

Historique et avenir du diagramme de croissance des os longs de Hechard et Carlioz

Background and Future of the Hechard and Carlioz Long Bone Growth Graph

Patrick Héchard

Résumé

La prévision en fin de croissance de l'importance d'une Inégalité de Longueur des Membres Inférieurs d'un enfant est un élément incontournable pour décider d'un traitement éventuel et de le programmer. Parmi les méthodes existantes, celle publiée par Hechard et Carlioz (1) dans la Revue de Chirurgie Orthopédique en 1978 est encore d'après un rapport datant de 2018 la plus utilisée en France bientôt relayée du fait du développement des techniques « de traitements informatiques modernes ». Cette pérennité est en majeure partie due à sa simplicité apportée par un diagramme disponible en consultation et incorporable au dossier. La construction sur un repère orthogonal des courbes de croissance des fémurs et des tibias ajustées en droites à partir des tableaux de Green et Anderson (3,4), permet un calcul direct et rapide de l'inégalité finale lorsqu'elle est régulière mais aussi une représentation graphique de l'évolution. Sur ce même diagramme la superposition d'un calque permet de déterminer les dates d'epiphysiodèse éventuelle. Quelle que soit la méthode employée, elle repose sur les études de Green et Anderson (3,4) qui ont montré l'intérêt de se référer à l'Age Osseux déterminé par l'atlas radiologique de Greulich (5) et Pyle qui représente la variable la moins précise, la longueur des segments osseux pouvant être calculée au millimètre près par tomodensitométrie (TDM), Imagerie par Résonance Magnétique (IRM) ou par le système d'imagerie EOS. L'appréciation qualitative de l'âge osseux induit une imprécision de + ou - 6 mois d'autant plus répercutée que l'enfant est jeune. L'utilisation d'un logiciel dédié a permis à partir des radiographies du poignet d'enfants suivis régulièrement pendant leur croissance, d'introduire le concept d'Indice de Croissance Restante (ICR), applicable à chaque os long. Cette technique a été rapidement relayée par l'IRM qui a l'avantage de ne pas exposer aux rayons mais surtout de visualiser le cartilage. De plus il est envisageable d'obtenir un calcul informatisé de l'ICR donc plus fiable dans un futur proche.

Mots clés

- ◆ Inégalités de longueur
- ◆ Membres inférieurs
- ◆ Enfants
- ◆ Diagramme de Héchard
- ◆ Epiphysiodèse
- ◆ Age osseux
- ◆ IRM
- ◆ Indice de croissance
- ◆ Courbes de croissance

Abstract

The prediction at the end of growth of child, of the importance of an Inequality of Length of the Lower Limbs, is an unavoidable element to decide on a possible treatment and to program it. Among the existing methods, the one published by Hechard and Carlioz in the Revue de Chirurgie Orthopédique in 1978 is still, according to a report dating from 2018, the most used in France. It will be soon possibly disappeared because of the development of "modern computerized treatment" techniques. This durability is mainly due to its simplicity brought by a diagram available for consultation and incorporated into the patient's dossier. The construction on an orthogonal marker of the growth curves of the femurs and tibias adjusted in straight lines from the tables of Green and Anderson (3,4), allows not only a direct and fast calculation of the final inequality when it is regular but also a graphic representation of the evolution. On this same diagram, the overlay of a layer allows to determine the possible dates of epiphysiodesis. Whatever the method used, it is based on the studies of Green and Anderson (3,4) who have shown the interest of referring to the bone age determined by the radiological atlas of Greulich and Pyle (5) which represents the least precise variable, the length of the bone segments being able to be calculated to the nearest millimeter by CTscan, MRI or EOS. The qualitative assessment of the bone age induces an imprecision of plus or minus 6 months, which is all the more impactful as the child is young. The use of dedicated software has made it possible to introduce the concept of Remaining Growth Index (RGI), applicable to each long bone, based on X-rays of the wrist of children who were regularly monitored during their growth. This technique was quickly relayed by MRI, which has the advantage of avoiding the exposition to rays and importantly of visualizing the cartilage. Moreover, it is possible to obtain a computerized calculation of the (RGI), which will be more reliable in the near future.

