

**Zeitschrift:** Archives des sciences et compte rendu des séances de la Société  
**Herausgeber:** Société de Physique et d'Histoire Naturelle de Genève  
**Band:** 42 (1989)  
**Heft:** 3

**Artikel:** Évaluation statique et dynamique d'un système biologique : le degré de la minéralisation du tissu osseux  
**Autor:** Very, Jean-Michel  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-740099>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 04.04.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# ÉVALUATION STATIQUE ET DYNAMIQUE D'UN SYSTÈME BIOLOGIQUE: LE DEGRÉ DE MINÉRALISATION DU TISSU OSSEUX

PAR

**Jean-Michel VERY**<sup>1</sup>

---

## ABSTRACT

In recent years, several non-invasive techniques, particularly biphotonic absorptiometric techniques were developed to evaluate bone mineral content. Many people in research and clinical field does not look any more at other invasive techniques such as the degree of mineralization of bone tissue. However these two kinds of techniques lead to two kinds of informations. The former leads to statical information about a quantity of mineral present in bone tissue, the latter leads to dynamical information about bone mineral turnover. An ideal third group of methods would be non-invasive and would concern bone mineral turnover.

## INTRODUCTION

L'évaluation de la quantité de minéral dans le tissu osseux présente en médecine un intérêt évident, particulièrement au cours de l'ostéoporose. L'ostéoporose est une affection du tissu osseux dans laquelle la quantité de minéral diminuée, — expression anatomique —, peut conduire à des fractures ou à des tassements, — expression clinique —, (Briançon & Meunier, 1979). Les radiographies permettent une première évaluation de la quantité de minéral et des lésions induites par une raréfaction de ce minéral. De nombreuses méthodes ont permis une quantification de ces évaluations. La plus connue de ces méthodes est la détermination de l'indice radiologique vertébral (Meunier *et al.*, 1978). Des mesures d'atténuation d'un faisceau de photons produits par une source radioactive ou un générateur de rayons X ont également été développées. Elles ont pris un essor considérable depuis 1970, car elles ne sont pas invasives. De plus, la sensibilité des détecteurs et le traitement des données par ordinateur permet actuellement une irradiation faible du patient et une représentation numérique, par images, locale ou générale de ces données. Ces techniques absorptiométriques sont appelées dans le présent travail techniques absorptiométriques macroscopiques pour les différencier d'un autre groupe de techniques appelées

---

<sup>1</sup> Institut F.-A. Forel, 10, route de Suisse, CH-1290 Versoix.

absorptiométriques microscopiques. Celles-ci se différencient de celles-là par l'échelle à laquelle est pratiquée la mesure et par le caractère invasif de la technique. La mesure est en effet effectuée sur une coupe non décalcifiée d'un fragment d'os extrait par biopsie. Le but de ce travail n'est pas de faire un inventaire des qualités et défauts de ces techniques, mais de montrer la différence d'information apportée par ces deux groupes de techniques.

### TECHNIQUES ABSORPTIOMÉTRIQUES MACROSCOPIQUES

Le principe de ces techniques est assez simple. Du  $^{153}\text{Gd}$  ou plus récemment un générateur de rayons X est utilisé dans un scanner comme source de photons. Le faisceau de photons traverse une région du corps contenant un os, le plus souvent la colonne vertébrale (Fig. 1). La quantité de minéral osseux est déduite de l'absorption du faisceau après correction de l'absorption par les tissus mous. La dimension des résultats est le plus souvent une masse spécifique multipliée par une longueur exprimée en  $\text{g} \cdot \text{cm}^{-2}$ , plus rarement une masse totale exprimée en g. Ce calcul est facilité par l'emploi de photons d'énergies différentes. Une bonne reproductibilité et une excellente corrélation positive avec la quantité de minéral présent dans le tissu osseux semblent maintenant être observées, surtout avec les scanners à rayons X (Mazess *et al.*, 1988, 1989). L'information concerne l'ensemble de la pièce osseuse ou de la coupe à travers cette pièce. Elle est donc macroscopique. Elle est proportionnelle à la masse osseuse rencontrée par le faisceau mais n'est pas affectée par l'état d'agrégation des cristaux d'apatite qui forment le minéral osseux. Elle dépend du bilan du remodelage, mais ne dépend pas de la vitesse de celui-ci. C'est une mesure statique. La facilité de mise en œuvre de ces techniques et leur faible nuisance pour le malade permettent de sérier les observations dans le temps. Les bilans obtenus permettent alors d'éliminer les problèmes d'échantillonnage et d'apprécier l'efficacité de la thérapeutique sur la quantité d'os formé. Toutefois ces bilans sériés ne permettent pas d'évaluer la vitesse du remodelage ou le degré d'activité cellulaire.

