

MINISTERE DE LA SANTE

REGION LORRAINE

INSTITUT LORRAIN DE FORMATION EN MASSO-KINESITHERAPIE

DE NANCY

**ANALYSE
POSTUROLOGIQUE
SUR UN ECHANTILLON
DE 10 GYMNASTES**

Rapport de travail écrit personnel présenté par Guillaume ZUBER

Etudiant en 3^{ème} année de kinésithérapie en vue de l'obtention du Diplôme

d'Etat de Masseur-Kinésithérapie 2007-2008.

RESUME

Le gymnaste est capable de placer son corps dans l'espace avec une grande précision ce qui nécessite un sens de l'équilibre très poussé. Ce travail est une étude du maintien postural statique sur une population de 10 gymnastes âgés de 11 à 14 ans. Celui-ci a été réalisé grâce à l'utilisation d'une plate-forme stabilométrique et porte donc sur l'interprétation de paramètres caractérisant la station debout. Il cherche à mettre en évidence le reflet de la pratique de la gymnastique sur les stratégies et la précision de l'équilibre orthostatique dans un contexte de croissance du système postural.

Mots clés : analyse posturologique, gymnastique, maturation du système postural.

SOMMAIRE

RESUME	
INTRODUCTION	p.1
I. DEFINITIONS ET RAPPELS ANATOMO-PHYSIOLOGIQUES	p.2
1. Généralités	p.2
2. Les capteurs	p.4
a) L'entrée podale	p.4
b) L'entrée visuelle	p.4
c) Le système vestibulaire	p.6
d) Réajustement postural	p.7
3. L'effecteur musculaire	p.7
II. PRESENTATION DE LA METHODE	p.8
1. La population	p.8
2. L'outil d'analyse	p.8
3. Les paramètres mesurés	p.9
III. LA PRISE DE MESURE	p.10
1. Protocole de mesure	p.10
2. Conditions d'enregistrement	p.11

IV.	LES RESULTATS ET COMPARAISON A LA NORME 85	p.12
1.	Le LFS	p.13
2.	La surface en mm ²	p.13
3.	Le VFY	p.14
4.	L'ANO2X et l'ANO2Y	p.15
5.	Le quotient de Romberg	p.16
6.	Recherche de corrélation entre les paramètres et la latéralité des sujets	p.16
7.	Recherche de corrélation entre les paramètres et l'âge des sujets	p.17
8.	Recherche de corrélation entre les paramètres et le niveau des sujets	p.17
V.	LA DISCUSSION	p.17
1.	Comparaison à la norme 85	p.18
2.	Comparaison à une population de sportif en général	p.18
3.	La maturation du système postural	p.19
4.	Intérêt de l'étude par rapport à la pratique masso-kinésithérapique	p.20
5.	Intérêt de l'étude sur la pratique de la gymnastique	p.20
6.	Pertinence de l'étude	p.21
VI.	CONCLUSION	p.23
	BIBLIOGRAPHIE	

ANNEXES :

- Annexe 1 : Fiche d'informations gymnastes.
- Annexe 2 : Tableau des résultats.
- Annexe 3 : Remarque sur la mesure de la surface en situation yeux fermés.
- Annexe 4 : Exemple d'un relevé d'analyse posturologique.

TABLE DES FIGURES

- Figure 1 : Schéma de la verticale gravitaire. p.2
- Figure 2 : Schéma simplifié de la régulation posturale. p.3
- Figure 3 : Les rôles des visions fovéale et périphérique. p.5
- Figure 4 : Les canaux semi-circulaires. p.6
- Figure 5 : Représentation des structures du système vestibulaire dans le crâne. p.6
- Figure 6 : Schéma récapitulatif de la proprioception chez l'homme. p.7
- Figure 7 : La plate-forme Win-Posture de Médicaptureurs®. p.9
- Figure 8 : Positionnement du sujet lors de la prise de mesure. p.11

TABLE DES TABLEAUX

- Tableau 1 : Résultats de la mesure du LFS sur la population étudiée et sur la population de la norme 85. p.13
- Tableau 2 : Résultats de la mesure de la surface en mm² sur la population étudiée et sur la population de la norme 85. p.14
- Tableau 3 : Résultats de la mesure du VFY sur la population étudiée et sur la population de la norme 85. p.14
- Tableau 4 : Résultats de la mesure de l'ANO2X sur la population étudiée et sur la population de la norme 85. p.15
- Tableau 5 : Résultats de la mesure de l'ANO2Y sur la population étudiée et sur la population de la norme 85. p.15
- Tableau 6 : Résultats du calcul des quotients de Romberg sur la population étudiée et sur la population de la norme 85. p.16

I. INTRODUCTION

Mis sans arrêt en déséquilibre lors de leurs figures, les gymnastes sont constamment à la recherche d'un équilibre hypothétique, souvent dans un environnement pauvre en références visuelles. On ignore, par contre, si cette capacité se transpose dans une activité aussi simple que se tenir debout.

C'est pourquoi nous avons voulu nous intéresser à la proprioception du gymnaste dans le cadre de ce travail écrit, à travers une étude posturologique visant à mettre en évidence ou non, l'influence de la pratique de la gymnastique sur la capacité à gérer les différentes entrées du système postural.

Aussi ce travail offre des interrogations de différents ordres : les gymnastes sont-ils meilleurs dans la réalisation d'une tâche simple telle que tenir debout et au niveau de quels paramètres ? La pratique de la gymnastique influence-t-elle la posturologie ?

L'âge de l'échantillon étudié (11 à 14 ans) implique la prise en compte d'une notion de maturation du système postural pour l'interprétation de cette étude.

Dans un premier temps, nous rappellerons l'anatomie et la physiologie du système postural, nécessaires à la compréhension de l'étude. Nous envisagerons ensuite la présentation de la méthode, puis du protocole et des conditions de la prise de mesure. Après la présentation des résultats obtenus, nous en feront l'analyse, pour enfin permettre une discussion.

II. DEFINITIONS ET RAPPELS ANATOMO-PHYSIOLOGIQUE

1. Généralités :

La posturologie consiste en l'étude des déplacements du centre de gravité de l'homme. Celui-ci se situe haut dans le corps redressé de l'homme (en avant de la troisième vertèbre lombaire), et il se projette au sol à l'intérieur du polygone de sustentation (voir schéma ci-dessous). Cette étude est, par conséquent, celle des mécanismes permettant la stabilisation des différents segments du corps dans l'espace au cours de la station debout.

