



UNIVERSITÉ DE LILLE

UFR3S-MÉDECINE

Année : 2025

THÈSE POUR LE DIPLÔME D'ÉTAT DE DOCTEUR EN MÉDECINE

**Impact de la chirurgie bariatrique sur la santé
musculo-squelettique après 60 ans**

Présentée et soutenue publiquement le 01/07/2025 à 18h00
au Pôle Recherche
par Line **ABDULGHANI**

JURY

Président :

Monsieur le Professeur Robert CAIAZZO

Assesseurs :

Madame le Docteur Hélène VERKINDT

Madame le Docteur Cécile PHILIPPOTEAUX

Directeur de thèse :

Monsieur le Professeur Julien PACCOU

AVERTISSEMENT

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

ABRÉVIATIONS

AGB	Adjustable Gastric Banding
ALM	Appendicular Lean Mass
ALMI	Appendicular Lean Mass Index
BMD	Bone Mineral Density
BMI	Body Mass Index
BPD-DS	Biliopancreatic Diversion with Duodenal Switch
CIs	Confidence Intervals
CRP	C-reactive protein
CTX	Télopeptide C terminal du collagène de type I (CTX)
DBP	Dérivation Biliopancréatique
DT2	Diabète de Type 2
DXA	Dual energy X-rays Absorptiometry
ECTS	European Calcified Tissue Society
EN	English
FMI	Fat mass index
FR	Français
eGFR	estimated Glomerular Filtration Rate
GRIO	Groupe de Recherche et d'Information sur les Ostéoporoses
HAS	Haute Autorité de Santé
HBP	Hight Blood Pressure
HTA	Hypertension Artérielle
HbA1c	Glycated Hemoglobin

IMC	Indice de Masse Corporelle
IQR	Interquartile Range
IRC	Insuffisance Rénale Chronique
NASH	Stéatohépatite Non Alcoolique
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
OR	Odds Ratios
OSA	Obstructive Sleep Apnea
PPIs	Proton Pump Inhibitors
PwO	People living with obesity
iPTH	intact Parathyroid Hormone
PTH	Parathormone
P1NP	Procollagen type 1 N-terminal propetide
RYGB	Roux-en-Y Bypass Gastrique
SADI	Single Anastomosis Duodeno-Ileal
SAS	Syndrome d'Apnée du Sommeil
SFR	Société Française de Rhumatologie
SG	Sleeve Gastrectomy
TBF	Total Body Fat
TLM	Total Lean Mass
T2DM	Type 2 Diabetes Mellitus
VAT	Visceral Adipose Tissue
VIF	Variance Inflation Factor
WHO	World Health Organization

SOMMAIRE

Avertissements.....	2
Remerciements.....	3
Abréviations.....	10
Sommaire.....	12
Introduction (FR).....	13
Introduction (EN).....	16
Patients and methods.....	18
Results.....	23
Discussion (EN).....	33
Discussion (FR).....	41
Références.....	50
Annexe.....	53

INTRODUCTION (FR)

L'obésité est définie par l'Organisation mondiale de la santé (OMS) comme une maladie chronique liée à l'accumulation excessive de tissu adipeux, susceptible de nuire à la santé. Elle est diagnostiquée lorsque l'indice de masse corporelle (IMC) est supérieur à 30 kg/m² [1]. Véritable enjeu de santé publique, elle est associée à de nombreuses comorbidités, telles que les maladies cardiovasculaires, le diabète de type 2 (DT2), l'hypertension artérielle (HTA), le syndrome d'apnée du sommeil (SAS), ainsi que certains cancers. Sa prévalence mondiale a doublé entre 1990 et 2022, atteignant 16 % chez les adultes en 2022 selon l'OMS [2].

La chirurgie bariatrique constitue un traitement efficace de l'obésité sévère. Selon les recommandations de la Haute Autorité de Santé (HAS) de 2022, elle peut être proposée après concertation pluridisciplinaire chez les patients présentant un IMC $\geq$ 40 kg/m², ou un IMC compris entre 35 et 40 kg/m² en cas de comorbidité susceptible d'être améliorée par la perte de poids. Parmi ces comorbidités, on retrouve le DT2, l'HTA, la stéatohépatite non alcoolique (NASH), le SAS, l'insuffisance rénale chronique (IRC) ou encore les douleurs ostéoarticulaires invalidantes telles que les lombalgies chroniques ou l'arthrose des membres inférieurs [3]. Face à l'augmentation de l'obésité, son recours s'est intensifié : entre 2003 et 2018, les interventions mondiales ont quintuplé (140 000 à 720 000 par an). En France, on comptait 72 interventions pour 100 000 habitants en 2018 [4]. Parallèlement, la population française vieillit, avec une prévalence de l'obésité chez les plus de 55 ans estimée à 19 % en 2020, un chiffre relativement stable ces dernières années [5]. Le recours à la chirurgie bariatrique chez les plus de 65 ans a été quant à lui multiplié par dix entre 1997 et 2016, avec plus de 1 500 interventions en 2016 [6].

Si la chirurgie bariatrique vise avant tout l'amélioration de la qualité de vie et la rémission des comorbidités liées à l'obésité [7], ses effets délétères sur la santé osseuse ne doivent pas être négligés. Une méta-analyse de Zhang et al. rapporte une hausse de 29 % du risque de fracture chez les patients opérés, par rapport aux patients non opérés [8]. Ce risque semble particulièrement accru après des interventions malabsorptives telles que le Roux-en-Y bypass gastrique (RYGB) ou la dérivation biliopancréatique (DBP) [9].

Afin de prévenir le risque fracturaire dans ce contexte, des recommandations ont été formulées en 2022 par le Groupe de Recherche et d'Information sur les Ostéoporoses (GRIO) et la Société Française de Rhumatologie (SFR). Elles préconisent un dépistage systématique combinant évaluation clinique, bilan biologique et densitométrie chez les femmes ménopausées et les hommes de 50 ans ou plus, ainsi qu'en cas de réalisation d'un RYGB ou d'une DBP quel que soit l'âge [10].

L'introduction d'un traitement anti-ostéoporotique repose, selon les recommandations de l'European Calcified Tissue Society (ECTS) publiées en 2022, sur la présence d'un ou plusieurs critères suivants [11] : (i) un antécédent de fracture de fragilité survenu après l'âge de 40 ans dans les deux années précédentes, (ii) un T-score ≤ -2 à l'un des trois sites densitométriques (hanche totale, col fémoral ou rachis lombaire), ou (iii) un score FRAX ≥ 20 % pour le risque de fracture majeure ou ≥ 3 % pour le risque de fracture de hanche à 10 ans.

L'implémentation de ces critères dans le cadre de la chirurgie bariatrique n'a été évaluée que dans une seule étude rétrospective, conduite par Courtalin et al. au CHU de Lille [12]. Cette étude portait sur 170 patients (femmes ménopausées et hommes de plus de 50 ans) adressés pour une évaluation osseuse, soit en pré ou post opératoire. Les auteurs ont mis en évidence une prévalence de 19,2 % d'indication à un traitement anti-ostéoporotique selon les critères ECTS, sans différence significative selon le statut chirurgical. Ces résultats confirment la faisabilité et la pertinence de ces recommandations en pratique clinique. Toutefois, l'hétérogénéité de la population limite leur extrapolation aux femmes ménopausées et aux hommes de 50 ans ou plus, particulièrement à risque d'ostéoporose. En parallèle, la HAS alerte sur l'augmentation du risque de morbi-mortalité post-chirurgicale après 60 ans [3], sans pour autant aborder la fragilité osseuse ni recommander de stratégie spécifique de dépistage du risque fracturaire dans cette population. Cette omission est particulièrement préoccupante chez les femmes ménopausées, où l'association entre âge, déficit œstrogénique et altérations métaboliques post-chirurgicales majore davantage le risque osseux, d'où la nécessité de mieux caractériser ce risque dans cette population ciblée.

JUSTIFICATION DE L'ETUDE

Dans ce contexte, nous avons décidé d'évaluer la prévalence de l'éligibilité à un traitement anti-ostéoporotique selon les critères ECTS 2022, spécifiquement chez des femmes ménopausées adressées en consultation de rhumatologie dans le cadre d'un parcours de chirurgie bariatrique. L'objectif principal de notre étude est de comparer la prévalence de cette indication thérapeutique chez les femmes de moins de 60 ans par rapport à celles 60 ans et plus, afin de déterminer si l'âge constitue un facteur discriminant. En parallèle, nous visons à mieux identifier des facteurs de risque associés à cette indication thérapeutique. Ces données pourraient permettre d'améliorer les stratégies de dépistage, de prévention et de prise en charge du risque fracturaire dans cette population particulièrement vulnérable.

INTRODUCTION (EN)

Obesity is defined by the World Health Organization (WHO) as a chronic disease associated with excessive accumulation of adipose tissue that may harm health. It is diagnosed when the body mass index (BMI) exceeds 30 kg/m² [1]. A major public health issue, obesity is associated with numerous comorbidities, such as cardiovascular diseases, type 2 diabetes mellitus (T2DM), high blood pressure (HBP), obstructive sleep apnea (OSA), as well as certain cancers. Its global prevalence doubled between 1990 and 2022, reaching 16% among adults in 2022 according to the WHO [2].

Bariatric surgery is considered an effective treatment for severe obesity. According to the 2022 recommendations of the French National Authority for Health (HAS), it may be proposed after multidisciplinary evaluation for patients with a BMI $\geq$ 40 kg/m², or between 35 and 40 kg/m² in the presence of comorbidities that may improve with weight loss. These include T2DM, HBP, non-alcoholic steatohepatitis (NASH), OSA, chronic kidney disease or disabling osteoarticular pain, such as chronic low back pain or lower limb osteoarthritis [3]. As obesity has become more prevalent, the number of bariatric procedures has increased accordingly: between 2003 and 2018, the number of surgeries performed worldwide rose from 140,000 to 720,000 annually. In France, 72 procedures were performed per 100,000 inhabitants in 2018 [4]. At the same time, the French population is aging, with obesity prevalence in individuals over 55 years estimated at 19% in 2020, a figure that has remained relatively stable in recent years [5]. The use of bariatric surgery in people over 65 years increased tenfold between 1997 and 2016, with more than 1,500 procedures recorded in 2016 [6].

Although bariatric surgery is primarily aimed at improving quality of life and achieving remission of obesity-related comorbidities [7], its adverse impact on bone health warrants careful consideration. A meta-analysis by Zhang et al. demonstrated a 29% increased risk of fractures in patients who underwent bariatric procedures compared to those who did not [8]. This elevated risk is particularly pronounced following malabsorptive procedures such as Roux-en-Y gastric bypass (RYGB) or biliopancreatic diversion (BPD) [9].

In order to mitigate fracture risk in this population, specific recommendations were issued in 2022 by the Osteoporosis Research and Information Group (GRIO) and the French Rheumatology Society (SFR). These guidelines advocate for systematic

screening that includes clinical evaluation, laboratory investigations, and bone densitometry in postmenopausal women and men aged 50 years or older, as well as in any individual undergoing RYGB or BPD, regardless of age [10].

According to the 2022 guidelines issued by the European Calcified Tissue Society (ECTS), the initiation of anti-osteoporotic medication is based on the presence of one or more of the following criteria [11]: (i) a history of fragility fracture occurring after the age of 40 within the past two years, (ii) a T-score ≤ -2 at any of the three standard densitometric sites (total hip, femoral neck, or lumbar spine), or (iii) a FRAX score $\geq 20\%$ for major osteoporotic fracture risk or $\geq 3\%$ for hip fracture risk at 10 years.