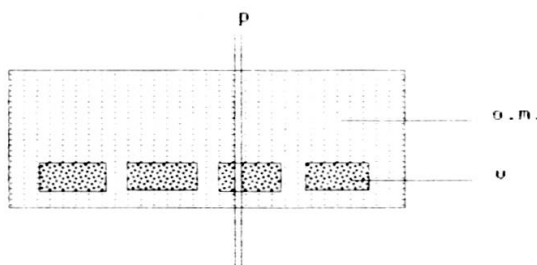


FIG. 1.

La sonde biphotonique, p, se déplace dans un mouvement de balayage dans des plans parallèles et perpendiculaires au plan de figure. Elle traverse la matière organique, o.m., des tissus mous et les corps vertébraux, v, ou tout autre type d'os.

## TECHNIQUES ABSORPTIOMÉTRIQUES MICROSCOPIQUES

Bien que des appareils soient capables d'effectuer une mesure par compteur des faisceaux de rayons X traversant une préparation, la plupart des travaux ont été effectués au moyen de microradiographies (Boivin & Baud, 1984). Quel que soit le moyen de mesurer l'absorption des photons X, le principe est le même que celui des techniques macroscopiques. Ce qui change ici, c'est surtout l'échelle à laquelle est effectuée la mesure. L'objet de la mesure n'est plus l'os entier mais une coupe de 100  $\mu\text{m}$  ou même 10  $\mu\text{m}$  d'épaisseur et dont la surface est de quelques  $\text{mm}^2$ , effectuée dans un fragment d'os prélevé par biopsie (Fig. 2). C'est donc une technique invasive qui ne peut être fréquemment renouvelée et dans laquelle les problèmes d'échantillonnage ne peuvent être complètement résolus. Lors de l'analyse de la coupe, seules sont prises en compte les zones remplies par du minéral, les lacunes étant éliminées de l'analyse. L'objet de l'analyse n'est plus la densité moyenne de l'os mais la densité d'un petit volume «sans trou» du minéral. La dimension des valeurs est celle d'une masse spécifique exprimée en  $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ . C'est une mesure du degré de compaction et du degré d'agrégation des cristaux au sein de la trame organique du tissu osseux. Cette mesure s'appelle le degré de minéralisation. Il a été montré que ce degré de minéralisation est fonction de l'âge des ostéones (Amprino & Engström, 1952), ou de manière plus générale de remodelage (Marotti *et al.*, 1972). C'est aussi une mesure de maturation du minéral (Eanes & Meyer, 1977; Landis & Navarro, 1983). En d'autres termes, c'est la vitesse de formation ou plus généralement de remodelage osseux qui est évaluée et non la quantité de minéral formé. Le type d'information obtenue et le caractère invasif de la méthode font ainsi apparenter celle-ci aux techniques histomorphométriques non discutées dans ce travail.

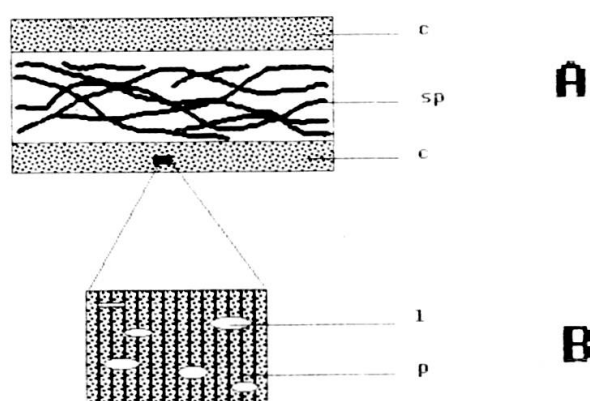


FIG. 2.

