



**Institut Québécois d'Aménagement
de la Forêt Feuillue**

*Évaluation de différents régimes de répartition spatiale
des coupes sur la rentabilité forestière et sur la
connectivité des habitats*

**Rapport produit et rédigé par :
Frédéric Doyon, Ing. f., Ph.D.**

Présenté à

Mario Gibeault

Unité de Gestion de la Haute Gatineu (73-74)

Et

Hélène Labbé

Domtar Inc. , Usine de Grands -Remous

Août 2002

Remerciements

Ce projet a été réalisé grâce au financement provenant du Programme de Mise en Valeur du Milieu Forestier (Volet I) en association avec DOMTAR (Grands-Remous). Je tiens à remercier particulièrement Srdjan Ostojic, analyste forestier, qui tout au long de ce projet m'a été d'un support indéfectible. Son travail acharné a rendu possible la réalisation de ce projet. Je remercie aussi Régis Pouliot, géomaticien, qui a étroitement participé à la préparation des données et aux analyses. Ce projet a été rendu possible grâce la participation active des collaborateurs suivants : Hélène Labbé, Alain Auclair et Daniel Chouinard, tous employés chez DOMTAR.

Résumé

Évaluation de différents régimes de répartition spatiale des coupes sur la rentabilité forestière et sur la connectivité des habitats.

Frédéric Doyon¹

¹IQAFF, 88, rue Principale, Saint-André-Avellin, Québec, J0V 1W0

L'organisation spatio-temporelle des activités forestières influence grandement plusieurs valeurs écologiques et économiques. Cette considération commence à faire son entrée au Québec avec l'application de la «Coupe *Mosaïque* ». Ce type de coupe, développée pour la forêt boréale, est maintenant privilégié même zone de forêt feuillue/mixte. Ce projet avait pour but d'évaluer les effets de son application sur la biodiversité et la rentabilité économique. Pour la biodiversité, nous avons choisi d'évaluer comment le changement de répartition spatiale pourrait influencer la connectivité entre les habitats récemment perturbés par les coupes et aussi entre les vieux peuplements de résineux. Pour la rentabilité économique, nous avons évalué les revenus provenant des coupes forestières, le niveau de possibilité et les coûts associés aux opérations de récolte.

Pour ce faire, un simulateur de récolte spatialement explicite (GIS-Complan) a été paramétrisé pour reproduire quatre stratégies de répartition spatiale. Ces quatre stratégies se distinguaient par le régime de répartition spatiale et le contrôle spatio-temporel des secteurs coupés. Pour la répartition spatiale, 2 régimes ont été utilisés, soit l'ancienne pratique des « *Bandes séparatrices* », et la nouvelle option proposée de la «Coupe *Mosaïque* ». Dans les deux cas, ces deux scénarios ont été soumis ou non à un contrôle territorial des compartiments disponibles pour la coupe afin d'en aussi évaluer l'impact. Ces simulations ont été préparées à partir des hypothèses de croissance et les scénarios sylvicoles qui ont été utilisés pour le calcul de la possibilité de l'Aire Commune 073-01, dont le mandataire de gestion est Domtar inc. Les simulations ont permis d'obtenir des projections forestières spatiales représentant chaque période de 10 ans sur un horizon de 150 ans pour les quatre scénarios. Les modèles d'indicateurs de connectivité d'habitats et de rentabilité économique ont été appliqués à chacune des projections obtenues. L'évaluation de la possibilité a aussi été effectuée.

Les résultats sur la connectivité indiquent que :

- 1) la possibilité est surtout associée à capacité d'aller chercher les peuplements lorsqu'ils sont matures, à leur maximum de volume. Limiter l'accès entraîne des réductions de possibilité. Dans un contexte de limitation de l'accès, la coupe *Mosaïque* réduit encore plus la

possibilité. Cependant, dans un contexte d'accès illimité, la coupe *Mosaïque* permet d'aller autant de bois que le régime de *Bandes séparatrices*.

- 2) la rentabilité d'un régime de répartition spatiale sera déterminée par la quantité de bois extraite et les coûts associés au maintien du réseau routier. À ce niveau, limiter l'accès permet de faire des économies au niveau du réseau routier, mais entraîne aussi une baisse de possibilité tel que vue dans le point précédent. L'utilisation du régime de répartition spatiale des *Bandes séparatrices* avec accès limité aux compartiments permet un compromis qui optimise la rentabilité de l'approvisionnement en bois.
- 3) la coupe *Mosaïque* augmente la fragmentation de la forêt, particulièrement lorsque l'accès est illimité. Dans ce cas, l'ensemble du paysage est soumis à un même patron récurrent, homogénéisant les conditions spatiales. Ainsi, pour les jeunes habitats, on observe une connectivité accrue pour les niveaux de déplacements moyens à élevés (500 m à 1000 m) et l'inverse pour les niveaux de déplacement limités (50 m).
- 4) l'accès illimité au territoire ne favorise pas les peuplements résineux à franchir l'âge de rotation, entraînant une réduction importante en ce type d'habitat. La connectivité est, par conséquent, très réduite, isolant les quelques habitats sur l'ensemble du paysage et limitant la possibilité d'avoir de grands massifs regroupés.

À la lumière de ces résultats, les gestionnaires du territoire peuvent donc quantifier les fonctions de compromis entre les valeurs considérées dans cette étude afin de faire un choix éclairé sur la stratégie de répartition spatiale. Ce choix doit être fait de façon très judicieuse puisqu'il est plus facile (et surtout moins coûteux !) de fragmenter une forêt que d'en reconstituer les massifs ultérieurement.

Table des matières

REMERCIEMENTS	ii
RÉSUMÉ	iii
<u>1 INTRODUCTION</u>	1
<u>2 SECTEUR D'ÉTUDE</u>	4
<u>3 PRÉPARATION DES SIMULATIONS FORESTIÈRES</u>	5
<u>3.1 DÉFINITION DES SCÉNARIOS D'AMÉNAGEMENT FORESTIER ET DE LEURS RÈGLES DE RÉPARTITION SPATIALE</u>	5
<u>3.2 PRÉSENTATION DU SIMULATEUR DE RÉCOLTE SPATIALEMENT EXPLICITE</u>	6
<u>3.3 PRÉPARATION DES COUVERTURES SPATIALES</u>	6
<u>3.4 PRÉPARATION DU MODÈLE DE RÉSEAU ROUTIER</u>	9
<u>3.5 PRÉPARATION DE LA TABLE DES CONTIGUÏTÉS</u>	10
<u>3.6 TRADUCTION DES INFORMATIONS DE SIMULATIONS EN PROVENANCE DE SYLVA II</u>	11
<u>4 PRÉPARATION DES PARAMÈTRES DE SIMULATION POUR LES SCÉNARIOS</u> ...	14
<u>4.1 PRIORITÉS DE RÉCOLTE</u>	14
<u>4.2 NIVEAUX DE RÉCOLTE</u>	14
<u>4.3 RÈGLES DE RÉPARTITION SPATIALE</u>	14
<u>4.3.1 Le contrôle des accès aux compartiments</u>	14
<u>4.3.2 Les règles de contiguïté des blocs de coupe</u>	15
<u>4.3.3 Les règles de superficie maximale des blocs coupés</u>	15
<u>4.3.4 Les règles d'agrégation des secteurs de coupe</u>	16
<u>4.4 CONTRÔLE DE LA SIMULATION</u>	16
<u>5 DÉVELOPPEMENT DES MODÈLES D'INDICATEURS</u>	17
<u>5.1 INDICATEURS DE CONNECTIVITÉ</u>	17
<u>5.2 INDICATEURS DE RENTABILITÉ ÉCONOMIQUE</u>	18
<u>5.2.1 Les revenus au bord du chemin</u>	18
<u>5.2.2 Les coûts de récolte</u>	19
<u>5.2.3 Les coûts d'ouverture</u>	19
<u>5.2.4 Les coûts de construction et de maintien des chemins</u>	20
<u>6 RÉSULTATS</u>	21
<u>6.1 INDICATEURS DE RENTABILITÉ ÉCONOMIQUE</u>	21