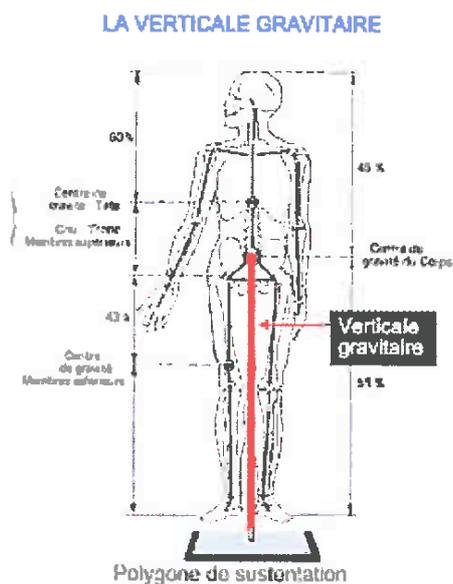


Figure 1 : Schéma de la verticale gravitaire

Le système de l'équilibre orthostatique est surtout défini par sa finalité (se tenir debout, les mains libres et l'attention disponible), et il consiste en une intégration de nombreuses informations sensorielles, on parle alors de système postural fin. Celui-ci emploie une stratégie utilisant des tactiques et visant à maintenir la projection du centre de gravité dans le

polygone de sustentation. Ces tactiques ne sont pas uniques et stéréotypées mais varient selon les individus.

Le sujet immobile debout se comporte comme un pendule inversé, et certaines études montrent que l'axe corporel chez un sujet normal oscille dans un cône de 4° d'ouverture au sommet.

Les afférences d'origine proprioceptive, vestibulaire, visuelle et tactile mais aussi les voies reflexes semblent avoir une place prépondérante dans le maintien de la posture et le contrôle des déséquilibres. Comme le montre le schéma, les entrées sensorielles se comportent d'une part en termes de fournisseurs d'informations, internes ou externes (endo-entrées et exo-entrées), et d'autre part de détecteurs d'erreurs

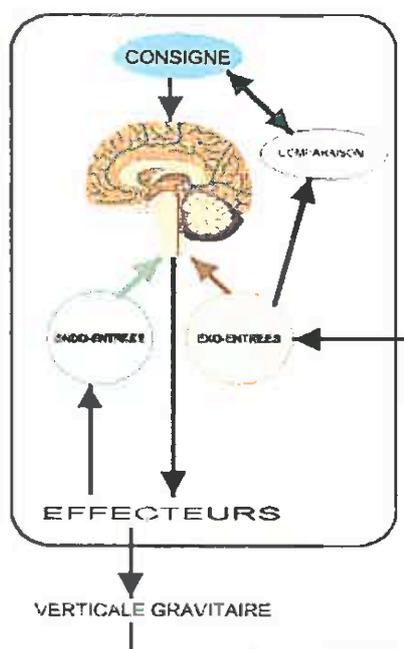


Figure 2 : Schéma simplifié de la régulation posturale

De la même façon qu'il y a des entrées dans le système postural (constituées par les informations sensorielles des endo et exocapteurs), des sorties sont constituées par des réponses stéréotypées et automatiques exécutées par l'effecteur musculaire.

2. Les capteurs :

a. L'entrée podale :

Selon Gagey (4), il existe un seuil minimal et un seuil maximal de pression appliquée sur la sole plantaire pour obtenir une modification du tonus postural. Ces seuils varient en fonction de la surface d'appui : lorsque la surface augmente, les seuils minimal et maximal diminuent.

Au niveau du pied et de la cheville, on retrouve différents récepteurs : des endo-capteurs comme des fuseaux neuro-musculaires sensibles à l'étirement, des organes de Corti au niveau des tendons, des récepteurs ostéo-articulaires (corpuscules de Vater-Pacini) et des exocapteurs qui sont les baro-récepteurs de la sole plantaire.

Ainsi la position des pieds par rapport à la tête est connue par l'intermédiaire des muscles du rachis et du cou.

b. L'entrée visuelle :

Il existe deux types d'informations liés au capteur oculaire :

- Une information visuelle, d'une part interprétée comme image rétinienne par le cortex cérébral. Celle-ci renseigne sur la position et le mouvement du corps dans l'espace. On différencie deux types d'informations visuelles : la vision focale qui donne la direction du

regard par rapport à celle de la tête et qui sert à l'identification, et la vision périphérique qui informe sur l'orientation du sujet par rapport à son environnement.

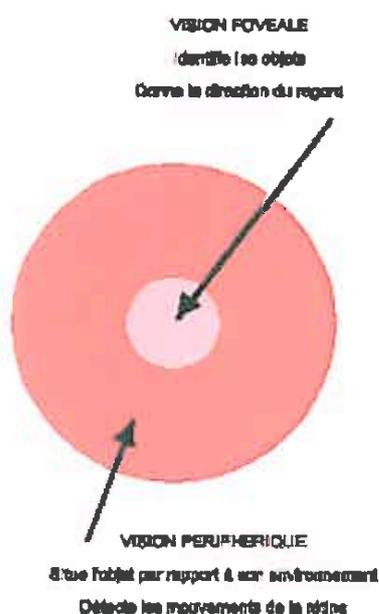


Figure 3 : Les rôles des visions fovéale et périphérique.

- Une information liée à la tension des muscles oculomoteurs externes. Les muscles oculomoteurs externes sont des récepteurs proprioceptifs, d'une part grâce à leurs fuseaux neuro-musculaires, et d'autre part à la jonction musculo-tendineuse où se trouvent des organes sensibles à l'étirement dits en palissade. Celle-ci est différente, elle donne la position exacte de l'œil dans l'orbite. Le rôle de la jonction musculo-tendineuse est facilement mis en évidence dans une situation de confusion entre mouvements du corps et mouvements de la tête. Les afférences visuelles de la vision périphérique convergent avec les afférences vestibulaires, et contribuent à l'évaluation de la vitesse des mouvements de la tête.

d. Réajustement postural :

La moelle épinière réajuste localement l'activité posturale : on parle alors de voies réflexes. Celles-ci sont multiples, mais c'est sûrement le réflexe myotatique qui occupe la plus grande place dans ces ajustements posturaux. En effet, cet arc constitue une boucle de régulation de la longueur du muscle : un étirement passif du muscle entraîne sa propre contraction réflexe, et retrouve ainsi sa longueur initiale.