Keywords

- ◆ Inequality of length
- ◆ Lower limbs
- ◆ Children
- ◆ Graph of Hechard
- ◆ Epiphysiodesis
- ◆ Bone age
- ◆ MRI
- ◆ Remaining Growth Index
- ◆ Growth curves

Correspondance

Patrick Héchard, *Consultant en orthopédie*
1306, rue de la Chaussée 60270 Gouvieux - E-mail : p_hechard@hotmail.com

Une méthode de prévision des Inégalités de Longueur des Membres Inférieurs de l'enfant a été élaborée dans le service du professeur Pierre Petit à l'hôpital Saint Vincent de Paul en 1975. Communiquée aux journées d'hiver de la SOFCOT en 1976 et publiée dans la revue de Chirurgie Orthopédique en 1978, elle a depuis fait son chemin (1). Cette méthode visait à apporter une simplification à celles jusque-là utilisées dont la plus récente était celle proposée par Héripert (2). Sa longévité inattendue de plus de 45 ans amène à en repréciser le contenu et la genèse ainsi qu'à en considérer l'avenir.

Présentation du diagramme

L'élément primordial ayant déterminé la conception de la méthode décrite a été la construction d'un diagramme figurant un éventail de droites issues d'un même point d'origine, sur un repère orthogonal. Ce diagramme a été réalisé à partir des données fondamentales publiées par Green et Anderson (3,4) établies d'après les calculs d'Age Osseux issus de l'atlas de Greulich et Pyle (5). Il permet en surimpression, pour une taille d'os long à un âge osseux donné, de connaître directement selon le sexe, la taille finale de l'enfant en suivant l'oblique du point d'intersection (figure 1).

Les deux avantages majeurs de ce diagramme qui probablement expliquent son succès sont :

- la possibilité de pouvoir quasiment instantanément pronostiquer dès la première consultation l'importance, en fin de croissance, d'une inégalité régulière constatée (figure 2) ;
- de pouvoir débiter et poursuivre dans le temps, une surveillance visuelle de la croissance des os considérés, d'enregistrer les gestes thérapeutiques effectués et de conserver le document dans le dossier d'observation (6) (figure 3).

Secondairement, rejoignant en cela la technique de Moseley (7), l'adjonction d'un calque permettait de préciser la date d'épiphyodèse éventuelle (figure 4).

Naissance et utilisation des courbes de Héchard et Carlouz

La construction du diagramme s'est opérée à partir des deux articles de Green et Anderson et principalement d'un tableau récapitulatif (3,4) (figure 5). L'étape la plus importante fut la mise en équation de la partie rectiligne des courbes du fémur et du tibia, de déterminer les coordonnées de leur point d'intersection et d'en objectiver la similitude. Ensuite, la partie finale courbe a été rendue rectiligne par manipulation des abscisses (figure 6). Le tracer d'un faisceau de droites divergentes issues d'un seul point pour les deux os a pu alors être réalisé pour chaque sexe. En dernier, afin de disposer d'un seul document, une double entrée d'abscisse, supérieure pour la fille et inférieure pour le garçon, a été adaptée au graphique (figure 7).

État des lieux et avenir des courbes de prédiction de Héchard et Carlouz

La consultation des moteurs de recherche sur Internet permet de constater que la méthode graphique de prévision reste actuellement la plus utilisée en France et a été exportée (figure 8).

En ce qui en concerne l'avenir, il est envisageable de pouvoir la moderniser et de notamment la proposer sous la forme d'un logiciel ou même d'une application. Cela permettra d'en améliorer l'accessibilité et la disponibilité mais ne modifiera pas son principe de base.

Intérêt de l'IRM pour la détermination de l'âge osseux

La représentation graphique de la croissance en longueur des os dépend uniquement de deux paramètres. Toute imprécision dans leur détermination aura une répercussion en proportion sur le calcul final.

La mesure radiologique classique de la longueur du segment osseux est fiable et peut être relayée en cas de besoin par la TDM ou EOS voire l'IRM.

En revanche, la détermination de l'âge osseux par la méthode QUALITATIVE depuis l'atlas de Greulich et Pyle (5), toujours employée, expose à une erreur de par son principe et sa réalisation. Estimée à + ou - 6 mois, cette imprécision est d'autant plus amplifiée que l'enfant est jeune.

D'où l'intérêt de rechercher une technique d'évaluation QUANTITATIVE. Dans cet optique, on remarque que l'âge osseux reporté en abscisse matérialise le rapport par lequel il faut multiplier la longueur de l'os considéré à l'instant donné pour obtenir la taille finale. La comparaison de la radiographie du poignet gauche de l'enfant à celle de l'Atlas de référence, uniquement visuelle, permet de retenir l'âge de la radiographie où la surface du noyau épiphysaire s'en rapproche le plus.