<u>6.1.1</u>	<u>Le volume récolté</u>	21
<u>6.1.2</u>	<u>Les revenus</u>	21
<u>6.1.3</u>	<u>Les coûts</u>	23
	<u>La récolte</u>	23
	<u>Le maintien du réseau routier</u>	24
<u>6.1.4</u>	<u>La rentabilité économique</u>	26
<u>6.2</u>	<u>INDICATEURS DE CONNECTIVITÉ</u>	28
<u>6.2.1</u>	<u>Proportion en habitat</u>	28
<u>6.2.2</u>	<u>Analyse de la connectivité</u>	29
<u>7</u>	<u>DISCUSSION</u>	39
<u>7.1</u>	<u>LA RENTABILITÉ ÉCONOMIQUE</u>	39
<u>7.1.1</u>	<u>L'effet sur la possibilité</u>	39
<u>7.1.2</u>	<u>Coûts, revenus et rentabilité</u>	39
<u>7.2</u>	<u>LA CONNECTIVITÉ DES HABITATS</u>	40
<u>8</u>	<u>CONCLUSION</u>	42
<u>9</u>	<u>BIBLIOGRAPHIE</u>	44
	<u>ANNEXE 1</u>	45

Liste des tableaux

Tableau 1. Type de végétation dans l'Aire Commune 73-01.....	4
Tableau 2. Liste des courbes de rendement utilisées	12
Tableau 3. Prix offerts au chemin pour les bois des différents produits pour la Forêt de l'Aigle	19
Tableau 4. Coûts (\$/m ³) associés aux activités de récolte de bois	19
Tableau 5. Coûts associés au maintien du réseau routier selon la classe de chemin.....	20
Tableau 6. Niveau de récolte à rendement soutenu pour l'AC 73-01 selon les quatre scénarios de répartition spatiale.....	21
Tableau 7. Revenus par produits (M\$/ 10 ans).....	23
Tableau 8. Volume (m ³) extrait (moyenne ± %écart type) par hectare selon le système sylvicole et selon le scénario de répartition spatiale.....	23
Tableau 9. Coûts totaux et coûts répartis par m ³	24
Tableau 10. Données de la rentabilité économique (moyenne ± %écart type).....	27

Liste des figures

Figure 1.	Compartiments utilisés pour les simulations des scénarios de répartition spatiale..	7
Figure 2.	Sous-compartiments utilisés pour les simulations des scénarios de répartition spatiale.....	8
Figure 3.	Modèle de réseau routier	10
Figure 4.	Date d'ouvertures des compartiments équiennes et inéquiennes pour les scénarios qui impliquent le contrôle de la disponibilité des compartiments dans l'aire commune 73-01.....	15
Figure 5.	Exemple d'évaluation de la connectivité.....	18
Figure 6.	Variation du coût au m ³ tout au long de la simulation selon le scénario d'aménagement.....	26
Figure 7.	Variation du ratio revenus/coûts tout au long de la simulation selon le scénario d'aménagement.....	27
Figure 8.	Variation de la superficie en habitat au stade semis tout au long de la simulation selon les quatre scénarios d'aménagement comparés.....	28
Figure 9.	Variation de la superficie en habitat de vieux résineux tout au long de la simulation selon les quatre scénarios d'aménagement comparés.....	29
Figure 10.	Distribution des habitats au stade semis pour les quatre scénarios de répartition spatiale comparés à la fin de la période 2040-2050 ans.	30
Figure 11.	Distribution des habitats de vieux résineux pour les quatre scénarios de répartition spatiale comparés à la fin de la période 2070-2080 ans.	32
Figure 12.	Superficie moyenne sur un horizon de 140 ans en différentes classes de tailles (ha) d'habitat au stade semis pour quatre scénarios de répartition spatiale.....	34

Figure 13. Superficie moyenne sur un horizon de 140 ans en différentes classes de tailles (ha) d’habitat au stade semis connecté à un niveau de déplacement de 50 m pour quatre scénarios de répartition spatiale.....	34
Figure 14. Superficie moyenne sur un horizon de 140 ans en différentes classes de tailles (ha) d’habitat au stade semis connecté à un niveau de déplacement de 200 m pour quatre scénarios de répartition spatiale.....	35
Figure 15. Superficie moyenne sur un horizon de 140 ans en différentes classes de tailles (ha) d’habitat au stade semis connecté à un niveau de déplacement de 500 m pour quatre scénarios de répartition spatiale.....	35
Figure 16. Superficie moyenne sur un horizon de 140 ans en différentes classes de tailles (ha) d’habitat au stade semis connecté à un niveau de déplacement de 1000 m pour quatre scénarios de répartition spatiale.....	36
Figure 17. Superficie moyenne sur un horizon de 140 ans en différentes classes de tailles (ha) d’habitat vieux résineux pour quatre scénarios de répartition spatiale.....	36
Figure 18. Superficie moyenne sur un horizon de 140 ans en différentes classes de tailles (ha) d’habitat vieux résineux connecté à un niveau de déplacement de 50 m pour quatre scénarios de répartition spatiale.....	37
Figure 19. Superficie moyenne sur un horizon de 140 ans en différentes classes de tailles (ha) d’habitat vieux résineux connecté à un niveau de déplacement de 200 m pour quatre scénarios de répartition spatiale.....	37
Figure 20. Superficie moyenne sur un horizon de 140 ans en différentes classes de tailles (ha) d’habitat vieux résineux connecté à un niveau de déplacement de 500 m pour quatre scénarios de répartition spatiale.....	38
Figure 21. Superficie moyenne sur un horizon de 140 ans en différentes classes de tailles (ha) d’habitat vieux résineux connecté à un niveau de déplacement de 1000 m pour quatre scénarios de répartition spatiale.....	38