3. L'effecteur musculaire :

Les différents centres nerveux recevant des informations en provenance des différents capteurs sensoriels, élaborent une réponse motrice par l'intermédiaire d'influx nerveux. C'est surtout au niveau des muscles du rachis que l'effecteur musculaire est le plus important.

Il faut noter que l'utilisation des données par le système postural fin ne peut s'effectuer si les organes sensoriels ne connaissent leur position réciproque.

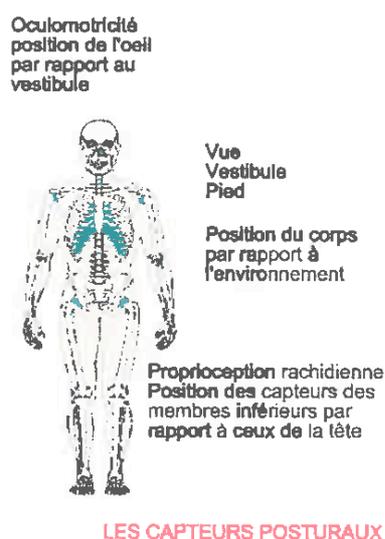


Figure 6 : Schéma récapitulatif de la proprioception chez l'homme.

III. PRESENTATION DE LA METHODE

1. La population :

L'étude s'effectue sur une série de 10 garçons, âgés de 11 à 14 ans, pratiquant la gymnastique à haut niveau (niveau dit « de zone » à niveau national). Une fiche d'informations a été réalisée (voir annexe 1) pour s'assurer de l'absence de problèmes orthopédiques (différence de longueur des membres inférieurs, scoliose,...), auditifs, dentaires ou encore ophtalmologiques qui pourraient intervenir dans l'interprétation des résultats. La plupart (8/10) pratiquent la gymnastique depuis l'âge de 3 ans (baby-gym) et 7 parmi eux n'ont pas pratiqué d'autres sports plus d'un an.

La fiche nous renseigne également sur le pied d'appel, la main d'appui et l'œil dominant de chaque personne. Le nombre d'années de pratique et le temps de travail par semaine, leurs meilleurs résultats en compétition et leurs dernières atteintes traumatiques sont également demandés. Le consentement de chaque enfant et de leurs parents a été demandé.

2. L'outil d'analyse :

L'évaluation est effectuée grâce à une plate-forme normalisée de stabilographie et de rééducation posturale de chez Médicaptureurs® de type Win-Posturo. C'est une plate-forme mono-plateau normalisée 3 points aux normes de l'Association Française de Posturologie. L'acquisition des données par celle-ci se fait avec une fréquence d'échantillonnage de 5Hz.

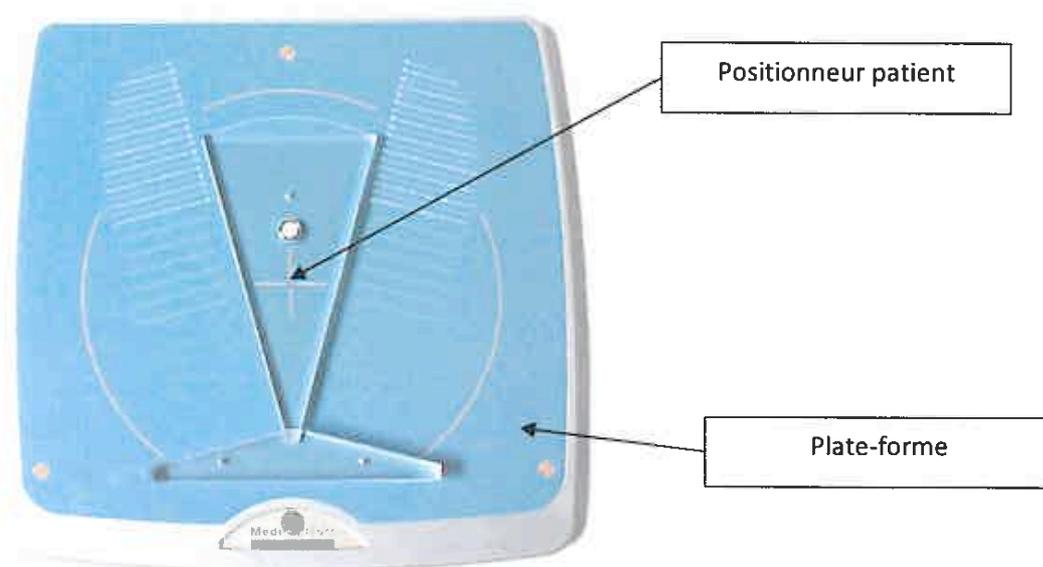


Figure 7 : La plate-forme Win-Posture de Médicaptours®.

3. Les paramètres mesurés par la plate-forme sont les suivants :

- La surface : Ce paramètre permet d'apprécier la précision avec laquelle le système postural situe l'individu dans son environnement. Elle est surtout déterminée par les déplacements de grande amplitude. Elle est mesurée en millimètre-carré (mm^2).
- La longueur XY : elle est le reflet de l'énergie dépensée par le système postural pendant l'examen. Elle est mesurée en millimètre (mm).
- Le X Moyen : Ce paramètre reflète les déplacements du centre de gravité sur l'axe transversal. Cette mesure est réalisée en millimètre.
- Le Y moyen : Ce paramètre reflète les déplacements du centre de gravité sur l'axe sagittal. Cette mesure est également réalisée en millimètre.
- Le LFS : Ce paramètre est la comparaison de la longueur par rapport à la surface donc de l'énergie dépensée par rapport à la précision du système postural.

- La variation de vitesse : Ceci correspond à la vitesse du réajustement postural du corps du sujet. Elle est mesurée en millimètre par seconde (mm/s).
- Le VFY : Ce paramètre quantifie la vitesse de déplacement sur l'axe des Y, il reflète la viscoélasticité des muscles de la posture.
- Le quotient du Romberg : Ce paramètre est le quotient des surfaces mesurées dans les situations yeux ouverts (avec correction visuelle au besoin) et yeux fermés. « Ce quotient est très intéressant car il permet de chiffrer le rôle de l'entrée visuelle du système postural dans la précision de ce système ». Un quotient égal à 1 signifie que l'entrée visuelle ne joue aucun rôle dans la précision du système postural.
- L'ANO2X et l'ANO2Y : ces deux paramètres renseignent sur la participation des muscles rachidiens lors de la posture. Ils sont mesurés en pourcentage.