To date, the implementation of the ECTS criteria in the context of bariatric surgery has been assessed in only one retrospective study, conducted by Courtalin et al. at Lille University Hospital [12]. This study included 170 patients, postmenopausal women and men over the age of 50, who were referred for bone health evaluation either before or after surgery. The authors reported that 19.2% of patients met the ECTS-defined criteria for initiating anti-osteoporotic treatment, with no significant difference observed between the preoperative and postoperative groups. These results highlight both the clinical applicability and relevance of the ECTS recommendations. Nevertheless, the heterogeneity of the study population limits the extrapolation of these findings specifically to postmenopausal women, a subgroup at particularly high risk for osteoporosis. Meanwhile, the HAS has raised concerns about the increased risk of postoperative morbidity and mortality after the age of 60 [3], yet without considering skeletal fragility or proposing dedicated strategies for fracture risk assessment in this population.

Such an omission raises particular concern in the postmenopausal female population, where the combination of age, estrogen deficiency, and post-surgical metabolic alterations further amplifies skeletal risk. This underscores the need to better characterize fracture risk in this targeted population.

STUDY RATIONALE

Given this context, we aimed to evaluate the prevalence of eligibility for anti-osteoporotic treatment according to the 2022 ECTS criteria, specifically in postmenopausal women referred to rheumatology consultations as part of a bariatric surgery pathway. The primary objective of our study is to compare the prevalence of therapeutic indication between women under 60 years of age and those aged 60 or

older, in order to determine whether age constitutes a discriminating factor. Additionally, we aim to identify risk factors associated with this indication. These findings could contribute to optimizing screening, prevention, and fracture risk management strategies in this particularly vulnerable population.

PATIENTS AND METHODS

STUDY DESIGN

Our study is a single-center, descriptive, cross-sectional observational study conducted at Lille University Hospital.

Patients were prospectively enrolled from June 2019 to January 2025. Data were subsequently analyzed retrospectively. The study included patients referred to the Rheumatology Department of Lille University Hospital for bone assessment in the context of bariatric surgery either prior to a procedure or during postoperative follow-up.

STUDY POPULATION

The study exclusively included postmenopausal women. Inclusion criteria required referral for one of the following indications:

- Initial evaluation prior to first-time bariatric surgery
- Postoperative follow-up after bariatric surgery
- Or evaluation before another bariatric surgical procedure (RE-DO).

The assessment had to include a bone mineral density (BMD) measurement by Dual energy X-rays Absorptiometry (DXA) at the time of inclusion. The vast majority of BMD scans (>95 %) were performed at Lille University Hospital on the same machine. In rare cases, scans conducted in private practices were also collected.

All bariatric surgery procedures were eligible for inclusion: sleeve gastrectomy (SG), RYGB, adjustable gastric banding (AGB), biliopancreatic diversion with duodenal

switch (BPD-DS), single anastomosis duodeno-ileal bypass with sleeve gastrectomy (SADI), Bari Clip and calibrated vertical gastropasty. Surgical procedures could have been performed either at Lille University Hospital or in other healthcare facilities.

Premenopausal women and male patients were excluded. Additionally, patients who did not undergo a BMD assessment were not included in the study.

CLINICAL DATA

Clinical data were retrospectively collected through the analysis of:

- Electronic medical records accessed via the 'Sillage' software of Lille University Hospital: results of BMD and body composition by DXA, rheumatology consultations, follow-up consultations, or day hospital reports from the departments of general surgery and endocrinology, as well as available laboratory test results.
- Data from standardized questionnaire, completed by a radiology technicians during the BMD assessment, when the procedure was performed at Lille University Hospital (Appendix).

Collected data included the following parameters:

- Demographic characteristics: age at inclusion, weight, height, BMI, and age at menopause.
- Perioperative status: classification of the evaluation as preoperative or postoperative.
- Medical and surgical history, including current pharmacological treatments.
- Osteoporosis risk factors: personal history of low-energy fractures, first-degree family history of hip fractures, early menopause (<45 years), chronic use of proton pump inhibitors (PPIs), prolonged corticosteroid therapy (>3 months at a dosage ≥ 7.5 mg/day prednisone equivalent), current or past smoking, current or past excessive alcohol consumption (≥ 3 units of alcohol per day), and history of chronic inflammatory rheumatic diseases, diabetes mellitus, or hyperthyroidism.
- Opportunistic imaging analysis, when available, including thoracolumbar spine radiographs or abdominopelvic CT scans, aimed at the identification of vertebral fractures.

- History of bariatric surgery, specifying the type of procedure performed and the time interval (in years) between the first surgery and the DXA evaluation. For patients not yet operated, the scheduled surgical procedure was recorded.

BIOLOGICAL DATA

The following biological parameters were collected: 25(OH) vitamin D, intact parathyroid hormone (iPTH), calcium, creatinine, estimated glomerular filtration rate (eGFR) using the CKD-EPI formula, glycemia, glycated hemoglobin (HbA1c) and C-reactive protein (CRP).

BMD ASSESSMENT

The surgical status (preoperative or postoperative) at the time of the DXA evaluation was systematically documented. BMD was expressed in grams per square centimeter (g/cm²) of hydroxyapatite and analyzed using T-score values (standard deviations from the young-adult reference mean) at the following sites: lumbar spine (L1–L4), femoral neck, and total hip.

Osteopenia was defined as a T-score between -2.5 and -1.0 ($-2.5 < \text{T-score} \leq -1.0$) at any of the three evaluated sites. Osteoporosis was defined as a T-score below -2.5 ($\text{T-score} \leq -2.5$), in accordance with the WHO diagnostic criteria. Additionally, the presence of a T-score ≤ -2.0 at any site was specifically identified and recorded as a marker of increased fracture risk.

BODY COMPOSITION

Measurements included:

- Total body fat (TBF) expressed in both percentage (%) and kilograms (kg)
- Visceral adipose tissue (VAT) area measured in square centimeters (cm²)
- Fat mass index (FMI) expressed in kilograms per square meter (kg/m²)
- Total lean mass (TLM) in kilograms (kg), and appendicular lean mass (ALM) in kilograms (kg)
- Appendicular lean mass index (ALMI) in kilograms per square meter (kg/m²).

Low muscle mass was defined as an $\text{ALMI} \leq 5.5 \text{ kg/m}^2$.

Reduced muscle strength was defined by a handgrip strength $\leq 16 \text{ kg}$.

Sarcopenia was defined by the concomitant presence of low muscle mass and reduced muscle strength.

STUDY OUTCOMES

The primary objective of our study was to compare the prevalence of eligibility to anti-osteoporosis medication between two groups of postmenopausal women: those under 60 years of age and those over 60.

Eligibility to anti-osteoporosis medication was defined according to the 2022 ECTS criteria [11]. These criteria include:

- A personal history of fragility fracture within the past two years,
- Or a T-score ≤ -2 at any measurement site.

We did not include the third criterion based on the FRAX score, as it proved to be less discriminative compared to the other two criteria. Indeed, in the study by Courtalin et al., 33 out of 170 patients met the indications for anti-osteoporotic treatment [12]. Among these, only three fulfilled the FRAX-based criterion, and none met this criterion in isolation.

SECONDARY OUTCOMES

- Compare the prevalence of personal history of fragility fracture within the past two years between the two groups.
- Compare between the two groups the prevalence of a T-score ≤ -2.0 at any measurement site.
- Identify risk factors associated with the eligibility to anti-osteoporosis medication, in the overall study population.

To investigate potential factors associated with the eligibility to anti-osteoporotic treatment, we selected a set of variables considered relevant for identifying, in the future, a subpopulation at higher risk or potentially eligible for targeted preventive strategies. These variables included:

- Age group (<60 years or ≥ 60 years), BMI, and ALMI

- Clinical history: chronic malnutrition, T2DM, previous malabsorptive bariatric - surgery
- Bone status assessment: performed either prior to first-time bariatric surgery, postoperative follow-up, or evaluation before another bariatric surgical procedure (RE-DO)
- Time between first bariatric surgery and BMD assessment in case of history of bariatric surgery
- Lifestyle habits: excessive alcohol consumption and smoking status
- Use of PPIs
- Biological markers: iPTH and 25 (OH) vitamin D levels.

STATISTICAL ANALYSIS

Categorical variables are expressed as frequencies and percentages. Quantitative variables are expressed as mean and standard deviation, or as median and interquartile range [IQR] in the case of non-Gaussian distributions. The normality of distributions was verified graphically and using the Shapiro-Wilk test.

The two age groups (<60 years, ≥60 years) were compared on general characteristics, history of bariatric procedures, BMD, body composition and biological data using a Chi-square test (or Fisher's exact test in case of expected cell frequency <5) for categorical variables, or using Student's t test (or Mann Whitney test in case of non-normal distribution) for quantitative variables.

The association between the eligibility to antiosteoporotic treatment, defined by a composite criterion including a history of fragility fracture in the last two years and/or a BMD ≤ -2 at one of the measurement sites, and the two age groups was analysed using a Chi-square test. The association of each of the components of this criterion with the age groups was also studied separately using a Chi-square test.

The search for risk factors for indication of antiosteoporotic treatment was carried out using a Chi-square test for categorical variables, and a Student's t test, or a Mann Whitney test in the case of a non-Gaussian distribution, for quantitative variables. Factors with a p-value of less than 0.10 were included in a multivariate logistic regression model. The collinearity between the parameters was checked using the variance inflation factor (VIF). The log-linearity assumption for each quantitative factor was assessed using cubic spline functions. Variables that did not satisfy this

assumption were categorized. Odds ratios (OR) and their 95% confidence intervals (CIs) were reported as a measure of association.

Statistical testing was conducted at the 2-tailed α -level of 0.05. Data were analyzed using the SAS package, release 9.4 (SAS Institute, Cary, NC).

RESULTS

1. 1. Characteristics of the Study Population:

We identified 306 postmenopausal women referred to the Rheumatology Department of Lille University Hospital for bone health evaluation. Participants were stratified: 173 women < 60 years old (Group 1) and 133 women $\geq$ 60 years old (Group 2). The mean BMI was 35.3 ± 8.3 kg/m² with no difference between groups ($p=0.16$). **Table 1** summarizes the sociodemographic characteristics, comorbidities and treatments of the study population.

Comorbid conditions were frequent in our population. HBP was significantly more prevalent in the older group (71.2% vs. 57.1%, $p = 0.011$), as were T2DM (39.8% vs. 27.7%, $p = 0.026$) and chronic kidney disease (8.3% vs. 2.9%, $p = 0.036$). No significant differences were observed for OSA, thyroid dysfunction, or dyslipidemia.

In terms of medications, the use of antihypertensive agents, oral antidiabetic drugs, lipid-lowering medications, PPIs, vitamin D or calcium supplementation, and levothyroxine did not differ significantly between groups.

Notably, vitamin D supplementation was prescribed in nearly half of the cohort (48.3%).

	N	Overall (n=306)	N	Group 1 (n=173)	N	Group 2 (n=133)	P- value
Age (years)	306	58.6 ± 6.3	173	54.2 ± 4.3	133	64.2 ± 3.4	-
Weight (kg)	306	91.7 ± 21.3	173	91.0 ± 22.3	133	92.6 ± 19.9	0.50
Height (cm)	306	161.2 ± 6.6	173	161.8 ± 6.4	133	160.3 ± 6.7	0.050
Body Mass Index (kg/m²)	306	35.3 ± 8.3	173	34.8 ± 8.5	133	36.1 ± 8.0	0.16
○ <30		76 (24.8)		48 (27.7)		28 (21.1)	0.70
○ 30-34.9		70 (22.9)		38 (22.0)		32 (24.1)	
○ 35-39.9		80 (26.1)		44 (25.4)		36 (27.1)	
○ 40-50		67 (21.9)		37 (21.4)		30 (22.6)	
○ >50		13 (4.2)		6 (3.5)		7 (5.3)	
Comorbid conditions							
High blood pressure	302	191 (63.2)	170	97 (57.1)	132	94 (71.2)	0.011
Obstructive Sleep Apnea	304	174 (57.2)	172	104 (60.5)	132	70 (53.0)	0.19
Diabetes	306	101 (33.0)	173	48 (27.7)	133	53 (39.8)	0.026
Thyroid dysfunction	303	64 (21.1)	171	33 (19.3)	132	31 (23.5)	0.38
Dyslipidemia	304	104 (34.2)	172	56 (32.6)	132	48 (36.4)	0.49
Chronic kidney disease	304	16 (5.3)	172	5 (2.9)	132	11 (8.3)	0.036
Treatments							
Antihypertensive drugs	299	148 (49.5)	170	83 (48.8)	129	65 (50.4)	0.79
Oral antidiabetic medications	300	75 (25.0)	171	37 (21.6)	129	38 (29.5)	0.12
Lipid-Lowering drugs	300	72 (24.0)	171	43 (25.1)	129	29 (22.5)	0.59
Proton pump inhibitors	300	109 (36.3)	171	55 (32.2)	129	54 (41.9)	0.084
Vitamin D supplements	296	143 (48.3)	170	83 (48.8)	126	60 (47.6)	0.84
Calcium supplements	291	96 (33.0)	167	56 (33.5)	124	40 (32.3)	0.82
Levothyroxine	300	53 (17.7)	171	29 (17.0)	129	24 (18.6)	0.71

Table 1: Baseline characteristics of the study population. Values are presented as mean ± standard deviation or number (percentage).