1 Introduction

Depuis plus de 10 ans, on reconnaît l'importance d'intégrer l'ensemble des valeurs d'un territoire dans la planification des activités forestières. Parmi celles-ci, une valeur fondamentale à considérer est la biodiversité. Le maintien de la biodiversité est reconnu comme essentiel pour le bon fonctionnement des écosystèmes forestiers (Québec 1996). Or, la biologie de la conservation et l'écologie du paysage nous enseignent que le maintien de la biodiversité passe par la planification à l'échelle du paysage. En effet, pour maintenir l'ensemble des espèces dans un territoire, il faut s'assurer de retrouver une quantité suffisante d'habitats de qualité, et cela, à perpétuité. La qualité des habitats ne dépend pas seulement de leur structure interne mais aussi de leur contexte de voisinage (Doyon 2000). En effet, avec la venue de l'écologie du paysage, les scientifiques ont démontré que les processus écologiques dépendent fortement de l'arrangement spatial des conditions environnementales. La science de la biologie de la conservation regorge maintenant d'exemples d'espèces répondant à la structure du paysage tels l'augmentation de la prédation aux nids d'oiseaux en bordure de forêts et la sensibilité de la chouette tachetée aux paysages fragmentés.

Une dimension spatiale importante pour la conservation des populations animales est la connectivité des habitats. En effet, la connectivité favorise la migration des individus entre les habitats permettant ainsi une plus grande stabilité des populations tant au niveau de la densité que du flux génique. En contrôlant la taille et la répartition spatiale des coupes, la foresterie influence directement les patrons de connectivités des habitats. Il est important avant d'instaurer une stratégie d'aménagement forestier à l'échelle du paysage de déterminer quels en seront les patrons résultant et comment ces patrons influenceront les processus écologiques important pour les populations animales.

Au Québec, la problématique de l'arrangement spatiale des aires de coupes tire son origine plutôt dans la critique que plusieurs groupes de pression ont pu faire quant à la superficie des coupes et la largeur (ou plutôt la minceur!) des séparateurs de coupe. En réponse à cette problématique, le gouvernement du Québec a proposé une approche qui réduit les superficies des blocs coupés et assure une répartition dispersée de celles-ci. Cette coupe, appelée «Coupe *Mosaïque* », ne permet aucune coupes de superficie supérieure à 50 ha et exige de laisser entre

deux coupes un massif de forêt mature équivalant en superficie à la plus grande des deux coupes (Québec 2000). Ce massif séparateur peut être récolté seulement lorsque la hauteur des peuplements récoltés possède une régénération atteignant plus de 3 mètres de haut. Des crédits sylvicoles sont maintenant offerts pour les compagnies appliquant ce traitement dans leur planification forestière.

Il faut rappeler que la « Coupe *Mosaïque* » a été développée pour la forêt boréale. Ce type de coupe est maintenant aussi proposé en zone de la forêt feuillue/mixte. Or, la dynamique du paysage de la forêt feuillue et la forêt mixte est complètement différente de celle de la forêt boréale dû aux différences dans le régime de perturbations naturelles, la composition en essences et la succession naturelle des peuplements forestiers qui y sont rencontrés. Il existe des études, dans le nord-est américain (Lorimer 1977, Bormann et Likens 1979, Whitney 1986, Frelich et Lorimer 1991), et plus spécifiquement au Québec (Nolet et al., 1999, Nolet et al. 2001), qui démontrent l'importance de ces différences dans le dynamisme paysager. L'application de ce régime de répartition spatiale pourrait donc avoir des répercussions importantes sur les processus écologiques naturellement observés dans la forêt feuillue/mixte.

La dimension économique n'est pas exempte d'être affectée par un changement de régime de répartition spatiale. En dispersant les coupes dans le temps et dans l'espace, il devient plus difficile de faire des économies d'échelles. Ainsi, plus de chemins devront être actifs pour un même période de temps. Or, la construction des chemins et le maintien de leur qualité carrossable est un coût très important. De plus, l'ouverture de multiples chantiers, avec les coûts de déplacement de la machinerie et des équipes peut aussi s'ajouter aux coûts précédents. Du point de vue de la possibilité forestière, il est difficile de prédire ce que ce type de coupe peut générer comme conséquence. Il est sûr qu'en donnant accès plus rapidement à l'ensemble du territoire, les peuplements pourront être récoltés plus facilement à leur optimum de volume. Mais quelle est l'importance de cet effet?

Il est donc essentiel d'étudier l'effet à long terme de ce nouveau régime de répartition spatiale de coupe sur les différentes valeurs du milieu forestier avant de le voir systématisé sur l'ensemble du territoire. Cela est d'autant plus vrai puisqu'il est plus facile, et beaucoup moins coûteux, de fragmenter une forêt, tel que la « Coupe *Mosaïque* » risque de le faire, que d'en rappeler les massifs ultérieurement.

Ce projet s'applique à répondre à cette problématique hautement complexe en employant la modélisation spatiale. Compte tenu de la complexité spatiale que ce problème implique, il est nécessaire d'utiliser des outils spécialisés de modélisation spatiale qui permettent : 1) de simuler différents régimes de répartition spatiale des coupes et 2) d'en évaluer l'impact sur la connectivité et le rendement économique à l'aide d'indicateurs de ces aspects fondamentaux du développement durable. Ces modèles d'indicateurs doivent être spatialement explicites pour pouvoir tenir compte des différences de répartition spatiale que les régimes comparés amènent sur la forêt de l'Aire Commune 73-01.

Les étapes de ce projet étaient donc :

1. Organisation des bases de données;
2. Définition des scénarios d'aménagement et de leurs règles de répartition spatiale;
3. Traduction des informations en provenance de Sylva II sur le stock forestier, sur les hypothèses de croissance des peuplements et sur leurs scénarios sylvicoles associés pour les rendre compatibles avec le simulateur de récolte spatialement explicite;
4. Programmation des scénarios d'aménagement pour le simulateur de récolte;
5. Simulation des scénarios d'aménagement et vérification du réalisme des projections forestières obtenues;
6. Programmation des modèles d'indicateur;
7. Application des modèles d'indicateurs aux projections forestières obtenues;
8. Analyse des performances des indicateurs et comparaison entre les scénarios;
9. Discussion des résultats obtenus et recommandations pour l'aménagement forestier de l'Aire Commune 73-01.

2 Secteur d'étude

Cette étude a été réalisée sur l'Aire Commune 73-01 (AC73-01). Il s'agit d'un territoire public à vocation forestière dont le mandat de gestion appartient à la compagnie forestière Domtar Inc. L'AC73-01 est située dans domaine bioclimatique de la sapinière à bouleau jaune (Robitaille et Saucier 1998). Son territoire est exclusivement forestier dont 83% du territoire est jugé productif. On trouve l'érablière à bouleau jaune sur les hauts de pente et les sommets. En mi-pente, la bétulaie jaune à sapin et érable à sucre domine alors que dans les fonds de vallée la sapinière à bouleau blanc est plus importante (Robitaille et Saucier 1998). Le territoire, à cause de la forte présence du sapin baumier, est perturbé de façon récurrente par les épidémies de tordeuse des bourgeons d'épinettes. La répartition actuelle des types de peuplements exprime la grande diversité rencontrée sur le territoire (Tableau 1).