IV. LA PRISE DE MESURE

1. Protocole de mesure :

Nous utilisons pour cette étude le même protocole que celui qui a servi à la réalisation de la norme de 1985, et adapté par le CRF Hospitalor de Forbach.

Il se décrit ainsi :

Le sujet monte pieds nus sur la plate-forme. On l'installe grâce au positionneur de telle façon que ses pieds forment un angle de 30° dont la bissectrice coïncide avec l'axe sagittal de la plate-forme. Pendant la prise de mesure, il fixe un fil rouge vertical placé à 47cm devant lui.

Tous les sujets ont été enregistrés dans deux situations : yeux ouverts et yeux fermés. Les sujets qui avaient une correction visuelle prescrite ont été enregistrés dans une troisième situation.



Figure 8 : Positionnement du sujet lors de la prise de mesure.

2. Conditions d'enregistrement :

Les mesures sont réalisées dans un environnement calme sans sollicitations sonores. Les mesures sont prises par les mêmes opérateurs qui ont les mêmes rôles pour chaque sujet. Chaque enregistrement dure 51,2 secondes. On vérifie entre chaque sujet qu'il n'y pas eu de dérèglement de la plate-forme. Dans un souci de comparaison, les consignes données à chacun sont les mêmes :

« Gardez les bras et la mâchoire bien détendus », « ne bougez pas pendant la durée du test qui dure environ 2 minutes », « gardez bien les yeux fermés pour ne rien voir »,

La prise de mesure se déroule ainsi :

-Une première série est d'abord réalisée les yeux ouverts, sans enregistrement. Puis le patient descend de la plate-forme, il fait quelques pas dans la pièce (il renouvelle cette manœuvre entre chaque prise de mesure).

-Il remonte sur la plate-forme pour la prise de mesure yeux ouverts (avec correction visuelle si besoin) puis pour la prise de mesure yeux fermés.

-Une dernière série est réalisée sans correction visuelle pour les sujets ayant été mesurés avec lors de la première prise de mesure.

Les mesures ont été prises le mercredi 17 octobre 2007, de 16 à 18h30.

V. RESULTATS ET COMPARAISON A LA NORME 85

Les résultats obtenus par le programme WinPosture® sont automatiquement comparés aux valeurs de la norme 85. La norme 85 est une étude réalisée par l'Association Française de Posturologie en 1985. Elle est établie sur une population de 100 personnes et cherche à définir une norme stabilométrique. Cette comparaison est à la base de l'analyse réalisée dans cette partie.

Nous choisissons de ne présenter que les mesures qui nous paraissent pertinentes pour cette étude, cependant elles sont toutes disponibles en annexe (annexe 2). Les résultats sont

présentés dans des tableaux partageant la population étudiée selon les séries (YO5 : série réalisée les yeux ouverts avec correction visuelle si besoin ; YF5 : série réalisée les yeux fermés).

1. Le LFS :

Les valeurs du coefficient de la longueur sur la surface se sont toutes révélées être en dessous des valeurs de la norme de 1985, aussi bien lors de l'enregistrement des séries yeux ouverts que yeux fermés (Tableau 1). Ceci amène à penser que l'énergie dépensée par les gymnastes pour le maintien de la posture debout est en dessous de la norme.

LFS	Population étudiée		Normes 85	
	YO5	YF5	YO5	YF5
maximum	0,56	0,62	1,39	1,44
minimum	0,28	0,32	0,72	0,7
moyenne	0,43	0,49	1	1

Tableau 1 : Résultats de la mesure du LFS sur la population étudiée et sur la population de la norme 85.

2. La surface en mm² :

Pour ce paramètre, la plupart des sujets sont dans la norme pour les séries réalisées yeux fermés (9/10), alors que seulement 6/10 sujets le sont yeux ouverts. Il existe donc une

disparité liée à la vision lors de l'enregistrement; celle-ci influe sur la précision à placer le corps dans son environnement.

Surface	Population étudiée		Normes 85	
	YO5	YF5	YO5	YF5
maximum	461,8	1010,5	210	638
minimum	49,1	83	39	79
moyenne	224,63	323,91	91	225

Tableau 2 : Résultats de la mesure de la surface en mm² sur la population étudiée et sur la population de la norme 85.

Il est à noter que le sujet qui n'est pas dans la norme dans la série yeux fermés, présente une valeur anormalement élevée (1010,5). Nous choisissons volontairement de réaliser une mesure annexe de la moyenne en écartant cette donnée (annexe 3).

3. Le VFY :

Le tableau ci-dessous présente les valeurs mesurées pour ce paramètre. Celles-ci sont dans la norme. Cependant elles restent assez élevées, ce qui amène à penser que les gymnastes présentent une diminution de la viscoélasticité non caractéristique, des muscles de la posture.

VFY	Population étudiée		Normes 85	
	YO5	YF5	YO5	YF5
maximum	1,86	4,96	3,59	4,86
minimum	-0,92	-0,73	-2,61	-4,73
moyenne	0,436	0,085	0	0

Tableau 3 : Résultats de la mesure du VFY sur la population étudiée et sur la population de la norme 85.

4. L'ANO2X et l'ANO2Y :

Les deux tableaux suivants présentent les résultats de la mesure de l'ANO2X et de l'ANO2Y. En X, les moyennes des séries YO et YF sont élevées. Yeux ouverts, 6/10 sujets sont au dessus de la norme, alors que yeux fermés il n'y en a qu'un seul. En Y, les moyennes sont tout aussi élevées et 8/10 sujets sont au dessus de la norme pour les séries yeux ouverts. 2/10 sujets le sont pour les séries yeux fermés.

En X	Population étudiée		Normes 85	
	YO5	YF5	YO5	YF5
maximum	29,77	29,42	18,34	26,98
minimum	15,91	13,92	0	0
moyenne	20,359	20,965	11,39	16,57

Tableau 4 : Résultats de la mesure du l'ANO2X sur la population étudiée et sur la population de la norme 85.

En Y	Population étudiée		Normes 85	
	YO5	YF5	YO5	YF5
maximum	23,53	25,33	13,23	22,63
minimum	12,96	11,25	0	0
moyenne	17,472	17,308	8,37	14,65

Tableau 5 : Résultats de la mesure de l'ANO2Y sur la population étudiée et sur la population de la norme 85.