La conception d'un logiciel expérimental, spécifiquement dédié aux mesures de longueur et de surface par pointage et au calcul de leur rapport a pu être envisagée dès 1995. Ainsi, la surface du noyau osseux du radius peut être facilement cernée et mesurée (figure 9).

Le problème du surfacage du cartilage épiphysaire non visible a été résolu en calquant le contour de l'épiphyse radiale en fin de croissance et en superposant, par le jeu d'un zoom, la réduction calibrée du calque sur la radio considérée (figure 10).

Deux dossiers complets de radiographies biannuelles du poignet, d'une fille et d'un garçon, suivis tous les six mois de trois ans jusqu'à l'âge adulte, prêtés par Michel Sempé, ont permis le calcul du rapport ostéo cartilagineux et de dresser un tableau d'étalonnage à l'indice de croissance restant (ICR) selon le sexe (figure 11).

Cette approche quantitative, bien que séduisante, n'a pas eu de suite en pratique, la surface en fin de croissance restant par définition inconnue durant cette période.

D'où l'apport primordial de l'IRM, qui permet la visualisation du cartilage et sa mesure avec une précision optimum et redonne de l'intérêt au calcul du rapport de surfaces (figure 12).

La contribution de la résonance magnétique est d'autant plus intéressante qu'elle dispense des rayons X, mais restera inapplicable en pratique tant que les contraintes suivantes ne seront pas réglées :

- le coût ;
- la durée d'examen et le volume de l'appareil d'autant moins supportés que l'enfant est jeune ;
- l'intervention humaine pour le tracer.

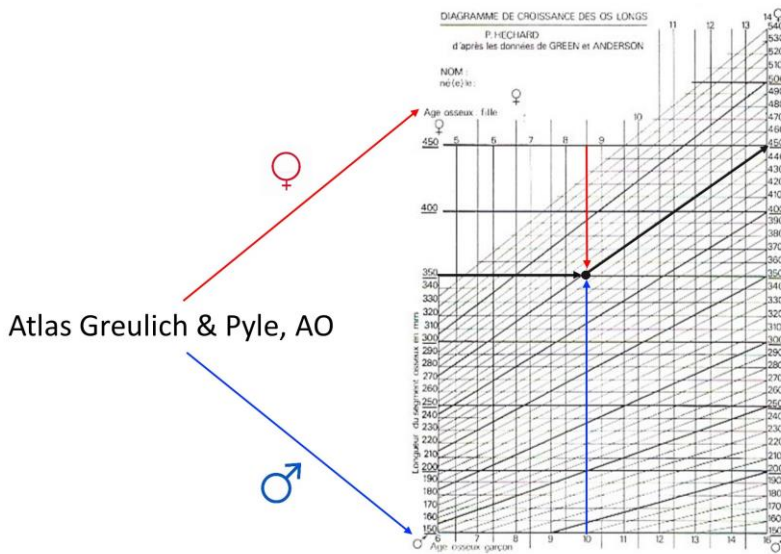
La solution de ces problèmes se fera progressivement et permettra, disposant d'un outil performant, de mieux contrôler l'imprécision des calculs prévisionnels.

Conclusion

L'initiative prise il y a 45 ans, de compléter les études statistiques publiées par Green et Anderson (3,4) par la conception d'un diagramme spécifique s'est avérée concluante comme le montre non seulement sa divulgation, mais aussi la perspective d'en assurer la pérennité par l'apport des progrès de l'imagerie et des technologies informatiques.