Tableau 1. Type de végétation dans l'Aire Commune 73-01.

Peuplements	Type d'habitat*	Superficie (ha)	Superficie (%)
Non-productif	NA	80910	17.17%
Bétulaies blanches	FI	48654	10.33%
Bétulaies blanches et jaunes	FI	60838	12.91%
Érablières	FT	14216	3.02%
Bétulaies blanches à sapin	MF	663935	14.09%
Sapinières à bouleau blanc	MR	33337	7.07%
Bétulaies jaunes à sapin	MF	474094	10.06%
Peupleraies	FI	17067	3.62%
Pinèdes à bouleaux et érables	RM	13702	2.91%
Peuplements résineux	RB	79414	16.85%
Cèdrières	RM	9255	1.96%
Total		471191	100%

* FI=Feuillus intolérants, FT=Feuillus tolérants, MF=Mixte à dominance de feuillus, MR=Mixte à dominance de résineux, RB=Résineux boréaux (SEPM), RM=Résineux méridionaux

3 Préparation des simulations forestières

3.1 Définition des scénarios d'aménagement forestier et de leurs règles de répartition spatiale

Après un rencontre avec les collaborateurs Alain Auclair et Daniel Chouinard de Domtar inc., quatre scénarios ont été élaborés pour la comparaison. Ces scénarios combinent deux régimes de répartition spatiale et deux régimes de contrôle des secteurs disponibles pour la récolte. Un premier régime de répartition spatiale, intitulé «Bandes Séparatrices», vise à reproduire le type d'aménagement qui s'est fait jusqu'à maintenant par le passé. Dans ce scénario, les peuplements sous système sylvicole équienne sont récoltés par blocs d'une superficie variant de 25-100 ha avec une moyenne d'environ 50 ha. Chaque bloc est séparé par un séparateur de coupe de 60 m. Des blocs peuvent être ajoutés d'années en années, de façon adjacente l'un à l'autre. Ce type de répartition permet la formation de secteurs de coupe allant jusqu'à 300 ha.

Un deuxième scénario, intitulé «*Mosaïque*», applique les règles de la «Coupe *Mosaïque*». Ainsi, la superficie maximale d'un bloc est fixée à 50 ha avec une moyenne de 25 ha. De plus, un bloc adjacent ne peut être récolté avant que les peuplements déjà récoltés n'ait atteint l'âge de 10 ans (âge que les peuplements ont en général 3 mètres).

Dans ces deux régimes de répartition spatiale, les peuplements en sylviculture inéquienne sont aménagés par jardinage avec des rotations qui assure le renouvellement du volume récoltable tel que calculé dans le calcul de possibilité effectué à l'aide de Sylva II.

En ce qui concerne le contrôle des secteurs disponibles pour la coupe, nous avons établi deux conditions différentes. Dans un premier temps, nous avons supposé que tout le territoire est disponible pour la coupe peu importe le moment ou bien la distance à parcourir pour avoir accès aux volumes à récolter. Cette option devrait représenter approximativement la situation tel qu'évaluer par Sylva II puisque ce dernier ne reconnaît pas la dimension spatiale du problème du calcul de la possibilité forestière. Dans un deuxième temps, nous avons limité la disponibilité des compartiments en fonction de la distribution spatio-temporelle des volumes qui seront

disponibles dans le futur. Avec ce régime de contrôle d'accès aux compartiments, seulement un tiers de la superficie est accessible à tout moment de la simulation.

3.2 Présentation du simulateur de récolte spatialement explicite

Pour pouvoir rendre compte de différences que ces régimes de répartition spatiale imposent sur les valeurs qui nous intéressent, nous devons pouvoir simuler spatialement les activités d'aménagement forestier. Sylva II ne permet pas de faire cela. Une nouvelle génération d'outil existe depuis plus d'une dizaine d'années ailleurs au Canada qui ont cette particularité. Pour cette étude, nous avons utilisé GIS-Complan (3.04), développé par *Olympic Resource Management Ltd.* Grâce à cet outil il est possible d'introduire des contraintes de contiguïté, de couvert, de répartition des classes de tailles et de hiérarchie spatiale permettant de reproduire moult régimes de répartition spatiale. Il simule la croissance avec des modèles par courbes seulement.

GIS-Complan peut aussi gérer l'information sur le réseau routier. Pour ce faire, il nous faut développé le modèle de réseau routier dans lequel chaque segment est identifié ainsi que le flux de camionnage du bois.

GIS-Complan calcule, en plus des volumes par produits récoltés, les revenus que ceux-ci génèrent ainsi que les coûts des opérations de récolte, de construction et maintien des chemins, et de transport du bois que l'exploitation des volumes récoltés exigent. En plus du rapport de récolte, il donne à chaque période l'état de chaque peuplement pour les attributs qui sont incorporés dans la table de rendement. Ces attributs peuvent aussi bien concerner le volume par groupe d'essences que tout autre conditions (DHP moyen, hauteur, densité en chicots/ha, qualité de l'habitat de la martre, etc.), en autant qu'ils puissent être associés à l'âge du peuplement.

3.3 Préparation des couvertures spatiales

Pour effectuer les simulations, nous sommes partis des cartes écoforestières du deuxième décennal mis à jour pour l'année 2000.

GIS-Complan utilise une approche spatiale hiérarchique pour organiser les activités d'aménagement forestier dans le temps et dans l'espace. Quatre niveaux sont reconnus par Complan :

1. l'unité d'analyse: soit la forêt au complet;
2. le compartiment : unité de contrôle des chantiers;
3. le sous-compartiment : unité correspondant au bloc d'opération le plus petit (coupe);
4. le peuplement : unité d'information la plus petite.

Ces quatre niveaux sont hiérarchiquement emboîtés et par conséquent respecte l'intégrité des limites de divisions. Ainsi, un peuplement appartient à un seul sous-compartiment, qui appartient à un seul compartiment, qui appartient à une seule unité d'analyse.

Pour utiliser la hiérarchie spatiale de Complan, il a donc fallu assigner des polygones pour ces quatre niveaux. Pour les compartiments, nous avons utilisé les parcellaires. 163 compartiments ont été créés, d'une superficie moyenne de 1032 ha (± 564 ha) (Figure 1). Ceux-ci contrôleront donc l'année d'ouverture d'un secteur pour y établir un chantier de récolte. Cette caractéristique est importante pour reproduire l'effet migratoire des secteurs de coupe.