Nous pouvons penser que les gymnastes utilisent leurs muscles rachidiens de façon plus importante lors de la station debout et principalement avec les yeux ouverts. Ceci peut être expliqué par la similitude entre la position de prise de mesure et celle de réception à la sortie de l'agrès.

5. Le quotient de Romberg :

Le tableau ci-après reporte les mesures des quotients de Romberg :

Romberg	Population étudiée	Normes 85
maximum	2,37	6,77
minimum	0,33	1,12
moyenne	0,862	2,88

Tableau 6 : Résultats du calcul des quotients de Romberg sur la population étudiée et sur la population de la norme 85.

L'étude de ce paramètre est sans doute la plus intéressante pour cette population. 2/10 sujets ont des valeurs se trouvant dans la norme. Les autres présentent un quotient inférieur à 1, pour la plupart largement au dessous de la norme. Le quotient de Romberg étant le rapport de la surface mesurée les yeux ouverts sur celle mesurée les yeux fermés, les résultats nous amènent à penser que les gymnastes se serviraient moins de leur endo-entrée visuelle pour le maintien de la posture.

6. Recherche de corrélation entre les paramètres et la latéralité des sujets :

L'analyse des résultats des mesures ne permet pas de mettre en évidence de rapport entre les différents paramètres et la latéralité de chaque sportif, que ce soit pour son œil dominant, sa main d'appui ou son pied d'appel.

7. Recherche de corrélation entre les paramètres et l'âge des sujets :

L'analyse des mesures ne permet pas de mettre en évidence de rapport entre les différents paramètres et l'âge des sujets.

8. Recherche de corrélation entre les paramètres et le niveau des sujets :

L'analyse des mesures obtenues ne permet pas de mettre en évidence de rapport entre le niveau (basé sur les meilleurs résultats obtenus en compétition) et les différents paramètres. Cependant on peut remarquer que les deux sujets ayant le meilleur niveau actuel présentent les quotients de Romberg mesurés les plus bas.

L'analyse des résultats réalisée dans cette partie est cependant insuffisante et nuancable, nous détaillons ce point dans la partie suivante.

VI. LA DISCUSSION

Il existe beaucoup d'études menées sur différents échantillons de population également ciblés sur certains sports. Mais la littérature reste imprécise sur la maturation du système postural et les études statistiques sur des populations de jeunes sportifs sont rares et peu interprétables.

1. Comparaison à la norme 85 :

Au cours de cette étude nous avons pu mettre en évidence des différences entre la population gymnaste et celle de la norme 85 : les gymnastes dépensent moins d'énergie pour maintenir la posture debout. La plupart des sujets présente une augmentation de la visco-élasticité et de l'utilisation des muscles de la posture. Par ailleurs, ils se servent moins de l'endo-entrée visuelle pour assurer ce maintien postural (quotient de Romberg inférieur à 1 pour 8/10 sujets).

Cette comparaison est discutable, la norme 85 devrait être affinée en fonction des tranches d'âge, et porter sur un nombre encore plus important d'individus. De plus, la norme est très permissive sur le choix de sa population. Il est difficile de parler d'échantillon normal d'un point de vue posturologique (B.Bricot, C.I.E.S). D'un point de vue statistique, la comparaison avec la norme 85 est impossible, néanmoins elle permet une première approche des résultats. La comparaison à d'autres études référées elles aussi à la norme 85 est également intéressante.

2. Comparaison à une population de sportif en général :

Toute la littérature relative à ce sujet est unanime sur l'influence de la pratique sportive sur le maintien postural. Chaque sport a son propre lot de particularités posturologiques qui peuvent être expliquées par l'étude de la pratique. Pour certains sports nous pouvons même mettre en évidence des différences entre les postes occupés. Par exemple, les mesures stabilométriques d'un footballeur occupant un poste de défenseur seront différentes de celles d'un attaquant.

Pour les judokas (travail de fin d'étude de S.Herbert en 2005), les mesures montrent une surface augmentée, un quotient de Romberg diminué et une diminution de l'énergie dépensée. Ceci s'explique par le fait que le judo est un sport d'appui où le but est de déstabiliser l'adversaire pour le faire chuter.

La gymnastique se pratiquant pieds nus, il est certain que la sensibilité de la sole plantaire est plus sollicitée et donc plus développée. Les mesures se réalisant pieds nus, il est normal de penser que les gymnastes sont « avantagés » par rapport aux autres sportifs.

3. La maturation du système postural :

Dès sa naissance, l'être humain entame un apprentissage de la station verticale, une acquisition et une optimisation de son répertoire moteur et de ses différentes tactiques, qui ne seront complètement matures que vers l'âge de 12 à 13 ans. Avant cet âge, il est alors d'autant plus sensible à des facteurs de perturbations internes ou externes, mais d'autant plus malléable, plastique et tolérant. (Association ORION : Office de Recherche Interdisciplinaire sur les Organisations Neurophysiologiques). Ainsi, l'entraînement et la pratique intensive de la gymnastique sont des facteurs de maturation, et ont un retentissement sur l'équilibre et la capacité du sujet à équilibrer son corps dans l'espace.

A cause des variations inter-individuelles de la croissance, il est difficile de dire que les différences que présentent les sujets sur des paramètres de l'étude sont dues au contexte de maturation du système postural. Les sujets les plus âgés de la population étudiée sont en période pré-pubertaire voire pubertaire. C'est une période d'accélération des changements morphologiques. D'après Lacourt (7), ceci a une incidence importante sur le contrôle des

stratégies d'équilibre. Pour l'étude, aucun rapport entre les valeurs mesurées et l'âge de chaque sujet ne peut être établi. La comparaison des moyennes du LFS et du Romberg entre la population étudiée et une population d'enfants de moyenne d'âge de 7 ans (Normes 85, n=60) montre que la population de gymnastes présente des valeurs très inférieures à celle de 1985.

4. Intérêt de l'étude par rapport à la pratique masso-kinésithérapique :

Avec l'essor de l'utilisation de plate-forme stabilométrique, nous assistons à une multiplication des analyses sur le milieu sportif. La mise en évidence de différences avec des populations de sujets normaux montre l'intérêt de la pratique du sport sur le maintien de la posture. L'utilisation de techniques adaptées du sport est donc très intéressante dans la rééducation des patients présentant des troubles de l'équilibre. Ceci tout particulièrement avec la gymnastique qui, par exemple, pourrait permettre d'améliorer l'équilibre chez des personnes présentant des déficiences de l'entrée visuelle, ou encore une fatigabilité accrue lors du maintien de la station debout.

