception de la verticale atténue la latéropulsion après l'AVC. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine.* 2012;Accident vasculaire cérébral.
139. Struber L. Développement d'un « kinésithérapeute embarqué » dans le but d'améliorer le traitement de la scoliose. *Systèmes embarqués.* [Université Grenoble Alpes]; 2016.
140. De Mauroy JC, Ginoux JM. The New Lyon Brace : ARTbrace (Asymmetrical Rigid Torsion). 2015.

Annexe :

Annexe 1 : Exemple d'analyse posturographique (condition YF) :

Evaluation de l'équilibration en condition statique		YF
Patient : Date de naissance : N° Sécurité Sociale : ID Code :	Prescripteur : Tél:	

Examen N° 4461 du 19/10/2016 à 10H 15mn



Fréquence : 40,0 Hz
 Durée : 51,2 s

Conditions
 - Visuelle : YF
 - Vestibulaire : Sans
 - Oculaire : Sans
 - Rachidienne : Sans
 - Podale : Sans
 - Personnalisée : Sans

Critère 1 :
 Critère 2 :
 Critère 3 :

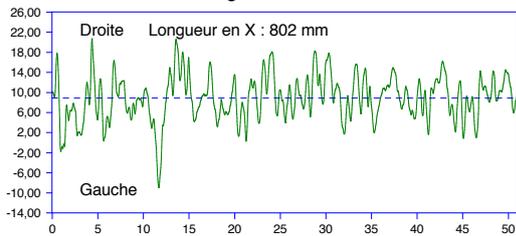
X Moyen : 8,9 0,3 (-10,5 / 11,1) mm
 Y Moyen : -27,9 -27,5 (-3,6 / -51,4) mm
 Longueur : 1173 613 (346 / 880) mm
 Surface : 245 225 (79 / 638) mm²
 LFS adulte : 2,04 1 (0,70 / 1,44)
 LFS enfant : 1,09 1 (0,71 / 1,40)

Prédominance directionnelle : 18° (trigo)

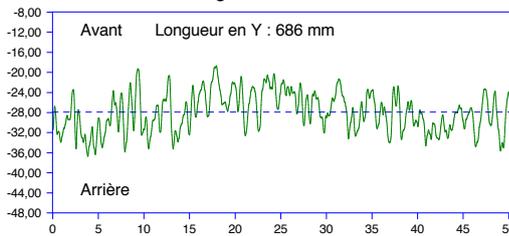
Q Romberg : NC 288 (112 / 677)

VFY : -0,46

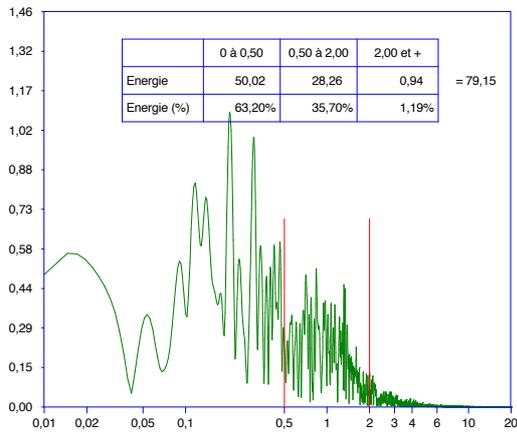
Stabilogramme Droite / Gauche



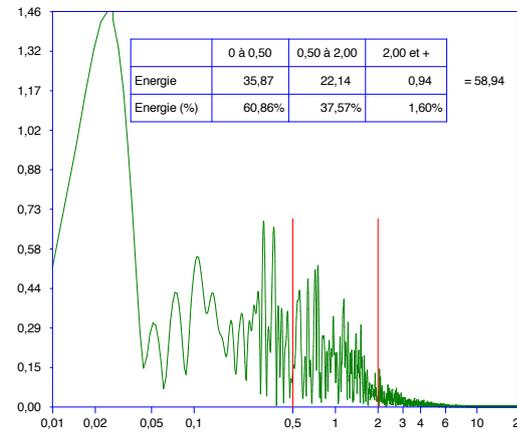
Stabilogramme Avant / Arrière



FFT Droite / Gauche



FFT Avant / Arrière



Commentaires :