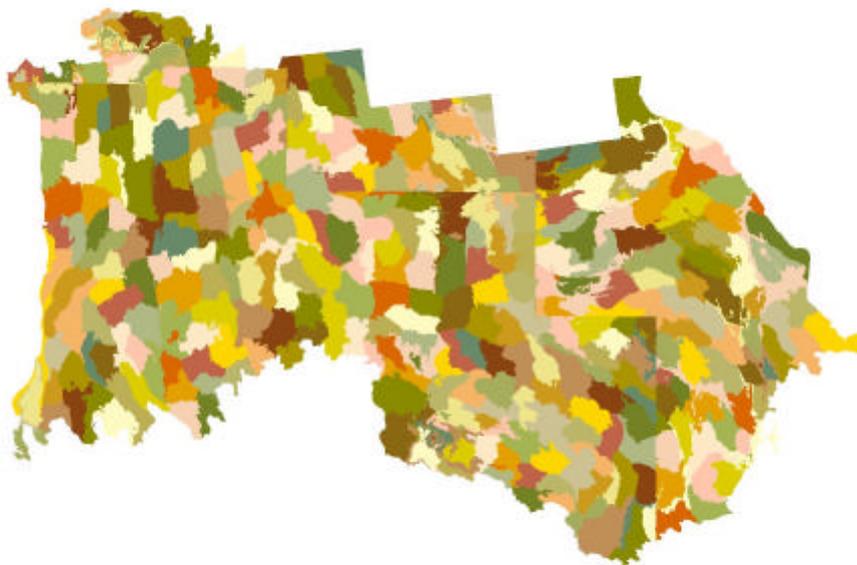


Figure 1. Compartiments utilisés pour les simulations des scénarios de répartition spatiale

Pour les sous-compartiments, il a fallu séparer les compartiments en sous-unités plus petites afin de contrôler la superficie des coupes pour refléter les conditions de superficie maximale exigée par les deux scénarios. Ainsi, nous avons essayé de diviser les peuplements qui étaient plus grand que 50 ha afin de ne pas avoir de sous-compartiments plus grands que 50 ha.

Dans Complan, les sous-compartiments doivent être de même système sylvicole. Les systèmes sylvicoles reconnus par Complan sont la coupe totale, la coupe progressive et le jardinage. Un effort a été effectué pour assurer une homogénéité en terme de système sylvicole au sein des sous-compartiments. Ainsi, nous avons obtenus plus de treize mille sous-compartiments (13 080), d'une superficie moyenne de 29.8 ha (± 17.2 ha écart-type, Min=7.3 ha, max=172 ha) (Figure 2). Malgré notre effort de briser les peuplements en unité de superficie inférieure à 50 ha, il est demeuré 1749 sous-compartiments ne correspondant pas à ce critère. Cependant, puisque ces superficies incluent l'eau, la superficie active terrestre serait plutôt réduite.



Figure 2. Sous-compartiments utilisés pour les simulations des scénarios de répartition spatiale

Nous avons sectionné les peuplements pour accommoder la hiérarchie spatiale tout maintenant l'information de la carte écoforestière. Afin de pouvoir respecter les normes sur les lisières boisées à laisser en bordure des milieux riverains, un tampon de 20 m a été intersecté avec la couverture écoforestière. La résultante de cette intersection a été étiquetée pour y associée ultérieurement un scénario spécial qui respecte les conditions exigées dans ces milieux pour y effectuer la récolte ligneuse. Pour le scénario Bandes Séparatrices, il ne nous était pas possible de tracer à l'avance les séparateurs de coupe de 60 m. Pour simuler cela, nous avons plutôt effectué un tampon de 30 m à tous les ruisseaux pour servir de séparateurs de coupe. Cela correspond généralement à ce qui se passe sur le terrain d'après les aménagistes forestiers qui collaborent avec nous dans ce projet. Un travail de simplification a été nécessaire pour éliminer les petits polygones inférieurs en superficie à 1 ha, dans le cas des tampons riverains. Dans le cas des sous-compartiments, les peuplements qui étaient de système sylvicole différent que la majorité du sous-compartiment et qui était inférieur à 8 ha se voyaient prendre les attributs du polygone forestier adjacent le plus gros.

3.4 Préparation du modèle de réseau routier

Dans ce modèle, il nous faut prévoir l'ensemble des chemins qui seront construits durant toute la simulation, dire à quelle catégorie de chemin chaque segment du réseau appartient, à quel moment le chemin a été ou sera construit et dans quel autre segment s'écoule un segment pour acheminer les volumes de bois vers un exutoire. Pour ce faire, nous sommes partis du réseau routier existant pour développer le modèle de réseau routier. Puisque chaque sous-compartiment doit être desservi par un chemin, il nous a fallu l'associer à un segment. Pour ce faire, une analyse spatiale a permis d'identifier le segment le plus près de chaque sous-compartiment. Les chemins forestiers d'hiver étaient assignés aux sous-compartiments sous système sylvicole de jardinage. Les exutoires ont été identifiés à partir de l'utilisation passée du territoire. Huit exutoires ont été identifiés (Figure 3). L'assignation des segments d'aval pour le réseau d'écoulement des bois vers l'exutoire s'est fait à partir de l'exutoire dont l'accès était le plus court. Bien évidemment, cette caractéristique ne tient pas compte des emplacements d'usine et de leur spécificité en matière de produits transformés.