1.2. Bariatric Surgery History:

Table 2 summarizes the bariatric surgery history of the study population.

Regarding the timing of the bone health assessment, 62.4% of patients were evaluated during postoperative follow-up, 22.6% before their first bariatric surgery, and 15.0% prior to another surgical procedure. There was no significant difference in the bone assessment timing between the two groups ($p = 0.93$).

A total of 237 women (77.4%) had a history of at least one bariatric surgery procedure, with comparable rates between the two age groups (77.5% in group 1 vs. 76.7% in group 2: $p = 0.87$). Among the study population, 54.9% had undergone a malabsorptive procedure, such as RYGB or BPD-DS ($n = 168$). While this type of

procedure appeared more frequent in the younger group (59.5% vs. 48.9%), the difference did not reach statistical significance ($p = 0.063$).

The median interval between the first bariatric surgery and the bone health assessment was five years [IQR: 1–11] and was similar across both age groups ($p = 0.28$). Likewise, the number of bariatric procedures did not significantly differ between groups ($p = 0.27$).

	Overall (n=306)	Group 1 (n=173)	Group 2 (n=133)	P-value
Bone assessment status				
○ Assessed before the first surgery	69 (22.6)	38 (22.0)	31 (23.3)	0.93
○ Assessed during follow-up	191 (62.4)	108 (62.4)	83 (62.4)	
○ Assessed before another surgery	46 (15.0)	27 (15.6)	19 (14.3)	
History of bariatric surgery	237 (77.4)	135 (77.5)	102 (76.7)	0.87
Number of surgeries	1 [1-2]	1 [1-2]	1 [1-1]	0.64
History of malabsorptive surgery	168 (54.9)	103 (59.5)	65 (48.9)	0.063
Time between first surgery and BMD	5 [1-11]	5 [1-11]	6 [1-12]	0.28

Table 2: Bariatric surgery history- Values are presented as number (percentage), median [25th–75th percentiles] or mean $\pm$ standard deviation.

1.3. Osteoporosis risk factors:

Several osteoporosis risk factors were collected in this cohort (**Table 3**):

- Early menopause was reported in 21.0% of patients.
- Smoking was common: 13.2% of the women were current smokers and 28.9% were former smokers. Current smoking was significantly more frequent in the younger group (19.3% vs. 5.3%, $p < 0.001$)
- Current excessive alcohol consumption was found in 10.5% of women of the study group.
- Other risk factors for osteoporosis were less prevalent. A history of prolonged corticosteroid use was reported by 6.0% of the patients, without significant differences between groups (4.7% vs. 7.7%; $p = 0.29$). Similarly, a family history of hip fracture (4.6%) and the presence of chronic inflammatory rheumatism (4.7%) were uncommon and showed no significant difference between the two age groups

	N	Overall (n=306)	N	Group 1 (n=173)	N	Group 2 (n=133)	P-value
Excessive alcohol consumption :	305		172		133		0.39
○ Current		32 (10.5)		20 (11.6)		12 (9.0)	
○ Former		8 (2.6)		6 (3.5)		2 (1.5)	
Smoking :	304		171		133		<0.001
○ Current		40 (13.2)		33 (19.3)		7 (5.3)	
○ Former		88 (28.9)		55 (32.2)		33 (24.8)	
Early menopause	272	57 (21.0)	149	33 (22.1)	123	24 (19.5)	0.60
Family history of hip fracture	303	14 (4.6)	170	7 (4.1)	133	7 (5.3)	0.64
Previous use of corticosteroids	299	18 (6.0)	169	8 (4.7)	130	10 (7.7)	0.29
Chronic inflammatory rheumatism	300	14 (4.7)	129	8 (4.7)	131	6 (4.6)	0.95

Table 3: Prevalence of osteoporotic risk factors-Values are presented as number (percentage)

1.4. Biological Data

Biological parameters are summarized in **Table 4**. The median iPTH level was 48 ng/ml [35-66]. The mean 25(OH) vitamin D concentration was pretty low in both groups, at 25.8 ng/ml.

Group 2 had a significantly higher serum calcium level compared to group 1 ($p = 0.030$), as well as a significantly lower estimated glomerular filtration rate (eGFR) ($p = 0.003$).

Biological data	N	Overall (n=306)	N	Group 1 (n=173)	N	Group 2 (n=133)	P-value
iPTH (pg/l)	279	48 [35-66]	162	46 [34-67]	117	50 [36-65]	0.40
25(OH) vitamin D (ng/ml)	284	25.8 $\pm$ 9.8	165	25.9 $\pm$ 10.0	119	25.7 $\pm$ 9.6	0.81
Calcium (mg/L)	283	94.4 $\pm$ 4.2	165	94.0 $\pm$ 3.8	118	95.1 $\pm$ 4.6	0.030
Creatinine (mg/L)	283	7.0 [6.0-8.0]	164	7.0 [6.0-8.0]	119	7.0 [6.0-8.7]	0.008
eGFR (mL/min/1.73 m ²)	278	88.1 $\pm$ 23.8	161	91.8 $\pm$ 20.7	117	82.9 $\pm$ 26.7	0.003
Hba1c (%)	268	5.7 [5.4-6.2]	159	5.6 [5.4-6.1]	109	5.8 [5.4-6.4]	0.071

Table 4: Biological characteristics of the study data. Values are presented as median [25th–75th percentiles] or mean $\pm$ standard deviation.

1.5. Densitometric Data and Body Composition

Table 5 summarizes the BMD and body composition results for the overall population.

Across all three sites, BMD values and T-scores were significantly lower in group 2. The mean BMD at the total hip was 0.956 ± 0.143 g/cm² in group 1 compared to 0.884 ± 0.143 g/cm² in the group 2 ($p < 0.001$). Similar trends were observed at the femoral neck and lumbar spine. T-scores followed the same pattern.

Regarding diagnostic categories, 46.7% of the total population had normal BMD results at all three sites. However, this proportion was significantly higher in patients below 60 years of age (53.8%) compared to those over 60 years (37.6%) ($p = 0.005$). The prevalence of osteopenia was similar between groups (40.5% vs. 44.4%, $p = 0.49$), but osteoporosis was significantly more frequent in the group 2 (5.2% vs. 18.0%, $p < 0.001$). Furthermore, a T-score ≤ -2 was observed in 26.3% of older patients compared to 11.6% of younger patients ($p < 0.001$).

	N	Overall (n=306)	N	Group 1 (n=173)	N	Group 2 (n=133)	P- value
All sites							
Normal	306	143 (46.7)	173	93 (53.8)	133	50 (37.6)	0.005
Osteoporosis	306	33 (10.8)	173	9 (5.2)	133	24 (18.0)	<0.001
Osteopenia	306	129 (42.2)	173	70 (40.5)	133	59 (44.4)	0.49
T score ≤ -2	306	55 (18.0)	173	20 (11.6)	133	35 (26.3)	<0.001
Total hip							
BMD (g/cm ²)	294	0.925 ± 0.142	167	0.956 ± 0.143	127	0.884 ± 0.143	<0.001
T-score (SD)	297	-0.1 ± 1.1	169	0.1 ± 1.0	128	-0.4 ± 1.1	<0.001
Femoral neck							
BMD (g/cm ²)	296	0.762 ± 0.122	167	0.790 ± 0.122	129	0.726 ± 0.121	<0.001
T-score (SD)	299	-0.8 ± 1.0	169	-0.6 ± 1.0	130	-1.2 ± 0.9	<0.001
Lumbar spine							
BMD (g/cm ²)	300	1.005 ± 0.17	169	1.002 ± 0.175	131	0.980 ± 0.175	0.031
T-score (SD)	303	-0.1 ± 1.5	171	0.1 ± 1.4	132	-0.3 ± 1.7	0.026

Table 5: BMD data. Values are presented as number (percentage) or mean $\pm$ standard deviation.

Table 6 presents the body composition data. No significant differences were observed between the two age groups. TBF, TLM, VAT, and indices such as FMI and ALMI were comparable across groups.

	N	Overall (n=306)	N	Group 1 (n=173)	N	Group 2 (n=133)	P- value
TBF (kg)	293	45.0 ± 15.1	168	44.6 ± 15.9	125	45.5 ± 14.0	0.61
FMI (kg/m ²)	296	17.2 [13.9-21.3]	171	16.8 [13.5-21.1]	125	17.5 [14.6-21.8]	0.13
VAT (cm ²)	296	212.5 ± 93.3	170	203.5 ± 93.6	126	224.7 ± 92.0	0.053
TLM (kg)	294	42.6 ± 7.2	169	42.5 ± 7.6	125	42.8 ± 6.6	0.70
ALMI (kg/m ²)	297	6.6 ± 1.4	171	6.6 ± 1.4	126	6.6 ± 1.3	0.92

Table 6: Body composition data. Values are presented as number (percentage), median [25th–75th percentiles] or mean ± standard deviation.

1.6. History of fragility fracture:

A personal history of fragility fractures was reported in 65 patients, representing one in five women. In total, 92 fragility fractures were recorded among these 65 patients, with 41 fractures in group 1 and 51 in group 2.

Table 7 summarizes the fractures by anatomical location, and **Figure 1** provides a graphical representation.

Fractures were distributed as follows: 29.3% involved the lower limb, 44.6% the upper limb, 11% the hip and pelvis, and 13% the spine and ribs.

Upper limb fractures were more frequent in group 1 than in group 2 (53.7% vs. 37.3%). In contrast, group 2 patients showed a higher frequency of hip and pelvic fractures (15.7% vs. 7.3%) as well as vertebral and rib fractures (17.6% vs. 9.8%). Additionally, 31 patients experienced at least one recent fragility fracture within the past two years: 14 in group 1 and 17 in group 2.

	Overall (n=306)	Group 1 (n=173)	Group 2 (n=133)
Personal history of low energy fracture	65 (21.2)	34 (19.7)	31 (23.3)
Number of fragility fractures	92	41	51
Lower limb fractures	27 (29.3)	12 (29.3)	15 (29.4)
Ankle	17 (18.5)	8 (19.5)	9 (17.6)
Leg	10 (10.9)	4 (9.8)	6 (11.8)
Upper limb fractures	41 (44.6)	22 (53.7)	19 (37.3)
Wrist	22 (23.9)	13 (31.7)	9 (17.6)
Humerus	19 (20.7)	9 (22.0)	10 (19.6)
Hip & pelvis fractures	11 (12.0)	3 (7.3)	8 (15.7)
Hip	5 (5.5)	1 (2.4)	4 (7.8)
Pelvis	6 (6.5)	2 (4.9)	4 (7.8)
Vertebrae & rib fractures	13 (14.1)	4 (9.8)	9 (17.6)
Vertebrae	8 (8.7)	3 (7.3)	5 (9.8)
Rib	5 (5.4)	1 (2.4)	4 (7.8)

Table 7: Distribution of fragility fractures. Values are presented as number (percentage).