5. Intérêt de l'étude sur la pratique de la gymnastique :

L'analyse de la posture du gymnaste est une évaluation des stratégies qu'il met en œuvre pour garder l'équilibre. Même si la corrélation entre le niveau de l'athlète et son analyse posturale n'a pu être mise en évidence dans cette étude, il est facilement concevable que le rapport existe. Pour l'étude, les mesures obtenues ne permettent pas de mettre en évidence de rapport entre le niveau de chaque sujet et les valeurs de chaque paramètre.

L'évaluation du niveau est difficile du fait du nombre peu important de participation aux compétitions, et des variations mentales de chaque sujet à chaque compétition.

Cependant, les analyses de chaque prise de mesures et la mise en place d'un suivi pourraient alors servir à axer son entraînement, et donc à améliorer les performances du gymnaste. L'utilisation de l'outil stabilométrique serait alors utile, dans ce cas, à l'entraîneur sportif et au rééducateur pour mesurer la pertinence de l'entraînement ou de la rééducation, et l'implication de chaque individu.

6. Pertinence de l'étude :

Cette étude n'est qu'une approche de la posturologie réalisée sur un échantillon restreint de dix gymnastes. Il est donc important d'en saisir les limites.

Il est certain que, malgré les efforts de reproductibilité, cette étude est sensible aux erreurs d'expérience. Par exemple, pour la mesure de la surface (page 14), nous pouvons penser que le sujet qui présente une valeur anormalement élevée a été déstabilisé. Même si les réglages sont de plus en plus facilités, Il est également normal de penser que l'étude est sensible aux variations de mesures dues au matériel.

Comme le montre les tests de répétitivité de la norme 85, Il existe des variations intra-individuelles lors de la prise de mesure. Ainsi les mesures diffèrent entre deux prises de mesures, même à quelques minutes d'intervalle. Cela montre que l'étude est sensible à des paramètres liés à l'individu, tels que la fatigue ou l'état d'esprit lors de l'enregistrement.

La prise en compte de paramètre supplémentaire tel que la mesure de l'angle de Q (angulation entre l'épine iliaque antéro-supérieure et la diaphyse fémorale) reflétant le degré d'antéversion du col fémoral aurait été intéressante dans le cadre de cette étude. Une recherche de corrélation entre cette mesure et l'activité des muscles rachidiens nous aurait peut-être aidés à l'interprétation des mesures.

Une étude dynamique de cet échantillon de population aurait sûrement été très intéressante, mais il n'existe malheureusement pas pour l'instant de normes ni de tests validés.

La réalisation d'un suivi posturologique aurait également été très intéressante et nous aurait permis de comparer les valeurs entre le début et la fin de la saison, après un arrêt sportif ou encore après une blessure ou une maladie.

Il est donc inapproprié de généraliser l'analyse et l'interprétation des mesures à tous les gymnastes. Cependant ce travail est un encouragement à une étude sur une plus grande population de gymnastes d'âge, de sexe et de niveau plus variés.

VII. CONCLUSION

D'un point de vue posturologique, la population de gymnastes de cette étude diffère par une capacité à maintenir la station érigée, avec une précision discutable, en dépensant un minimum d'énergie et en accordant peu de poids à l'endo-entrée visuelle. Ils sont également remarquables par une utilisation trop importante des muscles de la posture et par une augmentation de la visco-élasticité de ceux-ci.

Malgré une pauvreté en bases de comparaison, il est donc vérifié que la pratique sportive, ici de façon intensive, a un impact non négligeable sur l'organisation de la régulation de l'équilibre orthostatique.

Une confirmation des résultats de ce travail écrit par des études complémentaires sur des populations plus importantes et plus variées permettrait alors une ouverture sur la pratique masso-kinésithérapique et sportive.

BIBLIOGRAPHIE

1. Association Française de Posturologie - Normes 85, 2^{ème} éd., Paris, ADAP, 1988, 249p.
2. GAGEY P.-M. – A Critique of posturology: towards an alternative neuroanatomy? – Surgical and Radiologic Anatomy, 1991, 13, 4, p.255-257.
3. GAGEY P.-M., WEBER B. - Posturologie : Régulation et dérèglements de la station debout. – 3^{ème} éd. - Paris : Masson, 2004, - 199p.
4. GAGEY P.-M., WEBER B. – Entrées du système postural fin. – Paris : Masson, 1995, - 150p.
5. LACOUR M. - Posture et équilibre : entrées sensorielles, méthodes d'exploration et applications. Montpellier : Sauramps médical. 1999. -186p.
6. LACOUR M., GAGEY P.-M., WEBER B. - Posture et environnement. Montpellier : Sauramps médical, 1997, 199p.
7. LACOUR M. - Posture et équilibre : aspects développementaux, méthodologiques, perceptifs et cliniques. Montpellier : Sauramps médical. 1999, 197p.
8. LAMY J.-C. - Bases neurophysiologiques de la proprioception. – Kinésithérapie Scientifique, 2006, 472, p.15 – 23.
9. TOFFALONI S.- L'utilisation des données de la posturologie en kinésithérapie. - Ann.Kinésitherap., 1981, vol. 8, n° 4. - 151-162.

ANNEXE 1 : FICHE D'INFORMATIONS GYMNASTES.

Nom : Prénom : Né le :
Poids en Kg : Taille en cm : IMG en % : Pointure :
Latéralité :
Pieds d'appel : D G Main d'appui : D G Œil dominant : D G

Nombre d'années de pratique :

- Année _____ : _____ heures par semaine
- Année _____ : _____ heures par semaine
- Année _____ : _____ heures par semaine
- Année _____ : _____ heures par semaine

Niveau actuel :

Meilleurs résultats en compétition : (+ spécialité si il y a)

Dernières atteintes traumatiques et localisations :

Autre sport pratiqué ou qui a été pratiqué : (indiquer la durée et le rythme de pratique)

Autres : (problèmes ophtalmologique, auditif, dentaire ou orthopédique)

ANNEXE 2 : TABLEAU DES RESULTATS.