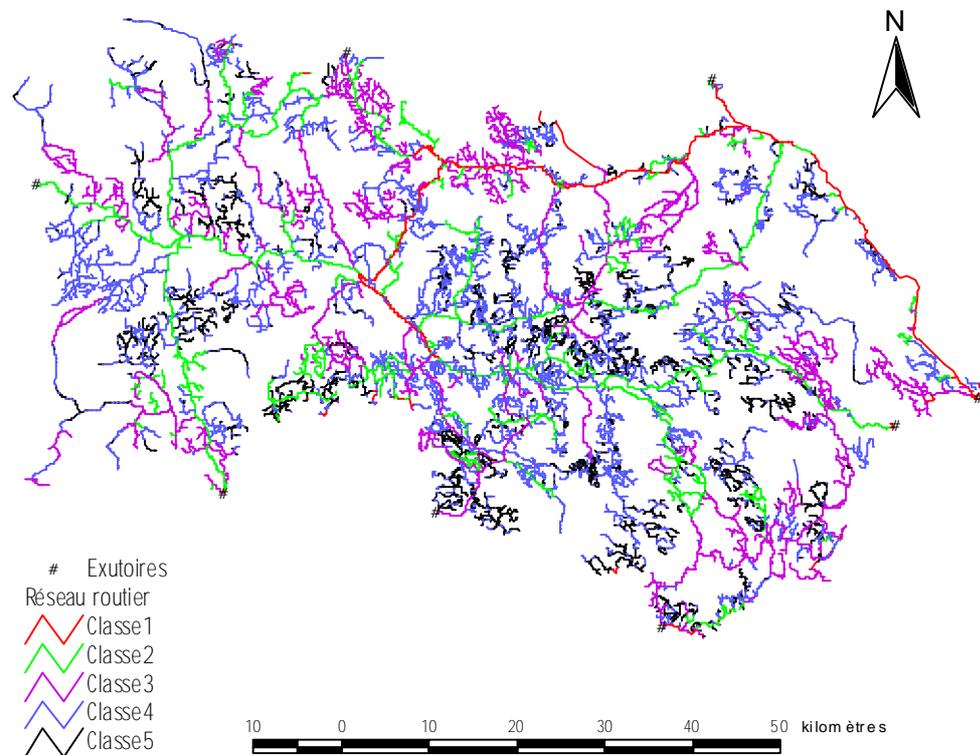


Figure 3. Modèle de réseau routier

3.5 Préparation de la table des contiguïtés

Nous avons établi la table des contiguïtés en présentant tous les voisinages adjacents qui existent entre tous les sous-compartiments. Pour ce faire, nous avons pris la couverture des sous-compartiments de Arc-View et l'avons traduite en format Arc-Info. Le format Arc-Info donne automatiquement la topologie de lignes d'une couverture de polygones et dans cette topologie de lignes, les relations de voisinage entre les polygones sont automatiquement données.

3.6 Traduction des informations de simulations en provenance de Sylva II

Pour chaque polygone forestier, nous avons associé une strate d'aménagement correspondante provenant de la simulation sur Sylva II du calcul de possibilité de l'aire commune 073-01. Pour ce faire, la strate cartographique du peuplement était mise en relation avec la strate d'inventaire et puis mis en relation avec la strate d'aménagement. Dans le cas de strates d'aménagement qui possédaient plus d'un scénario sylvicole, les peuplements étaient associés un ou l'autre des scénarios sylvicoles au hasard mais de façon à représenter les proportions de superficie associées à chaque scénario sylvicole. Comme Complan utilise des classe d'âge à âge unique, nous avons dû donner un âge moyen pour toutes les strates qui avaient un âge composé (c.-à-d. qu'il n'existe pas d'âge de strates inéquiennes ou irrégulières tel que les 3070 ou les VIN dans Complan).

Pour chaque strate d'aménagement, nous avons développé des courbes de rendement dans lesquels nous observions la variation des volumes par classes d'essences en fonction de l'âge des peuplements. Cette courbe de rendement était développée sur un horizon de 250 ans. Cela a été fait pour permettre à des peuplements d'excéder l'âge de rotation et d'atteindre un statut de vieilles forêts. Pour les strates aménagées par sylviculture équienne, nous avons tout simplement utilisé les familles de courbes tels que données par Sylva II. Pour les strates aménagées par sylviculture inéquienne, nous avons utilisé le module d'accroissement par taux pour obtenir les volumes par groupes d'essences et par produits sur une rotation de jardinage. Comme GIS-Complan utilise des courbes de rendement qui doivent partir de l'âge 0, une interpolation a été nécessaire pour obtenir les informations entre 0 et l'âge actuel des strates jardinées.

Cet exercice a résulté en une multitude de courbes de rendement. Nous devons donc simplifier cela et réduire le nombre de courbe de rendement. Pour ce faire, nous avons regroupé plusieurs des courbes de rendement ensemble en effectuant une analyse de groupement qui utilisait les volumes par essence comme descripteurs de similarité. Grâce à cet exercice, le nombre de courbes de rendement de base est passée 317 courbes à 48 (Tableau 2).

Tableau 2. Liste des courbes de rendement utilisées

No. de groupe	Groupe	Superficie (ha)	Système sylvicole	Nombre de strates d'aménagement
2	EPG, volume élevé	4245	CPRS	10
6	CE, volume élevé	9028	CPRS	9
7	PRPR, volume élevé	203	Coupe progressive	1
10	PB+BB, volume élevé	7840	Coupe progressive	26
14	EE, volume faible	18268	CPRS	12
15	PGE, volume moyen	4001	CPRS	8
17	EPG, volume moyen	12858	CPRS	12
19	SPB, volume moyen	3372	CPRS	2
21	PER, volume élevé	12119	CPRS	13
22	EE, volume faible	27974	CPRS	13
23	RE, volume faible	3318	CPRS	8
24	RE, volume faible	7266	CPRS	5
25	RBB, volume faible	3256	CPRS	7
26	RFI, volume faible	20550	CPRS	19
27	RBB, volume moyen	6966	CPRS	3
28	BBS, volume élevé	7312	CPRS	4
29	BBR, volume moyen	7409	CPRS	4
30	BBR, volume moyen	9360	CPRS	9
31	RBB, volume faible	8525	CPRS	12
31	RBB, volume faible	3468	Coupe progressive	3
32	BBR, volume faible	16293	CPRS	10
33	ERFT, volume faible	6896	CPRS	8
33	ERFT, volume faible	1247	Coupe progressive	1
34	BJ, volume faible	4297	CPRS	6
35	FT, volume faible	18663	CPRS	12
36	FI, volume faible	12287	CPRS	12
37	BBR, volume faible	17702	CPRS	11
39	BBR, volume faible	9801	CPRS	4
40	BB, volume moyen	20050	CPRS	4
41	PB+BB, volume élevé	2182	Coupe progressive	3
42	BJ, volume faible	4366	Jardinage	5
43	BJ, volume faible	4101	Jardinage	2
44	BJ-C, volume faible	1467	Jardinage	4
45	BJ, volume faible	12425	Jardinage	2
46	BJ, volume faible	7220	Jardinage	3
47	CBJ-, volume faible	7435	Jardinage	6
48	BJ+C, volume faible	14512	Jardinage	4
49	BJ, volume faible	4448	Jardinage	3
51	ERBJ, volume moyen	2121	Jardinage	7
53	ER, volume faible	1471	Jardinage	4
55	ERBJ, volume faible	8433	Jardinage	5
56	ERBJ, volume moyen	5272	Jardinage	2
57	ERBJ, volume moyen	3818	Jardinage	5
58	FTR, volume faible	2762	Jardinage	2
59	ERBJ, volume faible	14072	Jardinage	2
60	ERBJ, volume faible	6218	Jardinage	3
62	ER, volume moyen	2676	Jardinage	6
63	ER, volume élevé	554	Jardinage	1

* Les courbes de chacun des groupes sont présentés à l'Annexe 1

Une définition des types d'habitat a été utilisée pour faciliter l'analyse de connectivité. Le type d'habitat est assigné à chaque peuplement à un moment donné de la simulation. Il généralise sa composition en six types (Tableau 1) et en 5 stades de développement. Ces stades sont : semis, gaulis, perchis, futaie, et vieilles forêts. Pour chaque courbe, on peut voir à partir de quel âge une strate change de stade de développement (Annexe 1).