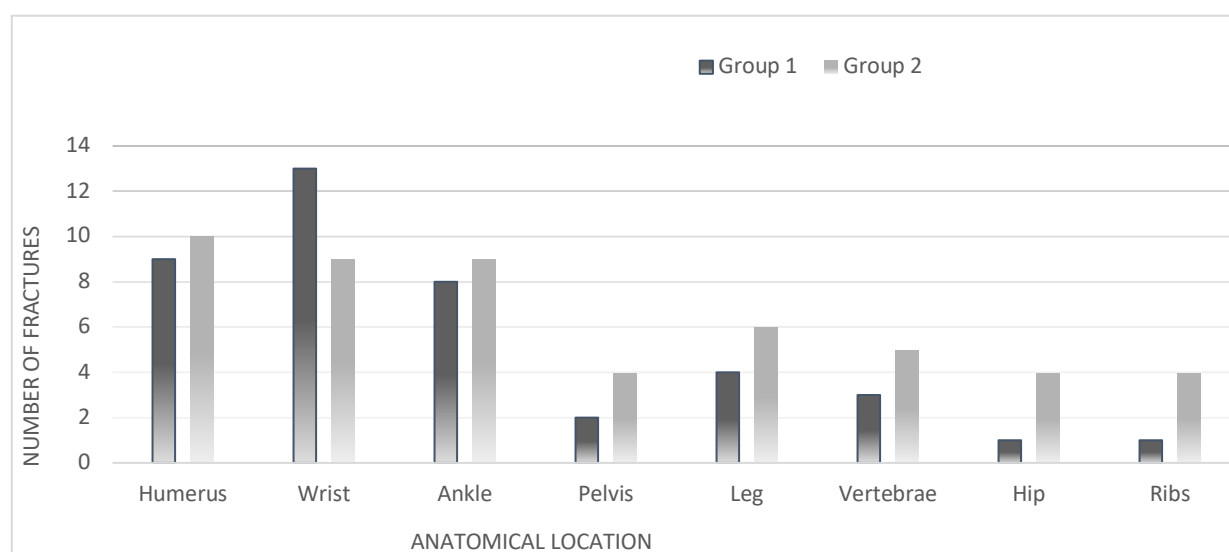


Figure 1 – Graphical representation of fragility fracture distribution by anatomical site

2. Main Findings:

2.1. Prevalence of eligibility for anti-osteoporotic treatment according to ECTS recommendations:

Table 8 summarizes the main findings of our study, focusing on the primary outcome: the prevalence of eligibility for anti-osteoporotic treatment based on the 2022 ECTS guidelines.

The prevalence of treatment indication was significantly higher in group 2, with 30.1% meeting the ECTS criteria compared to 16.8% in group 1 ($p = 0.006$).

Regarding the individual components of the composite outcome:

- The prevalence of recent fragility fractures was not significantly different between groups (8.2% in group 1 vs. 13.0% in group 2, $p = 0.17$).
- However, a significantly greater proportion of patients in group 2 had a T-score ≤ -2 (26.3% vs. 11.6%, $p < 0.001$). This finding is mainly due to a lower T-score at the femoral neck. Indeed, among the 55 patients with a T-score ≤ -2 , 40 had a T-score ≤ -2 at the femoral neck.

Prevalence	Group 1	Group 2	P-value
	N=173	N=133	
Primary endpoint			
Eligibility for treatment (ECTS criteria)	29 (16.8)	40 (30.1)	0.006
Secondary endpoints			
History of fracture in the last 2 years	14 (8.2)	17 (13.0)	0.17
T-score ≤ -2	20 (11.6)	35 (26.3)	<0.001

Table 8: Prevalence of eligibility for anti-osteoporotic treatment- Values are presented as number (percentage)

2.2. Risk factors associated with the indication of antiosteoporotic treatment

A univariate analysis was performed to explore the factors associated with the composite outcome. The results of both univariate and multivariate analysis are summarized in **table 9**.

In the univariate analysis, several variables showed a significant association with the outcome: Group ($p = 0.006$), BMI ($p = 0.011$), ALMI ($p = 0.008$), iPTH ($p = 0.061$) and current smoking ($p = 0.016$).

The multivariate analysis revealed that certain factors were independently associated with the indication for treatment based on ECTS recommendations:

- **Age:** Patients ≥ 60 years old were more likely to have an indication for treatment compared to patients aged younger than 60 (OR = 2.34, 95%CI: 1.19–4.61).
- **Current smoking:** Smokers had a higher likelihood of having an indication for treatment compared to non-smokers (OR = 2.98, 95%CI: 1.27–7.02).

- **ALMI:** Patients with an ALMI < 5.5 kg/m² had a significantly higher likelihood of having an indication for treatment compared to those with an ALMI > 5.5 kg/m² (OR = 3.72, 95%CI: 1.78–7.78).
- **iPTH:** An increase in iPTH level was independently associated with a higher probability of having an indication for treatment (OR = 1.01, 95%CI 1.01-1.02). Specially, for each increase of 10 pg/l in iPTH, the odds of treatment indication increased by 15% (OR = 1,15, 95%CI 1,05-1,36).

	Not eligible for AOM* (N = 237)	Eligible for AOM (N = 69)	Univariate analysis P-value	Multivariate analysis Odds Ratio
Group				
○ 1 (<60 years old)	144 / 237 (60.8)	29 / 69 (42.0)	0.006	2.34 [1.19 ; 4.61]
○ 2 (≥60 years old)	93 / 237 (39.2)	40 / 69 (58.0)		
Bone status assessment				1 VS 2 :
○ 1 (Initial evaluation prior to first-time bariatric surgery)	60 / 237 (25.3)	9 / 69 (13.0)	0.058	1.21 [0.43 ; 3.42]
○ 2 (Postoperative follow-up after bariatric surgery)	140 /237 (59.1)	51 / 69 (73.9)		1 VS 3 :
○ 3 (Evaluation before another bariatric surgical procedure RE-DO).	37 / 237 (15.6)	9 / 69 (13.0)		0.75 [0.19 ; 2.96]
BMI	36.1 ± 7.8	32.8 ± 9.4	0.011	
History of malabsorptive Bariatric Surgery				
○ No	111 / 237 (46.8)	27 / 69 (39.1)	0.26	
○ Yes	126 / 237 (53.2)	42 / 69 (60.9)		
Time between first surgery and BMD assessment**	5.0 [0.0 - 11.0]	8.0 [2.0 - 14.0]	0.009	1.04 [0.99 ; 1.1]
Chronic malnutrition				
○ No	202 / 235 (86.0)	54 / 69 (78.3)	0.12	
○ Yes	33 / 235 (14.0)	15 / 69 (21.7)		
Diabetes				
○ No	164 / 237(69.2)	41 / 69 (59.4)	0.13	
○ Yes	73 / 237 (30.8)	28 / 69 (40.6)		
Excessive alcohol consumption				
○ No	206 / 236 (87.3)	59 / 69 (85.5)	0.59	
○ Former	5 / 236 (2.1)	3 / 69 (4.3)		
○ Current	25 / 236 (10.6)	7 / 69 (10.1)		
Current smoking				
○ No	210 / 235(89.4)	54 / 69 (78.3)	0.016	2.98 [1.27 ; 7.02]
○ Yes	25 / 235 (10.6)	15 / 69 (21.7)		
ALMI (kg/m²)	6.7 ± 1.3 (n=235)	6.2 ± 1.6 (n=62)	0.008	ALMI < 5,5 VS > 5,5 kg/m² 3.72 [1.78 ; 7.78]
iPTH (pg/l)	46.0 [35.0 - 63.0] (n=214)	53.0 [35.0 - 85.0] (n=65)	0.061	Per 10 units pg/l 1.15 [1.05 ; 1.26]
25 (OH) D level (ng/ml)	26.3 ± 9.6 (n=218)	24.2 ± 10.2 (n=66)	0.12	
PPI treatment				
○ No	152 / 235 (64.7)	39 / 65 (60.0)	0.49	
○ Yes	83 / 235 (35.3)	26 / 65 (60.0)		
Values expressed as median [25th–75th percentiles], mean ± standard deviation, number (percentage) or 95% confidence interval [lower; upper] *Anti-osteoporotic medication **In case of history of bariatric surgery				

Table 9: Relationships between prespecified risk factors and treatment eligibility according to ECTS recommendations

All variable with a p-value <0.10 in the univariate analysis were included in a multivariate logistic regression to identify independent factors associated with the eligibility for treatment according to the ECTS recommendations.

DISCUSSION (EN)

MAIN FINDINGS

In this study involving postmenopausal women evaluated as part of a bariatric surgery pathway, 20% of patients were eligible for anti-osteoporotic treatment. This eligibility was approximately twice as frequent in women aged 60 and over compared to those under 60. Beyond age, other independent factors were also associated with treatment eligibility: current smoking, elevated iPTH levels, and low appendicular lean mass.

ELIGIBILITY FOR ANTI-OSTEOPOROTIC TREATMENT

Eligibility for anti-osteoporotic treatment according to the 2022 ECTS criteria was identified in 22.5% of the 306 postmenopausal women in our cohort, evaluated as part of a bariatric surgery pathway. This figure is consistent with that reported in the only other study applying these recommendations: the study by Courtalin et al. Indeed, the authors reported a treatment eligibility prevalence of 19.2% in 170 patients (men over 50 years old and postmenopausal women), with no significant difference according to surgical status [12].

Beyond this publication, few studies have combined simultaneous assessment of fracture risk and BMD in the context of bariatric surgery. Among them, the study by Blom-Høgestøl et al. stands out with a 10-year follow-up after RYGB in 194 patients, including 59 postmenopausal women or men over 50 years old [13]. In this subgroup, osteopenia was observed in 51% and osteoporosis in 27% of patients. Furthermore, 19% experienced a low-energy clinical fracture during follow-up.

Our results are partly comparable, particularly regarding the frequency of fractures: 21.2% of our patients reported a fragility fracture. However, our study provides a more detailed picture, showing that fewer than half of these patients (8.2%) had sustained a fracture within the two years prior to evaluation, a detail not reported by Blom-Høgestøl, thus limiting direct comparison. In addition, that study did not report the proportion of patients with a T-score ≤ -2 , a key criterion in the ECTS assessment, further complicating comparisons between the two studies.

In addition to these data, other studies have examined BMD loss following bariatric surgery, regardless of the application of ECTS criteria. One such study is the prospective work by Lindeman et al., which followed 21 patients up to five years after

RYGB [14]. A significant decrease in BMD was observed both at the lumbar spine (–7.8%) and total hip (–15.3%). The study population was heterogeneous, including men and both pre- and postmenopausal women, with a mean age of 51 years.

More specifically, the study by Schäfer et al. focused on the effects of RYGB on bone remodeling and BMD over one year, with a separate analysis for postmenopausal women [15]. These women had lower preoperative bone mass compared to premenopausal women and men, and they also experienced more pronounced bone loss after surgery. At 12 months, total hip BMD loss reached –12.2%, compared to –7.2% in premenopausal women and –6.8% in men ($p \leq 0.02$). The increase in type I collagen C-terminal telopeptide (CTX) was also more marked in this group (+338% vs. +260%, $p = 0.049$), indicating increased bone turnover. These findings highlight a greater vulnerability of postmenopausal women to the deleterious skeletal effects of bariatric surgery.

Nevertheless, these studies don't report the proportion of patients with a T-score ≤ -2 , which limits their direct comparability with our work, which is based on the 2022 ECTS criteria to define treatment indication.

BARIATRIC SURGERY AFTER AGE 60

The literature has extensively examined postoperative complications of bariatric surgery in patients over 60 years old, but few studies have specifically investigated its impact on bone health. The French HAS warned of an increased risk of morbidity and mortality following surgery in this population [3], yet does not address bone fragility nor provide specific recommendations for fracture risk screening in these patients.