		Longueur XY	Surface en mm2	Var.Vitesse mm/s	X moyen	Y moyen	LFS	VFY	ANO2X	ANO2Y	Romberg
SUJET 1	Y05	319,3	49,1	20,5	9,66	-64,34	0,37	0,83	16,16	14,18	0,38
12 ans -Dt	YF5	580,9	128,1	20,2	8,53	-62,38	0,56	0,56	24,22	15,8	0,38
SUJET 2	Y05	428,6	112,7	10,9	-3,94	-25,83	0,48	1,86	15,91	13,09	0,51
12 ans-Gche	YF5	547,3	221,4	10,4	4,43	-26,27	0,5	-0,67	23,58	25,33	0,51
SUJET 3	Y05	561,8	316,4	15,4	6,87	-46,69	0,56	1,02	16	21,61	0,71
13 ans-Gche	YF5	757,1	448,4	17,5	4,78	-33,74	0,62	4,96	21,62	21,49	0,71
SUJET 4	Y05	248,8	89,9	9,5	0,32	-31,84	0,28	-0,92	17,73	12,96	0,46
11ans-Dt	YF5	346,9	196,6	8,2	3,76	-29,66	0,32	-3,53	17,66	15,02	0,46
SUJET 5	Y05	462,9	247,8	8	0,61	-24,63	0,48	-0,73	21,32	23,53	1,06
12 ans-Dt	YF5	599,3	229,3	12,3	-5,95	-21,9	0,55	2,08	29,42	11,55	1,06
SUJET 6	Y05	315,6	139,7	6,9	-9,96	-24,06	0,3	-0,01	20,15	20,96	1,68
13 ans-Gche	YF5	374,3	83	5,9	-0,35	-16,01	0,37	-3,24	20,15	24,12	1,68
SUJET 7	Y05	433,9	452	17,5	0,3	-59,3	0,4	-0,62	23,36	15,27	2,37
11 ans-Gche	YF5	515	190,6	17,1	-1,98	-54,4	0,48	-0,21	24,74	11,25	2,37
SUJET 8	Y05	444,1	99,7	6,8	6,69	-7,58	0,5	0,68	21,61	21,16	0,33
15 ans-Dt	YF5	601	304,3	8	6,21	-12,75	0,53	-0,65	13,92	18,08	0,33
SUJET 9	Y05	442,6	281,2	9,3	16,5	-20,62	0,45	1,23	21,58	17,8	0,66
11 ans-Dt	YF5	603,7	426,6	9,1	22,54	-5,43	0,5	1,6	17,79	17,84	0,66
SUJET 10	Y05	543,7	461,8	8	13,28	-14,38	0,5	1,02	29,77	14,16	0,46
13 ans-Dt	YF5	759,6	1010,5	10,8	1,93	-25,56	0,47	-0,05	16,55	12,6	0,46

ANNEXE 3 : REMARQUE SUR LA MESURE DE LA SURFACE EN SITUATION YEUX FERMES.

Une des mesures de la surface réalisées en situation yeux fermés est anormalement élevée. Nous nous proposons dans cette annexe de calculer la moyenne des mesures de la surface en écartant cette valeur. En effet, étant donné la taille peu importante de l'échantillon étudiée, une valeur anormalement élevée ou faible a une influence plus conséquente sur la moyenne.

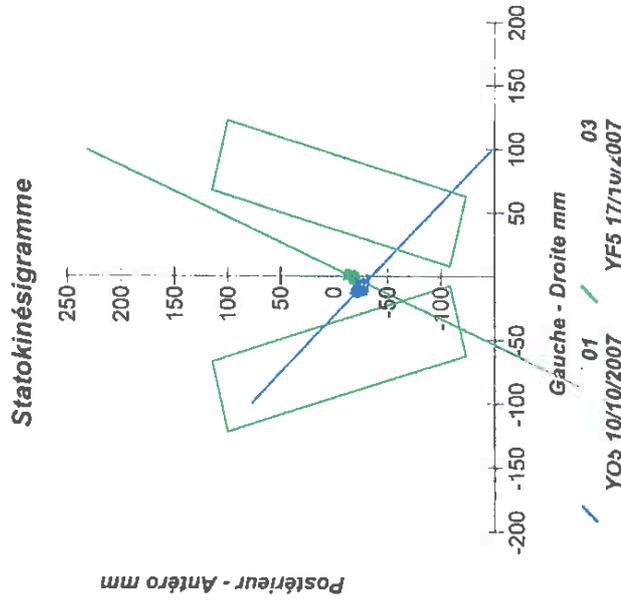
Rapportée à 9 sujets, celle-ci serait alors de 247.6 mm². La valeur maximum trouvée est 448.4 mm². Cette nouvelle moyenne est toujours au dessus de la moyenne de la norme mais est tout de même moins élevée.

ANNEXE 4 : EXEMPLE D'UN RELEVÉ D'ANALYSE POSTUROLOGIQUE.

Données du Statokinésigramme de M. 17/10/2007

HOSPITALOR
Centre de rééducation fonctionnelle
85 Rue Sainte-Croix
57612 FORBACH
Tel : 0387849131 Fax : 0387849133

Série N°1		Série N°2	
Nom	M	M	M
Sexe	E	E	E
Classe	36	36	36
Pointure			
Séquence	01	03	
Date	10/10/2007	17/10/2007	
Heure	17:01	17:59	
Durée s.	51.2s	51.2s	
Fréquence	5 Hz	5 Hz	
Type	YO5	YF5	
Surface mm2	139.7	83.0	
Long XY mm	289.5	374.3	
X Moyen mm	-9.96	-0.35	
EcType X mm	3.16	2.09	
Y Moyen mm	-24.06	-16.01	
EcType Y mm	3.31	2.89	
LFS	0.30	0.37	
VFY	-0.01	-3.24	
AN02X %	20.15	20.15	
AN02Y %	20.96	24.12	
Rbrg N°1/N°2	1.68	1.68	
Pente	131.59°	68.17°	
Inclin.Moy	3.06°	3.68°	
Déport	-0.76°	-0.03°	



Référentiel : Centre du Polygone
Filtrage : Aucun Filtre

Données FFT Série N°2			
Pic 1	Freq X	Amp X	Freq Y
0.137	0.660	0.078	1.006
0.293	0.569	0.254	0.940
0.176	0.322	0.156	0.749

Commentaire :

HOSPITALOR
Centre de rééducation fonctionnelle
85 Rue Sainte-Croix

57612 FORBACH Tel : 0387849131 Fax : 0387849133

Bilan Postural

M. - 17/10/2007

Référentiel : Centre du Polygone
Filtrage : Aucun Filtré
Série N° 2

Nom :
Prénom :
Sexe : M
Classe : E
Taille cm : 136
Pointure : 36
Séquence : 03
Date : 17/10/2007
Heure : 17:59
Durée (s) : 51.2s
Fréquence : 5 Hz
Type : YF5