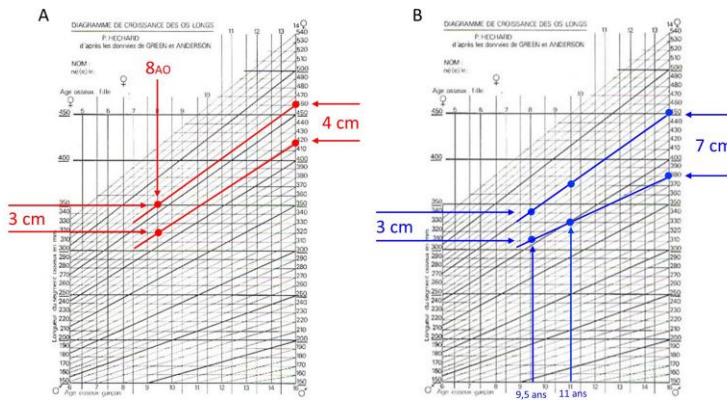
Références

1. Hechard P, Carlioz H. Méthode pratique de prévision des inégalités de longueur des membres inférieurs. Rev Chir Orthop. 1978 ; 64: 81-87.
2. Heripret C, Perves A, Taussig G. Inégalités de longueur des membres inférieurs. Prévisions et indications générales pendant la croissance. Rev Chir Orthop. 1972 ; 38: 733-739.
3. Anderson M, Green WT. Lengths of the femur and the tibia; norms derived from orthoroentgenograms of children from 5 years of age until epiphysial closure. Am J Dis Child. 1948;75:279-90.
4. Anderson M, Green WT, Messner MD. The classic. Growth and predictions of growth in the lower extremities by Margaret Anderson, M.S., William T. Green, M.D. and Marie Blail Messner, A.B. from the Journal of Bone and Joint Surgery, 45A:1, 1963 Clin Orthop Relat Res 1978 Oct;(136):7-21.
5. Greulich W, Pyle SI. Radiographic Atlas of Skeletal Development of the Hand and Wrist. Stanford University Press. édit. Stanford 1950, 2nd édit. 1959; 1 vol., 259 pages
6. Carlioz H, Filipe G (1987) Inégalités de longueur des membres inférieurs. Cahier d'Enseignement de la SOFCOT N° 27. Expansion scientifique française.
7. Moseley CF. A straight-line graph for leg-length discrepancies, JBJS: 1977 ; 59: 174-179.



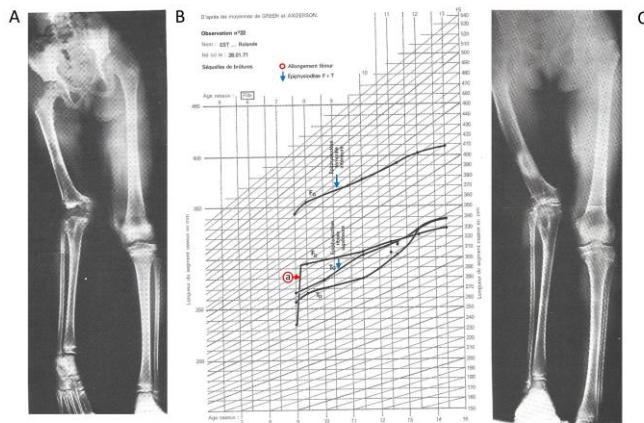
D'après Hechard P, Carlitz H. Méthode pratique de prévision des inégalités de longueur des membres inférieurs. Rev Chir Orthop. 1978 ; 64: 81-87

Figure 1. Diagramme de Croissance des os longs. En rouge l'âge osseux de la fille ; en bleu, l'âge osseux du garçon ; en noir, la longueur en ordonnée, le point d'intersection et l'oblique de fin de croissance. La prévision de longueur finale d'un os de 350 mm à 8 ans ½ pour une fille, 10 ans pour un garçon, est de 450 mm.



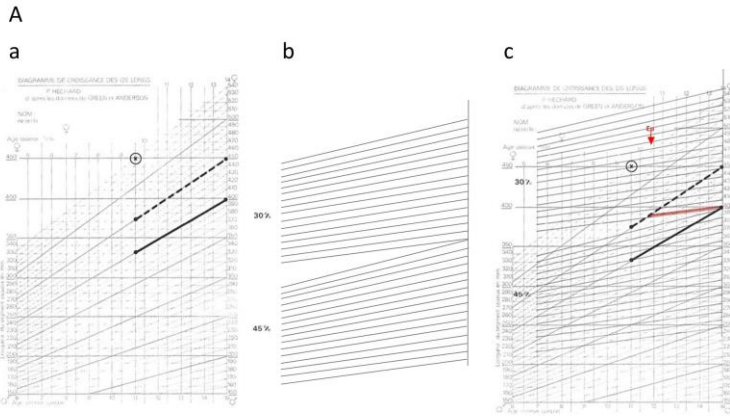
D'après Hechard P, Carlitz H. Méthode pratique de prévision des inégalités de longueur des membres inférieurs. Rev Chir Orthop. 1978 ; 64: 81-87

Figure 2. (A) En rouge, le cas d'une fille de 8 ans d'âge osseux, ayant une différence de 3 cm sur le fémur en rapport avec un fémur court congénital. L'inégalité en fin de croissance prévue est de 4 cm. (B) En bleu, le cas d'un garçon de 9 ans 6 mois d'âge osseux, présentant une lésion acquise évolutive du fémur gauche (post-radiothérapique) et une inégalité de 3 cm. Deux mesures successives à un an d'intervalle permettent de déterminer la pente évolutive d'inégalité et de prévoir en fin de croissance une inégalité de 7 cm.