An American study using the Nationwide Readmission Database, which included 351,292 patients, 12.6% aged over 65, reported a postoperative mortality rate of 3%, along with significantly increased infectious, respiratory, and hospital-related complications among older patients [16].

Another study compared the two main bariatric surgery techniques and their associated complications in individuals aged 65 and older [17]. It found that RYGB caused nearly three times more medium-term digestive complications than SG in this group (27.7% vs. 9.4%, $p < 0.01$). The most frequently reported complications after RYGB included gastrointestinal ulcers (7.2%), anastomotic strictures (5.9%), and a higher rate of surgical reintervention (4.7% vs. 0.8%).

However, to date, no study has specifically examined the bone-related consequences of bariatric surgery in this vulnerable population, nor compared the skeletal effects of different surgical techniques. Osteoporosis remains a major contributor to morbidity and mortality due to fracture risk. For example, one-year mortality following hip fracture is estimated to range between 15% and 30% in older adults [18]. This context underscores the importance of evaluating the long-term impact of various bariatric procedures on bone health in postmenopausal women aged 60 and above.

PROFILE OF FRAGILITY FRACTURES

Among our cohort, 65 patients (21.2%) had a history of fragility fractures. This rate was 19.7% in women under 60 years old, compared to 23.3% in those over 60.

The anatomical distribution reveals a predominance of upper limb fractures (humerus and wrist), accounting for 44.6% of cases, followed by lower limb fractures (ankle and proximal leg) at 29.3%. Hip and pelvic fractures represented 12%, whereas rib and vertebral fractures accounted for 14.1%. A higher proportion of vertebral, pelvic, and hip fractures was observed in the older age group.

This distribution pattern is typical of people living with obesity (PwO), characterized by a predominance of humerus, leg, and ankle fractures. The GLOW study, which included 60,393 postmenopausal women aged 55 and above, reported a history of fractures in 22.2% of women with obesity, with an increased risk of leg and ankle fractures [19]. Similarly, a Spanish study analyzing over one million medical records of women older than 50 years, including 263,563 with obesity, found a significantly elevated risk of proximal humerus fractures in PwO [20].

In contrast, fractures of the pelvis, hip, and vertebrae are more closely associated with age-related bone fragility and osteoporosis, as reflected by their higher frequency in the older group.

Therefore, our population exhibits a mixed profile, combining fracture patterns typical of PwO and those characteristic of postmenopausal osteoporosis, corresponding to the profile commonly observed before and after bariatric surgery [21]. This observation aligns with data from Rousseau et al., who showed that after bariatric surgery, the risk of lower limb fractures decreased while the risk of fractures in the upper limbs, vertebrae, hip, and pelvis increased, indicating a shift from an obesity-related fracture profile to an osteoporotic profile postoperatively [22].

FACTORS ASSOCIATED WITH ELIGIBILITY FOR TREATMENT

Beyond age, we aimed to identify risk factors, particularly modifiable ones, independently associated with eligibility for anti-osteoporotic treatment. The goal was to better target preventive strategies and more accurately identify high-risk populations beyond the age threshold of 60 years.

An elevated iPTH level emerged as an independent risk factor for treatment eligibility in our study. Each 10 pg/mL increase in iPTH was associated with a 15% higher likelihood of meeting therapeutic criteria. This finding aligns with the central role of iPTH in bone metabolism: chronic elevation, particularly in the setting of secondary hyperparathyroidism, promotes bone resorption and compromises both bone density and quality.

In line with these observations, the study by Jih-Hua Wei et al., involving 1,470 patients following bariatric surgery (SG, RYGB, AG), showed that the prevalence of secondary hyperparathyroidism increased from 21% preoperatively to 35% one year after surgery [23]. They identified vitamin D deficiency as the primary contributor to this high preoperative prevalence. Similarly, a Saudi study confirmed these results in patients undergoing SG [24].

In our cohort of postmenopausal women, assessed both before and after bariatric surgery, we also observed a high prevalence of secondary hyperparathyroidism: more than 25% of patients had iPTH levels above 66 pg/mL. This likely reflects both the advanced age of the population and frequent renal impairment. Moreover, the mean 25(OH) vitamin D level remained suboptimal at 25.8 ng/mL, and fewer than half of the patients were receiving supplementation.

According to French guidelines, 25(OH) vitamin D levels should be maintained between 30 and 60 ng/mL, with monthly supplementation of 100,000 IU after RYGB and 50,000 IU after SG [10]. These guidelines also emphasize the importance of adequate calcium intake. Overall, our findings reveal a gap between national recommendations and real-life clinical practice, highlighting the need to improve the implementation of preventive strategies in this population.

Musculoskeletal parameters also play a key role in therapeutic decision-making. A reduced appendicular lean mass (< 5.5 vs. ≥ 5.5 kg/m²) was identified as an

independent risk factor for initiating osteoporosis treatment, with an odds ratio of 3.72. This likely reflects the loss of the muscle's mechanical and metabolic benefits on bone, which disrupts bone remodeling and contributes to decreased BMD [25]. Sarcopenia, characterized by reduced muscle mass and strength, impairs bone quality and increases fall risk, ultimately leading to a higher incidence of fractures [26]. Furthermore, a study specifically conducted in postmenopausal women showed that lower appendicular muscle mass is correlated with BMD loss at vulnerable sites such as the femoral neck, thereby further increasing osteoporotic risk [27].

Our findings are consistent with the literature: several studies have shown that tailored physical activity programs following bariatric surgery help limit postoperative bone loss [28,29]. However, to date, no study has assessed whether initiating such a program before surgery could help prevent bone loss.

It is also important to emphasize that candidates for bariatric surgery are often physically inactive. According to Jabbour et al., fewer than 30% meet the WHO's minimum recommendation of 150 minutes of moderate physical activity per week [30–31]. This lack of activity is further compounded by prolonged sedentary behavior: patients spend, on average, more than 8 hours per day sitting. Such a lifestyle exacerbates the metabolic and musculoskeletal risks associated with severe obesity [30]. While some spontaneous increase in physical activity may occur following weight loss, it is generally modest and inconsistent, leaving patients exposed to ongoing musculoskeletal risk [32]. Moreover, the French guidelines on the prevention and treatment of osteoporosis secondary to bariatric surgery emphasize the importance of adequate protein intake to preserve muscle mass, which is often insufficient in these patients, and is essential in addition to physical activity [10].

For these reasons, early and sustained integration of a structured physical activity program, combining endurance and resistance training, starting from the preoperative phase appears essential to optimize musculoskeletal health in patients undergoing bariatric surgery. In this context, such an approach could serve as a valuable preventive strategy to preserve bone health and potentially reduce the need for anti-osteoporotic treatment after surgery.

Active smoking also represents a significant risk factor for bone health. In our cohort, it was associated with a threefold increase in the likelihood of meeting criteria for anti-

osteoporotic treatment, confirming its detrimental effect on the skeleton. This aligns with the well-established role of tobacco use in the pathogenesis of osteoporosis. Supporting this, Fashandi et al. identified smoking as an independent risk factor for fractures following bariatric surgery [33]. These findings underscore the importance of smoking cessation and the need for close monitoring of bone health in this patient population.

CLINICAL IMPLICATIONS

Our findings underscore the importance of preventing and managing secondary osteoporosis before and after bariatric surgery in postmenopausal women, particularly those aged 60 years and older. Beyond age, other independent risk factors were identified, highlighting the critical role of lifestyle interventions alongside specific osteoporosis treatments. In particular, smoking cessation, reducing sedentary behavior, and maintaining lifelong vitamin D and calcium supplementation to prevent secondary hyperparathyroidism should remain key priorities in both pre- and postoperative care.

In this context, a prospective interventional study by Muschitz et al. [25] offers valuable supporting evidence. The study included 220 patients (premenopausal women and men) who underwent RYGB or SG, and were randomly assigned to either a control or intervention group. The intervention group received comprehensive care: preoperative vitamin D loading (28,000 IU/week for 8 weeks), followed by postoperative supplementation (16,000 IU/week); daily calcium citrate (1,000 mg); weight-adjusted protein intake (35–60 g/day); and a structured exercise program. This included Nordic walking (at least 45 minutes, 3 times per week) and resistance training (30 minutes, twice weekly), starting two weeks after surgery.

After two years of follow-up, patients in the intervention group had significantly smaller increases in bone remodeling markers: sclerostin (+9% vs. +25%, $p < 0.001$), CTX (+26% vs. +52%, $p < 0.01$), and Procollagen type 1 N-terminal propeptide (P1NP) (+21% vs. +48%, $p < 0.01$). They also showed a greater reduction in iPTH levels (–17.3% vs. –7.6%, $p < 0.05$). Bone loss was significantly lower at the lumbar spine (–1.2% vs. –7.9%, $p < 0.001$), total hip (–3.9% vs. –9.9%, $p < 0.001$), and whole body (–2.0% vs. –4.1%, $p < 0.001$). Furthermore, lean mass loss was significantly reduced (–3.5% vs. –12.4%, $p < 0.001$).

These findings support the value of a multidisciplinary approach that combines nutritional supplementation with tailored physical activity to prevent skeletal and muscular deterioration after bariatric surgery.

Lastly, assessing body composition, particularly lean mass, in addition to BMD could help identify patients at higher fracture risk, and thereby improve targeted prevention strategies.

STRENGTHS AND LIMITATIONS

Our study has several strengths. First, it was based on prospective inclusion, with rigorous and standardized data collection. The analysis was conducted through a comprehensive review of medical records, including bariatric surgery follow-up, osteoporosis risk factors, laboratory results, and DXA.

The sample size ($n = 306$) provides sufficient statistical power to identify factors associated with eligibility for anti-osteoporotic treatment.

In addition, over 95% of bone densitometry scans were performed at Lille University Hospital, ensuring consistency in measurement techniques and interpretation.

Regarding biochemical data, particularly vitamin D and iPTH levels, these were available in over 90% of patients, allowing for reliable interpretation of these results.

Lastly, this is the only study investigating bone health in postmenopausal women over 60 years of age in the context of bariatric surgery, with the identification of independent risk factors supporting the indication for anti-osteoporotic treatment. This reinforces the clinical relevance of our findings.

This study also has some limitations. The retrospective nature of the analysis may have introduced recall bias and missing data, particularly concerning fracture history or specific risk factors. Not all biochemical markers were systematically or recently assessed, which may have limited the interpretation of these results, although overall data availability remained high. Alcohol and tobacco consumption were self-reported, which carries the classic risk of underreporting.

Moreover, the study population was heterogeneous, including both operated and non-operated patients at various stages of the surgical pathway. This diversity reflects real-world clinical practice, which is a strength, but it may also introduce variability in the findings. Nevertheless, the distribution between groups was balanced ($p = 0.93$).

Additionally, the monocentric design of the study and the high proportion of patients who had already undergone surgery (over 75%) may limit the generalizability of our results to other settings.

IN CONCLUSION

Beyond age, several factors must be considered when assessing fracture risk and deciding on anti-osteoporotic treatment, especially in patients undergoing bariatric surgery. Active smoking, secondary hyperparathyroidism—particularly in cases of vitamin D and calcium deficiencies—as well as decreased appendicular lean mass, represent key elements to monitor closely in this population.

Although a significant number of patients require pharmacological treatment, some cases could be prevented through targeted non-pharmacological measures: smoking cessation, correction of calcium and vitamin D deficiencies, increased protein intake, regular physical activity, and maintaining a balanced diet.

These interventions, essential for preventing bone fragility after bariatric surgery, should be integrated into a comprehensive and individualized management plan to optimize follow-up and improve quality of life for patients at risk of osteoporosis.