Surface mm2 : 83.0
Long XY mm : 374.3
X Moyen mm : -0.4
Y Moyen mm : -16.0
LFS : 0.4
Var.Vitesse mm/s (Ect) : 5.9
Vfy : -3.24
Rbrg N°1/N°2 : 1.68
AN02X % : 20.15
AN02Y % : 24.12

Inclin.Moy : 3.68°
Inclin.Std : 3.47°
Déport : -0.03°
Pente : 68.17°

Long X mm : 228.2
Long Y mm : 252.1
EcType X mm : 2.09
EcType Y mm : 2.89
X Max mm : 4.6
X Min mm : -6.2
Y Max mm : -8.2
Y Min mm : -23.7
Corrélation XY : 0.31
Vitesse mm/s : 7.6

NORMES

	Moyenne	Max.	Min.
Surface mm2	225.0	638.0	79.0
Long XY mm	613.0	880.0	346.0
X Moyen mm	0.0	11.0	-10.0
Y Moyen mm	-27.0	-3.0	-51.0
LFS	1.00	1.44	0.70
Var.Vitesse mm/s	11.0	18.0	5.0
Vfy	0.00	4.86	-4.73
Rbrg N°1/N°2	2.88	6.77	1.12
AN02X %	16.57	26.98	0.00
AN02Y %	14.65	22.63	0.00

Commentaires

HOSPITALOR
 Centre de rééducation fonctionnelle
 85 Rue Sainte-Croix
 57812 FORBACH
 Tel : 0387849191 Fax : 0387849133

Bilan Postural

Référence: Centre du Polygone
 Filtrage: Aucun Filtré
 Série N° 1

M. - 10/10/2007

Nom :
 Prénom : M
 Sexe : E
 Classe : 136
 Taille cm : 36
 Pointure : 36
 Séquence : 01
 Date : 10/10/2007
 Heure : 17:01
 Durée (s) : 51.2s
 Fréquence : 5 Hz
 Type : Y05

	Moyenne	Max.	Min.
Surface mm2	91.0	210.0	39.0
Long XY mm	429.0	599.0	307.0
X Moyen mm	1.0	12.0	-10.0
Y Moyen mm	-29.0	-1.0	-57.0
LFS	1.00	1.39	0.72
Var.Vitesse mm/s (EcT)	8.7	18.0	3.0
VFY	0.00	3.59	-2.61
Rbrg N°1/N°2	1.68	0.00	0.00
AN02X %	20.15	18.34	0.00
AN02Y %	20.96	13.23	0.00

Inclin Moy 3.06°
 Inclin Sid 3.47°
 Déport -0.76°
 Pente 131.59°

Long X mm 187.5
 Long Y mm 177.1
 EcType X mm 3.16
 EcType Y mm 3.31
 X Max mm 0.7
 X Min mm -15.3
 Y Max mm -15.1
 Y Min mm -32.7
 Corrélation XY -0.35
 Vitesse mm/s 5.8

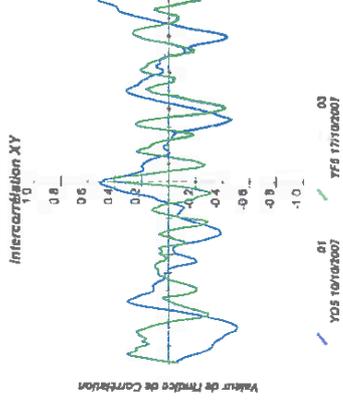
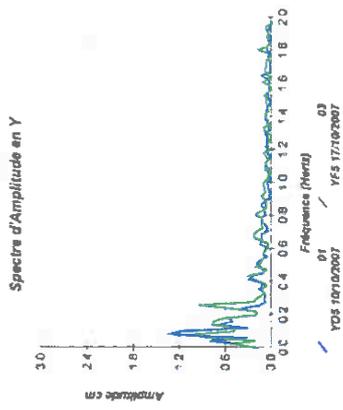
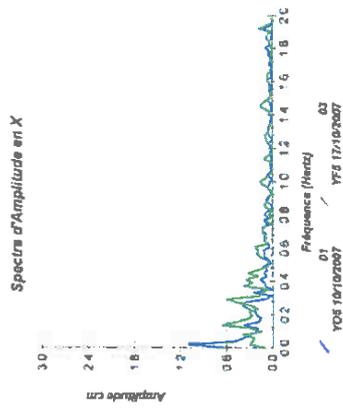
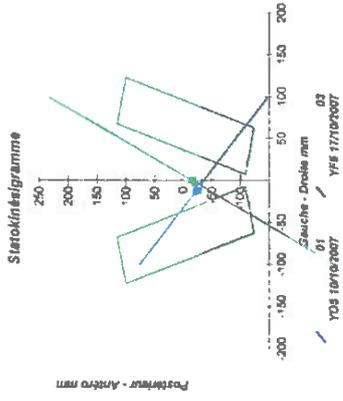
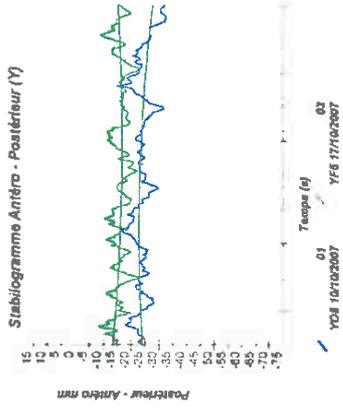
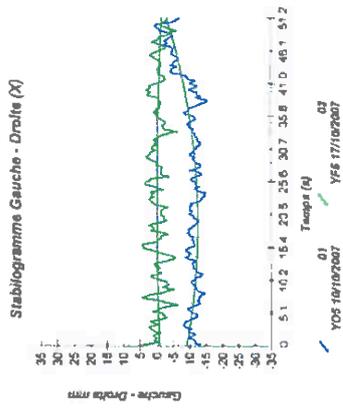
Commentaires sans lunettes

HOSPITALOR
Centre de rééducation fonctionnelle
85 Rue Sainte-Croix

57612 FORBACH
Tel : 0387849191 Fax : 0387849133

Bilan Postural

M. - 17/10/2007



Référentiel : Centre du Polygone
Filtrage : Aucun Filtre