D'après Carlitz H, Filipe G (1987) Inégalités de longueur des membres inférieurs. Cahier d'Enseignement de la SOFCOT N° 27. Expansion scientifique française

Figure 3. Exemple de surveillances d'un cas complexe d'une fille présentant une inégalité acquise. (A) Radiographie montrant les séquelles d'une arthrite infectieuse du genou droit avec destruction des cartilages de croissance adjacents chez une fille de 8 ans et l'inégalité acquise par destructions physiques en résultant (B) Représentation graphique du suivi radiologique de la fille. L'allongement fémoral progressif selon la technique de Wagner est représenté par le 'a' cerclé rouge sur le graphique et les épiphysiodèses tibiales et fémorales pratiquées côté long sont marquées par les flèches bleues (fille âgée de 9 ans). (C) Radiographie montrant le résultat, chez la fille âgée de 13 ans.



D'après Hechard P, Carlouz H. Méthode pratique de prévision des inégalités de longueur des membres inférieurs. Rev Chir Orthop. 1978 ; 64: 81-87

Figure 4. (A) Calcul de la date optimum d'épiphysiodèse avec le diagramme de Héchar. Exemple : Petite fille de 9 ans 6 mois d'âge osseux, présentant une inégalité fémorale de 38 mm à pourcentage évolutif constant. La prévision finale d'inégalité est de 50 mm avec l'os court de longueur finale de 400 mm. La superposition du diagramme prévisionnel initial (a) et du diagramme de croissance restant (30 % pour le fémur) (b) que l'on peut faire sur un calque transparent permet de déterminer l'âge d'épiphysiodèse optimum fémorale donnant un côté long à 400 mm (c) par l'intersection de la droite prévisionnelle, côté long, avec la droite correspondant aux 30 % de croissance restante, après l'épiphysiodèse donnant la longueur finale désirée de 400 mm, soit à 10 ans 5 mois d'âge osseux.

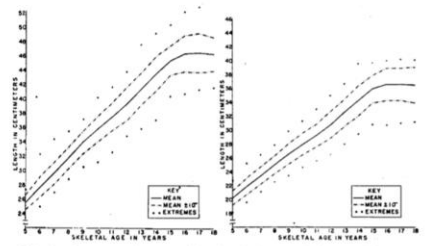


Fig. 2.—Average and extreme lengths of the normal femur, left, and of the normal tibia, right, derived from orthoroentgenograms of boys.

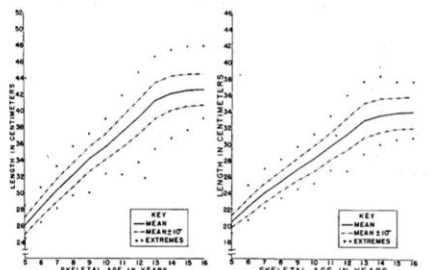


Fig. 3.—Average and extreme lengths of the normal femur, left, and of the normal tibia, right, derived from orthoroentgenograms of girls.

D'après Anderson M, Green WT. Lengths of the femur and the tibia; norms derived from orthoroentgenograms of children from 5 years of age until epiphysial closure. Am J Dis Child. 1948 Mar;75(3):279-90

Figure 5. Graphique figurant les courbes standard et celles d'un et deux écarts-types pour le fémur et le tibia du garçon et de la fille.