DISCUSSION (FR)

RESULTATS PRINCIPAUX

Dans cette étude portant sur des femmes ménopausées évaluées dans le cadre d'un parcours de chirurgie bariatrique, une patiente sur cinq était éligible à un traitement anti-ostéoporotique. Cette éligibilité était environ deux fois plus fréquente chez les femmes âgées de 60 ans et plus, comparé à celles de moins de 60 ans. Au-delà de l'âge, d'autres facteurs indépendants étaient également associés à cette éligibilité : le tabagisme actif, un taux élevé de parathormone (PTH), ainsi qu'une faible masse maigre appendiculaire.

ELIGIBILITE AU TRAITEMENT ANTI-OSTEOPOROTIQUE

L'éligibilité à un traitement anti-ostéoporotique selon les critères ECTS 2022 a été retrouvée chez 22,5 % des 306 femmes ménopausées de notre cohorte évaluées dans le cadre d'un parcours de chirurgie bariatrique. Ce chiffre est cohérent avec celui rapporté dans la seule autre étude ayant appliqué ces recommandations : l'étude de Courtalin et al. En effet, ces auteurs ont identifié une prévalence d'éligibilité de 19,2 % chez 170 patients (hommes de plus de 50 ans et femmes ménopausées), sans différence significative selon le statut chirurgical [12].

Outre cette publication, peu de travaux ont combiné une évaluation simultanée du risque fracturaire et de la DMO dans le cadre de la chirurgie bariatrique. Parmi eux, l'étude de Blom-Høgestøl et al. s'est distinguée par un suivi à 10 ans post-RYGB chez 194 patients, incluant 59 femmes ménopausées ou hommes de plus de 50 ans [13]. Dans cette sous-population, une ostéopénie a été observée chez 51 % et une ostéoporose chez 27 %. De plus, 19 % ont présenté une fracture clinique à faible énergie au cours du suivi.

Nos résultats sont en partie comparables, notamment concernant la fréquence des fractures : 21,2 % de nos patientes ont rapporté une fracture de fragilité. Toutefois, notre étude précise que moins de la moitié de patients (8,2 %) ont présenté une fracture dans les deux années précédant l'évaluation, un élément non documenté par Blom-Høgestøl, limitant ainsi la comparaison directe. De plus, cette étude ne rapporte pas la proportion de patients avec un T-score ≤ -2 , critère central dans l'évaluation ECTS, ce qui complexifie davantage le parallèle entre les deux études.

En complément de ces données, d'autres études se sont penchées sur la perte de DMO après chirurgie bariatrique, indépendamment de l'application des critères ECTS. C'est le cas de l'étude prospective de Lindeman et al., qui a suivi 21 patients jusqu'à 5 ans après un RYGB [14]. Une perte de DMO significative a été observée aussi bien au rachis lombaire (-7,8 %) qu'à la hanche totale (-15,3 %). La population était hétérogène, incluant des hommes et des femmes pré- et ménopausées, avec un âge moyen de 51 ans.

De manière plus spécifique, l'étude de Schäfer et al. s'est intéressée aux effets du RYGB sur le remodelage osseux et la DMO à un an, en distinguant les femmes ménopausées [15]. Ces dernières présentaient non seulement une masse osseuse plus faible en préopératoire par rapport aux femmes non ménopausées et aux hommes, mais elles subissaient également des altérations osseuses plus marquées après la chirurgie. À 12 mois, la perte de DMO à la hanche totale atteignait -12,2 %, contre -7,2 % chez les femmes non ménopausées et -6,8 % chez les hommes ($p \leq 0,02$). L'augmentation du Télopeptide C terminal du collagène de type I (CTX) était également plus prononcée dans ce groupe (+338 % contre +260 %, $p = 0,049$), traduisant une activation accrue du remodelage osseux. Ces résultats mettent en évidence une plus grande vulnérabilité des femmes ménopausées face aux effets délétères de la chirurgie bariatrique sur le tissu osseux.

Néanmoins, ces études ne rapportent pas non plus la proportion de patients avec un T-score ≤ -2 , ce qui limite leur comparabilité directe avec notre travail fondé sur les critères ECTS 2022 pour définir l'indication thérapeutique.

CHIRURGIE BARIATRIQUE APRES 60 ANS

La littérature s'intéresse largement aux complications postopératoires de la chirurgie bariatrique chez les patients âgés de plus de 60 ans, mais peu d'études se sont focalisées spécifiquement sur le retentissement osseux. La HAS met en garde contre une augmentation du risque de morbi-mortalité après chirurgie chez ces patients [3], sans toutefois aborder la fragilité osseuse ni proposer de recommandations spécifiques pour le dépistage du risque fracturaire dans cette population spécifique.

Une étude américaine, basée sur la Nationwide Readmission Database et incluant 351 292 patients, dont 12,6 % âgés de plus de 65 ans, a rapporté un taux de mortalité postopératoire de 3 %, ainsi qu'une hausse significative des risques infectieux, respiratoires et des complications hospitalières chez les patients plus âgés [16].

Un autre travail a comparé les deux principales techniques de chirurgie bariatrique et leurs complications chez les sujets âgés de 65 ans et plus [17]. Cette étude a montré que le RYGB entraînait près de trois fois plus de complications digestives à moyen terme que la SG dans cette population (27,7 % versus 9,4 %, $p < 0,01$). Parmi les complications les plus fréquemment rapportées après RYGB figuraient les ulcères gastro-intestinaux (7,2 %), les sténoses anastomotiques (5,9 %) ainsi qu'un recours plus fréquent à la réintervention chirurgicale (4,7 % versus 0,8 %).

Cependant, à ce jour, aucune étude n'a exploré spécifiquement le retentissement osseux après chirurgie bariatrique dans cette population vulnérable, ni comparé les impacts osseux des différentes techniques chirurgicales. Or, l'ostéoporose reste un facteur majeur de morbi-mortalité lié aux fractures. Par exemple, la mortalité à un an après une fracture de la hanche est estimée entre 15 % et 30 % chez les personnes âgées [18]. Ce contexte souligne l'importance d'évaluer l'impact à long terme des différentes procédures bariatriques sur la santé osseuse des femmes ménopausées de 60 ans ou plus.

PROFIL DES FRACTURES DE FRAGILITE

Parmi notre population, 65 patientes (21,2 %) présentaient un antécédent de fracture de fragilité. Ce taux était de 19,7 % chez les femmes de moins de 60 ans, contre 23,3 % chez celles de plus de 60 ans.

La répartition anatomique montre une prédominance des fractures du membre supérieur (humérus et poignet), représentant 44,6 % des cas, suivies des fractures du membre inférieur (cheville et extrémité supérieure de la jambe), avec 29,3 %. Les fractures de la hanche et du bassin représentent 12 % contre 14,1 % pour les fractures costales et vertébrales. Une proportion plus importante de fractures vertébrales, pelviennes et de la hanche est observée dans le groupe le plus âgé.

Ce profil de répartition est typique des sujets en situation d'obésité, avec une prédominance des fractures de l'humérus, de la jambe et de la cheville. L'étude GLOW, incluant 60 393 femmes ménopausées âgées de 55 ans et plus, a rapporté

un antécédent de fracture chez 22,2 % des femmes en situation d'obésité, avec un surrisque de fracture de la jambe et de la cheville [19]. De même, une étude espagnole fondée sur plus d'un million de dossiers médicaux de femmes âgées de plus de 50 ans, dont 263 563 en situation d'obésité, a mis en évidence un risque significativement accru de fracture proximale de l'humérus chez les patientes en situation d'obésité [20]. Les fractures du bassin, de la hanche et des vertèbres sont quant à elles davantage associées à la fragilité osseuse liée à l'âge et à l'ostéoporose, comme en témoigne leur fréquence plus élevée dans le groupe le plus âgé.

Ainsi, notre population présente un profil mixte, associant les caractéristiques fracturaires typiques des sujets en situation d'obésité à celles de l'ostéoporose post-ménopausique, ce qui correspond au profil fréquemment observé avant et après une chirurgie bariatrique [21]. Ce constat concorde avec les données de Rousseau et al., qui a montré qu'après chirurgie bariatrique, le risque de fractures des membres inférieurs diminuait alors que celui des fractures des membres supérieurs, vertébrales, de la hanche et du bassin augmentait, témoignant d'une conversion d'un profil fracturaire du sujet en situation d'obésité vers un profil ostéoporotique en postopératoire [22].

FACTEURS ASSOCIES A L'ELIGIBILITE AU TRAITEMENT

Au-delà de l'âge, nous avons recherché des facteurs de risque, notamment modifiables, indépendamment associés à l'éligibilité à un traitement anti-ostéoporotique. L'objectif est de mieux cibler les mesures préventives et d'identifier plus précisément les populations à risque au-delà d'un âge ≥ 60 ans.

Une élévation de la PTH a été identifiée comme un facteur de risque indépendant d'éligibilité au traitement anti-ostéoporotique dans notre étude. Chaque augmentation de 10 pg/mL était associée à une hausse de 15 % de la probabilité de remplir les critères thérapeutiques. Ce lien s'explique par le rôle central de la PTH dans le métabolisme osseux : une élévation chronique, notamment dans le cadre d'une hyperparathyroïdie secondaire, favorise la résorption osseuse et altère la densité ainsi que la qualité osseuse.

Dans l'étude de Jih-Hua Wei et al., menée chez 1 470 patients après chirurgie bariatrique (SG, RYGB, AG), la prévalence de l'hyperparathyroïdie secondaire passait

de 21 % en préopératoire à 35,4 % un an après l'intervention [23]. La carence en vitamine D était identifiée comme le principal facteur expliquant cette prévalence élevée en période préopératoire. De manière concordante, une étude saoudienne a confirmé ces résultats chez des patients opérés par SG [24].

Notre population, exclusivement féminine et ménopausée, incluant des patientes en pré- et postopératoire, présentait également une prévalence élevée d'hyperparathyroïdie secondaire : plus de 25 % des patientes avaient une PTH > 66 pg/mL. Cette proportion pourrait s'expliquer en partie par l'âge avancé des patientes et l'altération fréquente de la fonction rénale. Néanmoins, la concentration moyenne de 25(OH) vitamine D restait sous-optimale, à 25,8 ng/mL, et moins de la moitié des patientes recevaient une supplémentation. Toutefois, les recommandations françaises préconisent de maintenir une concentration en 25(OH) vitamine D entre 30 et 60 ng/mL, avec une supplémentation mensuelle de 100 000 UI après un RYGB et de 50 000 UI après une SG [10]. Elles insistent également sur l'importance d'un apport calcique suffisant. Ces éléments mettent en évidence un écart entre les recommandations nationales et la pratique réelle observée dans notre cohorte, soulignant la nécessité de renforcer la mise en œuvre des mesures préventives.

Au-delà des facteurs biologiques, les déterminants musculo-squelettiques jouent également un rôle essentiel dans l'indication thérapeutique. Une masse maigre appendiculaire diminuée (< 5,5 versus $\geq 5,5$ kg/m²) apparaît comme un facteur de risque indépendant de mise en place d'un traitement de l'ostéoporose avec un Odds Ratio de 3,72. Ce lien s'explique par la perte de l'effet mécanique et métabolique bénéfique du muscle sur l'os, ce qui compromet le remodelage osseux et favorise la diminution de la DMO [25]. La sarcopénie, par la diminution de la masse et de la force musculaires, altère la qualité de l'os et accroît le risque de chute, conduisant ainsi à une incidence plus importante de fractures [26]. En outre, une étude, réalisée spécifiquement chez des femmes ménopausées, a montré que la diminution de la masse musculaire appendiculaire est corrélée à une perte de DMO au niveau de sites fragiles tels que le col fémoral, accentuant ainsi le risque ostéoporotique [27].

Nos résultats s'inscrivent dans le sens de la littérature : plusieurs études ont démontré qu'un programme d'activité physique adapté après chirurgie bariatrique permet de limiter la perte densitométrique observée dans les suites opératoires [28,29].