La sonde se déplace sur les lignes de balayage, p, en excluant les lacunes, l, ou les régions non minéralisées. La coupe, B, provient ici de la partie compacte, c, entourant la partie spongieuse, sp, du fragment osseux A.

## DISCUSSION

Les deux groupes de techniques évaluent tous deux des masses spécifiques de minéral contenu dans une matière organique. Cependant, le changement d'échelle et la suppression des régions non minéralisées sur les coupes introduisent un changement radical dans la nature de l'information. Les techniques absorptiométriques macroscopiques permettent d'obtenir un bilan, une quantité de minéral alors que les techniques absorptiométriques microscopiques, une vitesse, celle de la formation et de la dissolution de ce minéral. Ces deux types d'investigation demeurent complémentaires dans certaines ostéoporoses où il est important de connaître l'activité cellulaire en début de traitement (Baud *et al.*, 1989). Dans l'avenir il sera important de développer des méthodes non invasives permettant d'évaluer cette activité du tissu osseux. Les méthodes scintigraphiques évaluent l'activité du tissu osseux. Cependant, leur précision et leur reproductibilité insuffisantes ne les rendent pas quantifiables. La tomographie à émission de positrons permet de mesurer l'activité du tissu osseux, mais les coûts en matériel et en personnel qualifié n'ont pas permis à cette technique d'atteindre la popularité qu'elle mérite.

## RÉFÉRENCES

- AMPRINO, R. et A. ENGSTRÖM. Studies on X-ray absorption and diffraction of bone tissue. *Acta Anat.* 15, 1-22, 1952.
- BAUD, C. A., J. M. VERY et B. COURVOISIER. Biophysical study of bone mineral in biopsies of osteoporotic patients before and after long-term treatment with fluoride. *Bone* 9, 361-365, 1988.
- BOIVIN, G. et C. A. BAUD. Microradiographic methods for calcified tissues. In *Methods of Calcified Tissue Preparation*. Ed. G.R. Dickson, Elsevier, Amsterdam 391-412, 1984.
- BRIANÇON, D. et P. MEUNIER. Treatment of osteoporosis with fluoride calcium and vitamin D. *Ortho. Clin. North Am.*, 12, 629-648, 1981.
- EANES, E. D. et J. L. MEYER. The maturation of crystalline calcium phosphates in aqueous suspensions at physiologic PH. *Calcif. Tissue Research*, 23, 259-269, 1977.
- LANDIS, W. J. et M. NAVARRO. Correlated physiochemical and age changes in embryonic bovine enamel. *Calcif. Tissue Research*, 35, 48-55, 1983.
- MAZESS, R., J. HANSON, J. SORENSON et H. BARDEN. Accuracy and precision of dual photon absorptiometry. *Proceedings*: Ed. J. Dequeker, Second Int Workshop on non-invasive Bone Measurement, Leuven University Press, Belgique, 1988.
- MAZESS, R., B. COLLICK, J. TREMPPE, H. BARDEN et J. HANSON. Performance evaluation of a dual-energy X-ray bone densitometer. *Calcif Tissue Int.*, 44, 228-232, 1989.
- MAROTTI, G., A. FAVIA et A. ZAMBONIN-ZALLONE. Quantitative analysis on the rate of secondary bone mineralization. *Calcif. Tissue Research*, 10, 67-81, 1972.
- MEUNIER, P. J., C. BRESSOT, E. VIGNON, C. EDOUARD, C. ALEXANDRE, P. COURPRON et J. LAURENT. Radiological and histological evolution of post-menopausal osteoporosis treated with sodium-fluoride-vitamin D calcium. Preliminary results in *Symposium CEMO. II, Fluoride and Bone*, Ed. B. Courvoisier, A. Donath et C.A. Baud, Médecine et Hygiène, 263-276, Genève, 1978.