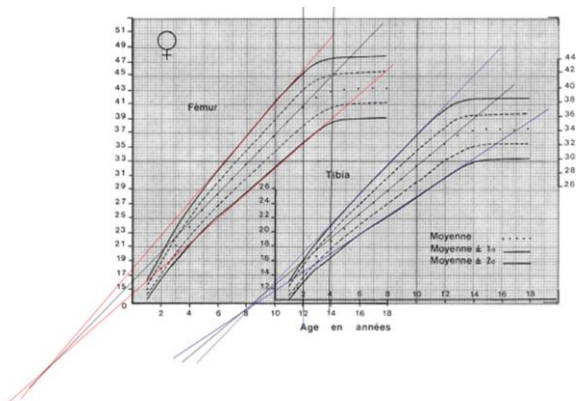
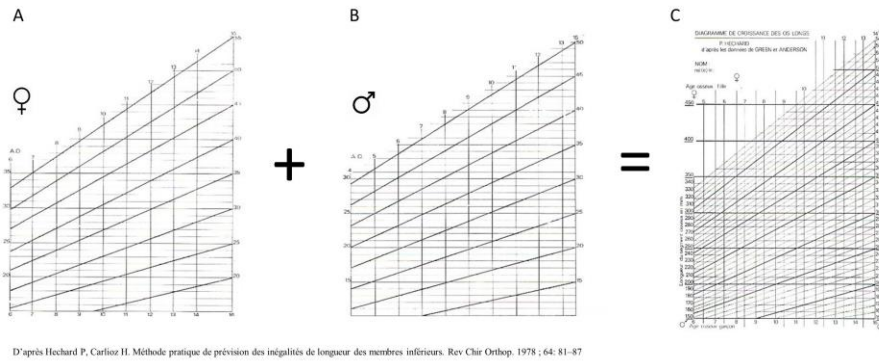


Figure 6. Graphique représentant les courbes de croissance tibiales et fémorales d'une fille suivie pendant 18 ans. La partie finale des courbes est rendue rectiligne grâce à leur ajustement en abscisse de deux ans sur un an. Observation pour chaque sexe et pour chaque os, que les prolongements de la partie rectiligne des courbes se fait en un seul point ayant pour chaque sexe les mêmes coordonnées.



D'après Héchard P, Carlioz H. Méthode pratique de prévision des inégalités de longueur des membres inférieurs. Rev Chir Orthop. 1978 ; 64: 81-87

Figure 7. Représentation des diagrammes fusionnant le fémur et le tibia pour chaque sexe (A et B) et leur superposition sur un seul repère afin de les réunir sur un seul document (C).

LES INÉGALITÉS DE LONGUEUR DES MEMBRES INFÉRIEURS

Imprimer le PDF

F. Launay

Service des urgences Pédiatriques, hôpital Timone Enfants, 264 rue Saint-Pierre, 13385 Marseille cedex 5
Auteur correspondant - Adresse e-mail : franck.launay@gmail.com (F. Launay)

Parmi les méthodes graphiques existantes, on peut citer la méthode de Héchard et Carlioz, qui est la plus utilisée en France. Elle consiste à reporter sur un graphique la longueur de chaque segment afin de pouvoir extrapoler l'inégalité de longueur des membres inférieurs.

Cependant, afin d'aider le clinicien à évaluer rapidement une ILMI finale, il existe des applications smartphones qui faciliteront cette prise en charge prévisionnelle.

<https://pap-pediatric.fr/les-inegalites-de-longueur-des-membres-inferieurs>

Figure 8. Extrait du premier article référencé sur Google à l'intitulé « inégalité de longueur des membres de l'enfant » précisant l'utilisation contemporaine du diagramme de Héchard.

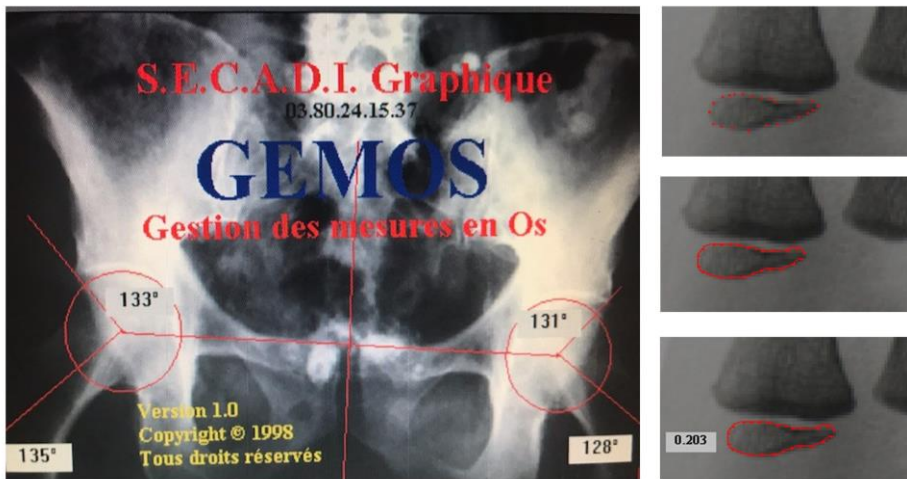


Figure 9. Logiciel de mesure de distance et de surface de documents scannés par marquage des contours et le calcul de surfaces et de leur rapport.