Cependant, il est à noter qu'à ce jour, aucune étude n'a évalué l'impact d'un entraînement physique débuté avant la chirurgie sur la prévention de la perte osseuse. Par ailleurs, il est important de souligner que les patients candidats à une chirurgie bariatrique présentent souvent un niveau d'activité physique insuffisant. En effet, selon Jabbour et al. , moins de 30 % d'entre eux atteignent les recommandations minimales de 150 minutes d'activité modérée par semaine définies par l'OMS [30-31]. Cette insuffisance est aggravée par une sédentarité marquée, avec en moyenne plus de 8 heures quotidiennes passées en position assise, contribuant ainsi à exacerber les risques métaboliques et musculo-squelettiques associés à l'obésité sévère [30]. Enfin, bien qu'une reprise spontanée de l'activité physique puisse survenir après la perte pondérale, celle-ci demeure généralement modérée et inconstante, exposant les patients à un risque musculo-squelettique persistant [32].

Par ailleurs, les recommandations françaises en matière de prévention et de traitement de l'ostéoporose secondaire à la chirurgie bariatrique soulignent l'importance d'un apport protéique suffisant pour préserver la masse musculaire, souvent insuffisant chez ces patients, et essentiel en complément de l'activité physique [10]. Ainsi, l'intégration précoce et soutenue d'un programme d'activité physique structuré, combinant endurance et renforcement musculaire, dès la phase préopératoire, apparaît essentielle pour optimiser la santé musculo-squelettique des patientes en parcours de chirurgie bariatrique. Dans ce contexte, cette approche pourrait constituer une stratégie préventive pertinente pour préserver la santé osseuse et potentiellement limiter le recours à un traitement anti-ostéoporotique après l'intervention.

Enfin, le tabagisme actif apparaît comme un facteur de risque osseux non négligeable. Dans notre cohorte, il semble tripler la probabilité d'éligibilité à un traitement anti-ostéoporotique, soulignant son impact délétère sur la santé osseuse. Ce lien s'explique par le rôle bien établi du tabac comme facteur de risque d'ostéoporose. Une étude de Fashandi et al. a identifié le tabagisme comme un facteur de risque indépendant de fractures après chirurgie bariatrique [33]. Cette association vient appuyer la nécessité d'un sevrage tabagique et d'un suivi renforcé de la santé osseuse chez cette population.

IMPLICATIONS CLINIQUES

Nos résultats soulignent l'importance du traitement et de la prévention de l'ostéoporose secondaire à la chirurgie bariatrique chez les femmes ménopausées et plus particulièrement chez les femmes de 60 ans ou plus. Pour autant, d'autres facteurs indépendants de l'âge ont été identifiés et démontrent l'importance des règles hygiéno-diététiques au-delà des traitements spécifiques de l'ostéoporose. En effet, la lutte contre le tabagisme actif, la sédentarité et le maintien à vie d'une supplémentation vitamino-calcique pour limiter une hyperparathyroïdie secondaire doivent rester une priorité chez les patients avant et après la chirurgie bariatrique.

À ce titre, une étude interventionnelle prospective menée par Muschitz et al. [25] renforce ces données. Elle a inclus 220 patients (femmes non ménopausées et hommes) ayant bénéficié d'une chirurgie bariatrique de type RYGB ou SG, répartis aléatoirement entre un groupe contrôle et un groupe intervention. Ce dernier a bénéficié d'une prise en charge globale comprenant une recharge préopératoire en vitamine D (28 000 UI/semaine pendant 8 semaines), suivie d'une supplémentation postopératoire (16 000 UI/semaine), associée à un apport quotidien de 1 000 mg de citrate de calcium, un apport protéique adapté au poids (35 à 60 g/j), ainsi qu'un programme d'activité physique encadré. Celui-ci comprenait de la marche nordique (minimum 45 minutes, au moins 3 fois par semaine) et des séances de renforcement musculaire (30 minutes, au moins 2 fois par semaine), débutées deux semaines après la chirurgie. Après deux ans de suivi, les auteurs ont observé, dans le groupe intervention, une élévation significativement moindre des marqueurs du remodelage osseux : sclérostine (+9 % vs +25 %, $p < 0,001$), CTX (+26 % vs +52 %, $p < 0,01$) et P1NP (+21 % vs +48 %, $p < 0,01$). Une baisse plus importante de la PTH a également été observée (-17,3 % vs -7,6 %, $p < 0,05$). Concernant la DMO, la perte a été significativement moindre dans le groupe intervention : au rachis lombaire (-1,2 % vs -7,9 %, $p < 0,001$), à la hanche totale (-3,9 % vs -9,9 %, $p < 0,001$), et au corps entier (-2,0 % vs -4,1 %, $p < 0,001$). Enfin, la perte de masse maigre a été significativement réduite (-3,5 % vs -12,4 %, $p < 0,001$).

Ces résultats soulignent l'intérêt d'une prise en charge multidisciplinaire incluant supplémentation nutritionnelle et activité physique adaptée, afin de prévenir les altérations osseuses et musculaires induites par la chirurgie bariatrique.

Pour finir, l'évaluation de la composition corporelle, en particulier de la masse maigre, en complément de la DMO, pourrait aider à identifier des patients à plus haut risque de fracture et ainsi contribuer à une meilleure stratégie de prévention.

FORCES ET LIMITES

Notre étude présente plusieurs points forts. Tout d'abord, elle repose sur une inclusion prospective, avec une collecte rigoureuse et standardisée des données. L'analyse a été menée à partir d'un examen complet du dossier médical, incluant le suivi en chirurgie bariatrique, les facteurs de risque d'ostéoporose, les bilans biologiques et les ostéodensitométries.

La taille de l'échantillon ($n = 306$) offre une bonne puissance statistique pour identifier les facteurs associés à l'éligibilité à un traitement anti-ostéoporotique.

De plus, plus de 95 % des ostéodensitométries ont été réalisées au CHU de Lille, assurant une méthode homogène de mesure et d'interprétation.

Concernant les données biologiques, notamment la vitamine D et la PTH, ces dernières étaient disponibles chez plus 90 % des patientes, ce qui permet une évaluation fiable de ces résultats.

Enfin, c'est la seule étude qui explore la santé osseuse chez des femmes ménopausées de plus de 60 ans dans le contexte de la chirurgie bariatrique, avec l'identification de facteurs de risque indépendants justifiant un traitement anti-ostéoporotique. Cela renforce la portée clinique de nos résultats.

L'étude présente aussi certaines limites. L'analyse rétrospective peut entraîner des biais de mémorisation et des données manquantes, notamment pour les antécédents de fracture ou certains facteurs de risque. Toutes les données biologiques n'étaient pas disponibles de manière systématique ou récente, ce qui peut limiter leur interprétation, même si la couverture restait globalement élevée. Le recueil des consommations d'alcool et de tabac était déclaratif, avec un risque classique de sous-estimation.

Par ailleurs, notre population était hétérogène, incluant des patientes opérées et non opérées, à différents stades du parcours chirurgical. Cette diversité reflète bien la réalité clinique, ce qui est un atout, mais elle peut aussi introduire une certaine variabilité dans les résultats. Néanmoins, la répartition entre les groupes était équilibrée ($p = 0,93$).

Enfin, le caractère monocentrique de l'étude et la forte proportion de patientes déjà opérées (plus de 75 %) peuvent limiter la généralisation des résultats à d'autres contextes.

CONCLUSION

Au-delà de l'âge, plusieurs facteurs doivent être pris en compte dans l'évaluation du risque et l'indication thérapeutique anti-ostéoporotique. Le tabagisme actif, l'hyperparathyroïdie secondaire, en particulier en cas de carences en vitamine D et calcium, ainsi que la diminution de la masse maigre appendiculaire, représentent des éléments majeurs à surveiller.

Bien qu'un nombre significatif de patients nécessite un traitement médicamenteux, certains cas pourraient être évités grâce à des mesures non pharmacologiques ciblées : arrêt du tabac, correction des carences en calcium et en vitamine D, renforcement des apports protéiques, activité physique régulière et maintien d'une alimentation équilibrée.

Ces interventions, en prévention de la fragilité osseuse, doivent être intégrées dans une prise en charge globale et individualisée afin d'optimiser le suivi et la qualité de vie des patients à risque d'ostéoporose.

REFERENCES :

1. https://www.who.int/fr/health-topics/obesity#tab=tab_1
2. <https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>
3. https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/2024_02/reco369_recommandations_obesite_2e_3e_niveaux_ii_cd_2024_02_08_preparation_mel.pdf
4. Lazzati, A. (2023). Epidemiology of surgical management of obesity. *Journal of Visceral Surgery*, 160(2), S3–S6.
5. Évolution des prévalences de l'obésité selon l'âge entre les enquêtes Obépi-Roche 1997-2012 et l'enquête Obépi 2020.
6. <https://drees.solidarites-sante.gouv.fr/sites/default/files/2020-10/er1051.pdf>
7. Chang SH, Stoll CR, Song J, Varela JE, Eagon CJ, Colditz GA. The effectiveness and risks of bariatric surgery: an updated systematic review and meta-analysis, 2003-2012. *JAMA Surg.* 2014 Mar;149(3):275-87. doi: 10.1001/jamasurg.2013.3654. PMID: 24352617; PMCID: PMC3962512.
8. Zhang, Q et al. "A meta-analysis of the effects of bariatric surgery on fracture risk." *Obesity Reviews: an official journal of the International Association for the Study of Obesity*, vol. 19,5 (2018): 728-736. doi:10.1111/obr.12665
9. Ablett, Andrew D et al. "Fractures in Adults After Weight Loss from Bariatric Surgery and Weight Management Programs for Obesity: Systematic Review and Meta-analysis." *Obesity Surgery*, vol. 29,4 (2019): 1327-1342. doi:10.1007/s11695-018-03685-4
10. Paccou, J., Genser, L., Lespessailles, É., Bertin, É., Javier, R. M., Duclos, M., ... & Cortet, B. (2022). French recommendations for the prevention and treatment of osteoporosis secondary to bariatric surgery. *Revue du Rhumatisme*, 89(6), 545–554.
11. Paccou, J., Tsourdi, E., Meier, C., Palermo, A., Pepe, J., Body, J. J., & Zillikens, M. C. (2022). Bariatric surgery and skeletal health: A narrative review and position statement for management by the European Calcified Tissue Society (ECTS). *Bone*, 154, 116236.
12. Courtalin M, Verkindt H, Oukhouya Daoud N, Ramdane N, Cortet B, Pattou F, Paccou J. An Evaluation of the Implementation of the European Calcified Tissue Society Recommendations on the Prevention and Treatment of Osteoporosis Secondary to Bariatric Surgery. *Nutrients*. 2023 Feb 17;15(4):1007. doi: 10.3390/nu15041007. PMID: 36839365; PMCID: PMC9964124.
13. Blom-Høgestøl IK, Hewitt S, Chahal-Kummen M, Brunborg C, Gulseth HL, Kristinsson JA, Eriksen EF, Mala T. Bone metabolism, bone mineral density and low-energy fractures 10 years after Roux-en-Y gastric bypass. *Bone*. 2019 Oct;127:436-445. doi: 10.1016/j.bone.2019.07.014. Epub 2019 Jul 16. PMID: 31323430.
14. Lindeman KG, Greenblatt LB, Rourke C, Boussein ML, Finkelstein JS, Yu EW. Longitudinal 5-Year Evaluation of Bone Density and Microarchitecture After Roux-en-Y Gastric Bypass Surgery. *J Clin Endocrinol Metab*. 2018 Nov 1;103(11):4104-4112. doi: 10.1210/jc.2018-01496. PMID: 30219833; PMCID: PMC6194805.
15. Schafer AL, Kazakia GJ, Vittinghoff E, Stewart L, Rogers SJ, Kim TY, Carter JT, Posselt AM, Pasco C, Shoback DM, Black DM. Effects of Gastric Bypass Surgery on Bone Mass and Microarchitecture Occur Early and Particularly Impact Postmenopausal Women. *J Bone Miner Res*. 2018 Jun;33(6):975-986. doi: 10.1002/jbmr.3371. Epub 2018 Feb 5. PMID: 29281126; PMCID: PMC6002877.
16. Mabeza RM, Mao Y, Maynard K, Lee C, Benharash P, Yetasook A. Bariatric surgery outcomes in geriatric patients: a contemporary, nationwide analysis. *Surg Obes Relat Dis*. 2022 Aug;18(8):1005-1011. doi: 10.1016/j.soard.2022.04.014. Epub 2022 Apr 22. PMID: 35589528.
17. Frieder JS, Montorfano L, Gomez CO, Aleman R, Okida LF, Ferri F, Funes DR, Lo Menzo E, Szomstein S, Rosenthal RJ. Sleeve gastrectomy versus Roux-en-Y gastric bypass in patients aged ≥65 years: a comparison of short-term outcomes. *Surg Obes Relat Dis*.