La simulation des scénarios sylvicoles a été effectuée en respectant les stratégies sylvicoles mises dans Sylva II sans toutefois inclure les éclaircies. Le volume provenant d'éclaircies commerciales étant plutôt faible (environ 6000 m³) en proportion à la possibilité totale (environ 523 000 m³), cela a peu d'impact sur notre analyse. Dans le cas des coupes de jardinage, 30% du volume était récolté et la rotation avant le prochain passage était selon les rotations mises dans Sylva II pour assurer le renouvellement du volume. Dans le cas des peuplements sous régime de coupe progressive, 50% du volume était récolté au premier passage et le reste du volume était récolté au second passage. À noter que dans ce cas, on assume que la régénération s'établit dès la réalisation de la première coupe, sans délai. Pour les peuplements en sylviculture équienne qui sont dans les lisières boisées, nous avons permis une récolte 50 % de leur volume lorsque le bloc adjacent était récolté. Ainsi, subséquemment, le développement du peuplement résiduel se faisait selon la courbe de rendement de base mais avec seulement 50% du volume.

4 Préparation des paramètres de simulation pour les scénarios

4.1 Priorités de récolte

La priorité de récolte a été contrôlée à l'aide de deux paramètres. Le paramètre prioritaire était l'âge excédant l'âge de rotation défini dans le scénario sylvicole. Grâce à ce paramètre, plus un peuplement excédait son âge de rotation plus il devenait prioritaire de le récolter. Le paramètre secondaire était de minimiser les pertes de croissance en volume.

4.2 Niveaux de récolte

Nous avons ciblé les niveaux de récolte pour chaque scénario en établissant un rendement soutenu maximal sur l'ensemble de l'horizon (150 ans) après plusieurs essais successifs. Il faut mentionner que peu d'effort de normalisation a été fait pour combler les ruptures de stock. On supposait ainsi que les stratégies sylvicoles déjà proposées dans la simulation Sylva II minimisaient les ruptures de stock.

4.3 Règles de répartition spatiale

Puisque le but de ce projet est d'évaluer l'effet de la répartition spatiale, les scénarios ont été développés pour refléter différents régimes de répartition spatiale. Les règles qui ont permis le contrôle de la répartition spatiale concernent le contrôle des accès aux compartiments, les règles de contiguïté des blocs de coupe, la superficie maximale des blocs de coupe et les règles d'agrégation des blocs de coupe.

4.3.1 Le contrôle des accès aux compartiments

La répartition spatiale de deux scénarios sur quatre comportait un contrôle sur l'accès aux compartiments. Ce contrôle des accès aux compartiments s'est fait de façon à reproduire la migration passée des secteurs de coupe. Pour ce faire, nous avons considéré l'historique passé des compartiments qui avaient fait l'objet de coupes. En ce qui concerne les compartiments qui n'avaient pas encore fait l'objet de récolte, nous avons évalué la disponibilité des volumes à venir par compartiment afin de leur attribuer une période de disponibilité. Pour les compartiments de

peuplements équiennes, ceux-ci étaient disponibles pendant 30 ans et fermés pendant 60 ans. Ce choix est basé sur une rotation moyenne utilisée pour ces peuplements. Ainsi, avec ce régime de contrôle, un peuplement pouvait être disponibilisé sur les 30 dernières années de sa rotation. Pour les compartiments de peuplements inéquiennes, afin de limiter l'étendue des opérations de récolte sur le territoire, ceux-ci étaient disponibles pendant 45 ans et fermer pendant 45 ans. On a tenté d'arrimer spatialement les disponibilités des compartiments équiennes et inéquiennes afin que les opérations de récolte soient le plus possible intégrées pour ainsi limiter les coûts (Figure 4).

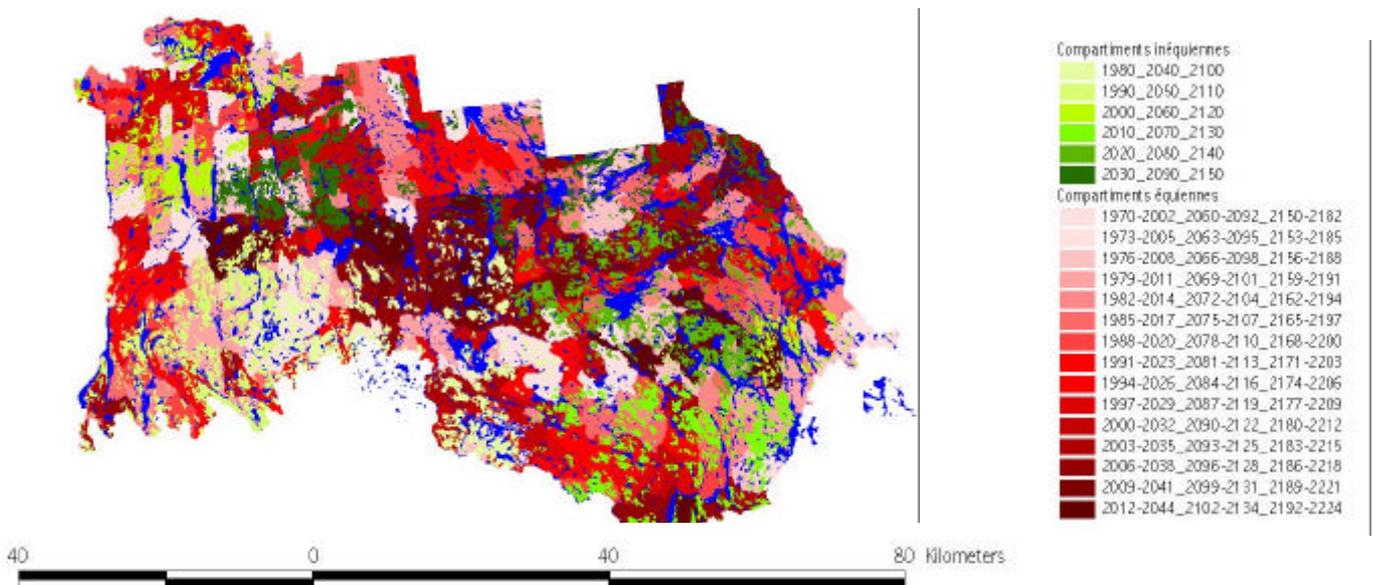


Figure 4. Date d'ouvertures des compartiments équiennes et inéquiennes pour les scénarios qui impliquent le contrôle de la disponibilité des compartiments dans l'aire commune 73-01.

4.3.2 Les règles de contiguïté des blocs de coupe

Les scénarios « *Bandes séparatrices* » et « *Mosaïque* » étaient tous deux contraints par une règle de contiguïté des blocs de coupes. Cette contrainte consistait à ne permettre une coupe de type CPRS seulement si tous les peuplements adjacents étaient âgés d'au moins 10 ans.

4.3.3 Les règles de superficie maximale des blocs coupés

Pour le scénario *Mosaïque* une superficie maximale des blocs coupés de 50 ha par an était définie alors qu'elle était de 100 ha par an pour le scénario *Bandes Séparatrices*.