AUTEUR : Nom : HANOT

Prénom : Quentin

Date de Soutenance : Mercredi 20 Juin 2018

Titre de la Thèse : Prise en charge rééducative intensive de la scoliose idiopathique de l'adolescent et cure de distraction : Une étude rétrospective de non infériorité

Thèse - Médecine - Lille 2018

Cadre de classement : Médecine Physique et de Réadaptation

DES + spécialité : Médecine Physique et de Réadaptation

Mots-clés : Scoliose idiopathique de l'adolescent, scoliose, rééducation, cures de distraction, angle de Cobb, facteurs prédictifs, posturographie,

Contexte : La scoliose idiopathique de l'adolescent est une déformation tridimensionnelle du rachis. Sa prise en charge est divisée entre le traitement rééducatif, orthopédique et chirurgical. Des cures de distraction sont parfois réalisées, dont les protocoles restent variés avec une efficacité contestée. Au centre Marc Sautelet, ils sont composés d'une association entre traitement orthopédique et rééducatif. Deux cures sont réalisées : les V1 et – plus récentes et mieux tolérées- les V2. Les objectifs étaient d'en comparer l'efficacité à court et moyen terme, de rechercher les facteurs prédictifs d'efficacité et d'étudier l'évolution du profil posturographique.

Matériel et méthode : Deux types de cures de 4 semaines ont été comparées. La V1 (décubitus strict 24h/24, kinésithérapie en décubitus, tractions dynamiques et corset dérivé de Milwaukee) et V2 (pas de décubitus, kinésithérapie dérivée des méthodes Schroth, autocorrection 3D, corset Cheneau diurne et dérivé de Milwaukee la nuit). Des radiographies étaient réalisées avant et après cure ainsi qu'une posturographie. Le critère de jugement principal était l'amélioration de l'angle de Cobb $>5^\circ$.

Résultats : 119 patients ont été inclus rétrospectivement entre 2011 et 2017 (66 V2, 53 V1). Il n'y avait pas de différence significative entre les groupes en dehors de l'angle de Cobb pré cure. On notait une amélioration significative de l'angle de Cobb pour les 2 cures (V1 : $-9,26^\circ$; V2 : $-6,84^\circ$), sans différence significative (IC95%(0,08-0,47), $p=0,042$). A 6 mois, on notait dans le groupe V2 11,3% d'aggravation, 22,7% d'amélioration et 66% de stabilité contre respectivement dans le groupe V1 41,7%, 33,3% et 25%. A 12 mois, on notait dans le groupe V2 15,4% d'aggravation, 23,1% d'amélioration et 61,5% de stabilité contre 33,3%, 19% et 47,6% pour les V1. Il y avait une meilleure efficacité pour les courbures autre qu'une dorsale droite (80% contre 41% d'amélioration, $p=0,004$). La cure avait tendance à améliorer le quotient de Romberg et à diminuer le quotient plantaire initialement proches de 1.

Conclusion : La cure V2 est non inférieure à la V1 et elle semble présenter une meilleure efficacité à long terme. Nous ne retrouvons pas de facteur prédictif d'efficacité en dehors de la topographie de la courbure. La cure pourrait favoriser l'utilisation des informations visuelles au profit des informations somesthésiques plantaires. La réalisation des cures V2 apparaît préférable au vu de sa tolérance et de son efficacité à long terme.

Composition du Jury :

Président : Monsieur le Professeur André THEVENON

Asseseurs : Monsieur le Professeur Richard ASSAKER, Monsieur le Docteur Vincent TIFFREAU, Madame le Docteur Morgane LE BERRE.

Directeur de thèse : Monsieur le Docteur Jean-François CATANZARITI