- 2021 Aug;17(8):1409-1415. doi: 10.1016/j.soard.2021.04.010. Epub 2021 Apr 18. PMID: 34031010.
18. Haentjens P, Magaziner J, Colón-Emeric CS, Vanderschueren D, Milisen K, Velkeniers B, Boonen S. Meta-analysis: excess mortality after hip fracture among older women and men. *Ann Intern Med.* 2010 Mar 16;152(6):380-90. doi: 10.7326/0003-4819-152-6-201003160-00008. PMID: 20231569; PMCID: PMC3010729.
 19. Compston JE, Watts NB, Chapurlat R, Cooper C, Boonen S, Greenspan S, Pfeilschifter J, Silverman S, Díez-Pérez A, Lindsay R, Saag KG, Netelenbos JC, Gehlbach S, Hooven FH, Flahive J, Adachi JD, Rossini M, Lacroix AZ, Roux C, Sambrook PN, Siris ES; Glow Investigators. Obesity is not protective against fracture in postmenopausal women: GLOW. *Am J Med.* 2011 Nov;124(11):1043-50. doi: 10.1016/j.amjmed.2011.06.013. PMID: 22017783; PMCID: PMC4897773.
 20. Prieto-Alhambra D, Premaor MO, Fina Avilés F, Hermosilla E, Martinez-Laguna D, Carbonell-Abella C, Nogués X, Compston JE, Díez-Pérez A. The association between fracture and obesity is site-dependent: a population-based study in postmenopausal women. *J Bone Miner Res.* 2012 Feb;27(2):294-300. doi: 10.1002/jbmr.1466. PMID: 22095911.
 21. Lespessailles E, Paccou J, Javier RM, Thomas T, Cortet B; GRIO Scientific Committee. Obesity, Bariatric Surgery, and Fractures. *J Clin Endocrinol Metab.* 2019 Oct 1;104(10):4756-4768. doi: 10.1210/je.2018-02084. PMID: 30901056.
 22. Rousseau C, Jean S, Gamache P, Lebel S, Mac-Way F, Biertho L, Michou L, Gagnon C. Change in fracture risk and fracture pattern after bariatric surgery: nested case-control study. *BMJ.* 2016 Jul 27;354:i3794. doi: 10.1136/bmj.i3794. PMID: 27814663; PMCID: PMC4964103.
 23. Wei JH, Lee WJ, Chong K, Lee YC, Chen SC, Huang PH, Lin SJ. High Incidence of Secondary Hyperparathyroidism in Bariatric Patients: Comparing Different Procedures. *Obes Surg.* 2018 Mar;28(3):798-804. doi: 10.1007/s11695-017-2932-y. PMID: 28921422.
 24. Altawil E, Alkofide H, Alamri H, Alhassan N, Alsubaie H, Alqahtani A, Alobaid O. Secondary Hyperparathyroidism in Obese Patients Post Sleeve Gastrectomy. *Diabetes Metab Syndr Obes.* 2021 Sep 16;14:4059-4066. doi: 10.2147/DMSO.S325148. PMID: 34557008; PMCID: PMC8453424.
 25. Tarantino U, Piccirilli E, Fantini M, Baldi J, Gasbarra E, Bei R. Sarcopenia and fragility fractures: molecular and clinical evidence of the bone-muscle interaction. *J Bone Joint Surg Am.* 2015 Mar 4;97(5):429-37. doi: 10.2106/JBJS.N.00648. PMID: 25740034.
 26. Wong RMY, Wong H, Zhang N, Chow SKH, Chau WW, Wang J, Chim YN, Leung KS, Cheung WH. The relationship between sarcopenia and fragility fracture—a systematic review. *Osteoporos Int.* 2019 Mar;30(3):541-553. doi: 10.1007/s00198-018-04828-0. Epub 2019 Jan 4. PMID: 30610245.
 27. Orsatti FL, Nahas EA, Nahas-Neto J, Orsatti CL, Marocolo M, Barbosa-Neto O, da Mota GR. Low appendicular muscle mass is correlated with femoral neck bone mineral density loss in postmenopausal women. *BMC Musculoskelet Disord.* 2011 Oct 7;12:225. doi: 10.1186/1471-2474-12-225. PMID: 21981859; PMCID: PMC3225310.
 28. Muschitz C, Kocijan R, Haschka J, Zendeli A, Pirker T, Geiger C, Müller A, Tschinder B, Kocijan A, Marterer C, Nia A, Muschitz GK, Resch H, Pietschmann P. The Impact of Vitamin D, Calcium, Protein Supplementation, and Physical Exercise on Bone Metabolism After Bariatric Surgery: The BABS Study. *J Bone Miner Res.* 2016 Mar;31(3):672-82. doi: 10.1002/jbmr.2707. Epub 2015 Sep 30. PMID: 26350034.
 29. Diniz-Sousa F, Boppre G, Veras L, Hernández-Martínez A, Oliveira J, Fonseca H. The Effect of Exercise for the Prevention of Bone Mass After Bariatric Surgery: a Systematic Review and Meta-analysis. *Obes Surg.* 2022 Mar;32(3):912-923. doi: 10.1007/s11695-021-05873-1. Epub 2022 Jan 15. Erratum in: *Obes Surg.* 2022 Apr;32(4):1409. doi: 10.1007/s11695-022-05934-z. PMID: 35031954.
 30. Jabbour G, Ibrahim R, Bragazzi N. Preoperative Physical Activity Level and Exercise Prescription in Adults With Obesity: The Effect on Post-Bariatric Surgery Outcomes.

- Front Physiol.* 2022 Jul 6;13:869998. doi: 10.3389/fphys.2022.869998. PMID: 35874538; PMCID: PMC9301048.
31. Global Recommendations on Physical Activity for Health. Geneva: World Health Organization; 2010. PMID: 26180873.
 32. Bond DS, Thomas JG. Measurement and Intervention on Physical Activity and Sedentary Behaviours in Bariatric Surgery Patients: Emphasis on Mobile Technology. *Eur Eat Disord Rev.* 2015 Nov;23(6):470-8. doi: 10.1002/erv.2394. Epub 2015 Sep 2. PMID: 26331982; PMCID: PMC4662658.
 33. Fashandi AZ, Mehaffey JH, Hawkins RB, Schirmer B, Hallowell PT. Bariatric surgery increases risk of bone fracture. *Surg Endosc.* 2018 Jun;32(6):2650-2655. doi: 10.1007/s00464-017-5628-4. Epub 2018 Apr 30. PMID: 29713829.

ANNEXE

Questionnaire de densitométrie osseuse	
Nom : _____ Nom d'épouse : _____ Prénom : _____ Date de naissance : _____ Sexe : _____ Date examen du jour : _____	☐ Premier examen Date : _____ ☐ 2nd examen Date : _____ ☐ 3^{ème} examen ou plus Date : _____ ☐ hôpital de jour ☐ hôpital de jour ☐ hôpital de jour
<u>Médecin demandeur, service :</u> _____	Numéro de dossier : _____ Protocole ☐ _____
Renseignements cliniques	
<i>Poids :</i> _____	<i>Taille :</i> _____
☐ Ménopausée avant 40 ans / Age de la ménopause : _____	
Antécédents médicaux	
☐ Fractures traumatiques : _____ ☐ Fractures sans traumatisme : _____ ☐ Tassements vertébraux : _____ ☐ Endocrinopathies : _____ ☐ Autres : _____	
Antécédents chirurgicaux	
☐ Fracture du col du fémur sans traumatisme majeur chez les parents au 1 ^{er} degré	
Traitement en cours	
☐ Corticothérapie au long court $\geq 7,5$ mg/jour ☐ Antiaromatases ☐ Antiandrogènes ☐ ATCD de corticothérapie au long court	
☐ ALD (pour quelle pathologie) _____	DAP : _____ y/cm ²

Questionnaire de densitométrie osseuse

AUTEURE : Nom : ABDULGHANI

Prénom : Line

Date de soutenance : 01/07/2025

Titre de la thèse : Impact de la chirurgie bariatrique sur la santé musculo-squelettique après 60 ans.

Thèse - Médecine - Lille 2025

Cadre de classement : Médecine/Rhumatologie

DES + FST/option : Rhumatologie

Mots-clés : Chirurgie bariatrique, ostéoporose, traitement anti-ostéoporotique, dépistage, prévention.

Résumé :

Introduction : Après 60 ans, le risque de complications post-opératoires est plus élevé mais nous ne disposons pas de données spécifiques concernant le retentissement osseux de la chirurgie bariatrique dans cette population vulnérable. Les recommandations de l'European Calcified Tissue Society (ECTS) 2022 proposent d'initier un traitement anti-ostéoporotique en cas de T-score ≤ -2 et/ou en cas de fracture de fragilité de moins de 2 ans. Notre étude a donc évalué la prévalence de l'éligibilité à un traitement anti-ostéoporotique selon l'âge (< 60 vs ≥ 60 ans) dans une cohorte de femmes ménopausées ainsi que les autres facteurs de risque associés.

Matériel et méthode : Étude observationnelle, rétrospective et monocentrique réalisée au CHU de Lille évaluant la prévalence et les facteurs de risque de l'éligibilité à un traitement anti-ostéoporotique selon les critères ECTS 2022 chez des femmes ménopausées adressées en rhumatologie avant ou après chirurgie bariatrique.

Résultats : Parmi les 306 femmes ménopausées incluses, 173 étaient < 60 ans (groupe 1) et 133 ≥ 60 ans (groupe 2). Une indication à un traitement anti-ostéoporotique était retrouvée chez 69 patientes (22,5 %). Cette prévalence était significativement plus élevée chez les femmes du groupe 2 (30,1 % vs 16,8 %, $p = 0,006$). En analyse multivariée, les facteurs de risque indépendamment associés à l'éligibilité à un traitement anti-ostéoporotique étaient l'âge ≥ 60 ans (Odds Ratio (OR) = 2,34, IC95% : 1,19–4,61), le tabagisme actif (OR = 2,98, IC95% : 1,27–7,02), une masse maigre appendiculaire/taille² diminuée ($< 5,5$ kg/m²) (OR = 3,72, IC95% : 1,78–7,78) et une PTH élevée (OR = 1,01, IC95% : 1,01-1,02).

Conclusion : Une patiente ménopausée sur cinq avait une indication à un traitement anti-ostéoporotique dans le cadre du parcours de soins que ce soit avant ou après chirurgie bariatrique. Au-delà de l'âge, des facteurs tels que le tabagisme actif, l'hyperparathyroïdie secondaire et la masse maigre appendiculaire diminuée ont été identifiés comme des facteurs de risque indépendants soulignant l'importance des règles hygiéno-diététiques (arrêt du tabac, supplémentation vitaminocalcique, apports protéiques suffisants et activités physiques) dans la prévention et le traitement de l'ostéoporose secondaire à la chirurgie bariatrique au-delà des traitements médicamenteux.

Composition du Jury :

Président : Professeur Robert CAIAZZO

Assesseeurs : Docteur Hélène VERKINDT & Docteur Cécile PHILIPPOTEAUX

Directeur de thèse : Professeur Julien PACCOU