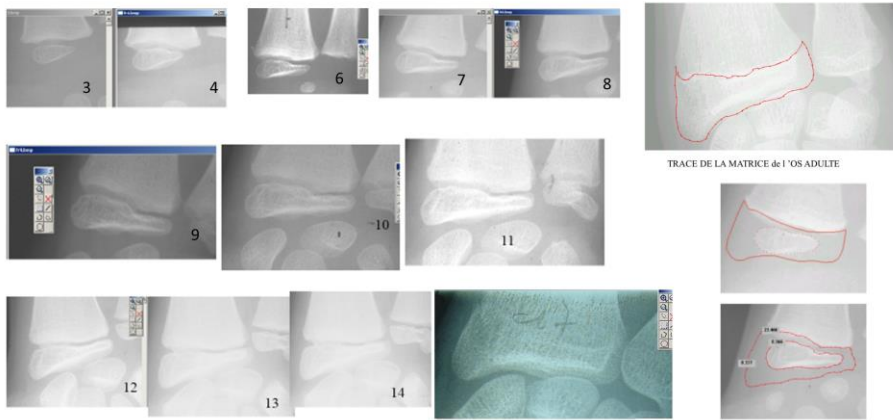


Figure 10. Dossier radiologique du poignet d'un enfant suivi bi annuellement ayant permis la prise du fantôme de la surface de l'épiphyse en fin de croissance et son report « zoomé » à chaque âge et le calcul du rapport des surfaces respectif de la matrice cartilagineuse et du noyau épiphysaires.

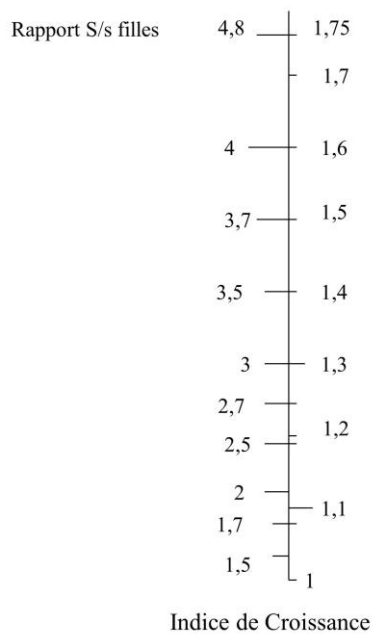


Figure 11. Tableau expérimental d'étalonnage du rapport des surfaces au rapport de croissance résiduelle intitulé Indice de Croissance (ICR) informant directement la longueur recherchée par la multiplication de la taille considérée et le rapport calculé.

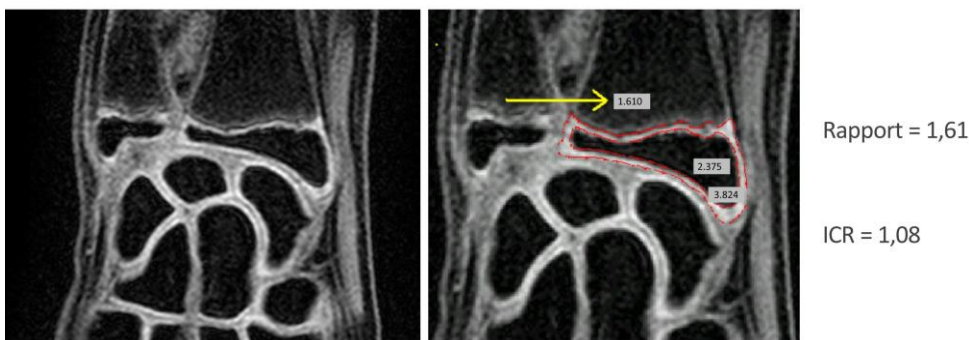


Figure 12. Représentation obtenue par résonance magnétique matérialisant le cartilage ainsi que le tracé des repères adéquats.