4.3.4 Les règles d'agrégation des secteurs de coupe

Des règles d'agrégation ont été établies pour permettre aux blocs adjacents de former une aire de coupe plus grande (secteur de coupe). Pour le scénario *Mosaïque* une superficie maximale des secteurs coupés de 50 ha était définie alors qu'elle était de 300 ha par an pour le scénario Bandes Séparatrices. Ainsi, une fois un sous-compartiment choisi, un autre sous-compartiment adjacent pouvait être ajouté si les conditions de contiguïté et de superficie maximale des secteurs de coupe étaient remplies. Dans le cas où plusieurs sous-compartiments lui étaient adjacents, la priorité allait à celui qui partageait le plus de frontière commune avec le premier sous-compartiment choisi. Le second critère était la priorité de récolte tel que définie dans la section 4.1.

4.4 Contrôle de la simulation

Les simulations ont été effectuées sur un horizon de 150 ans, avec un pas de 1 an. Les résultats sont présentés par période de 10 ans.

5 Développement des modèles d'indicateurs

5.1 Indicateurs de connectivité

Le calcul des indicateurs de connectivité s'est effectué en mode matriciel dans le système d'information géographique Arc View à l'aide de l'extension Spatial Analyst. La dimension du pixel utilisé avait 25 m de côté.

Pour les quatre scénarios évalués, une carte était développée pour les habitats de coupe (stade semis) et les habitats de vieux peuplements résineux. La connectivité de ces habitats a été évaluée pour 5 niveaux de déplacement entre les habitats. Ces niveaux sont 0m, 50 m, 200 m, 500 m, et 1000 m. L'utilisation de plusieurs niveaux de déplacement permet de caractériser la connectivité entre les habitats pour des animaux ayant différentes capacités de déplacement. Par exemple, un orignal pourra facilement se déplacer entre deux habitats distants de 500 m sans pour autant courir un risque élevé alors que pour un campagnol à doux roux de Gapper, une telle distance en environnement hostile aurait de forte chance de lui être fatale. Pour considérer deux habitats connectés, ceux-ci devaient donc se trouver en-deça de la distance du niveau de déplacement définie.

Pour évaluer la connectivité, nous avons comparé la distribution de la superficie en habitat dans huit classes de taille d'habitat connecté. Ces tailles étaient : 0-10 ha, 11-25 ha, 26-50 ha, 51-100 ha, 101-200 ha, 201-500 ha, 501-1000 ha, >1000 ha. Ainsi, lorsque deux habitats spatialement distincts étaient connectés à niveau de déplacement donné, la somme de leurs superficies était calculée et ensuite attribuée à la classe de taille lui correspondant. Par exemple, dans la Figure 5, avec le niveau de déplacement de gauche, les habitats 1, 2, 3, 4 et 5 sont disjoints. Ainsi, la superficie de l'habitat 3 ira dans la classe 0-10 ha, celle de l'habitat 2 dans la classe de taille 11-25 ha et les 3 autres (1, 4, et 5) dans la classe de taille de 51-100 ha. Cependant, avec le niveau de déplacement de droite, tous ces habitats sont connectés et la somme de leur superficie s'additionne pour contribuer à la classe de taille 201-500 ha.

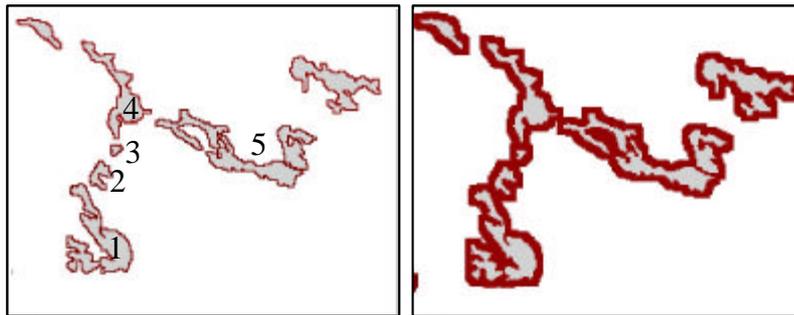


Figure 5. Exemple d'évaluation de la connectivité.
Voir le texte ci-haut pour les explications.

5.2 Indicateurs de rentabilité économique

Pour la rentabilité économique, nous avons calculé les revenus obtenus de la récolte du bois (RB\$), les coûts occasionnés par celle-ci (CR\$) et les coûts occasionnés pour le maintien du réseau routier (CC\$). Les revenus et les coûts sont calculés pour les bois au bord du chemin et non pour les bois rendus à l'usine. La rentabilité économique est donc obtenue en divisant les revenus par les coûts ($RB\$/ (CR\$ + CC\$)$). Les sections qui suivent décrivent comment les valeurs ont été obtenues.

5.2.1 Les revenus au bord du chemin

Les revenus obtenus de la récolte du bois (RB\$), valeur au bord de chemin ont été calculés de la façon suivante. Nous avons utilisé la matrice des produits qui était dans la simulation du calcul de la possibilité de l'aire commune 073-01 pour avoir les volumes répartis par classes de produits par groupe d'essences. Cette matrice était directement entrée dans GIS-Complan. Les rapports de récolte de GIS-Complan nous donnait donc directement les volumes par groupes d'essences par classes de produit. Les groupes d'essences étaient définis par souci de respecter la valeur des bois.

Pour la valeur des bois au chemin nous avons utilisé les prix obtenus par la Forêt de l'Aigle (FA). La FA vend ses produits au bord du chemin sur le marché libre en enchères, ce qui donne une bonne approximation de la valeur réelle des bois (Tableau 3). Ces prix sont une moyenne sur 4 dernières années.

Tableau 3. Prix offerts au chemin pour les bois des différents produits pour la Forêt de l'Aigle

Groupe d'essences	Essences	Prix offerts		
		Déroulage (\$/m ³)	Pâte (\$/m ³)	Sciage (\$/m ³)
Auf	Fra, Tia, Heg, Osv	145.0	23.5	55.3
BOU	Boj, Bop, Chr	257.3	44.0	80.0
ER	Ers, Err	145.0	44.0	70.0
PE	Pet, Peb, Peg	50.0	34.0	32.0
PIN	Pib, Pir	0.0	26.0	85.0
SEPM	SEPM	0.0	20.0	60.0
THO	Tho	0.0	20.0	55.0

5.2.2 Les coûts de récolte

Pour les coûts de récolte, nous avons utilisé les coûts associés à la planification, à la récolte et à l'ouverture des chantiers. Ceux-ci ont été distingués selon le système sylvicole, et donc le type de coupe utilisée (Tableau 4). Les coûts ont été ramenés au m³ de bois. Les crédits sylvicoles offerts pour les travaux de jardinage ont été comptabilisés comme un coût négatif (donc un revenu!).

Tableau 4. Coûts (\$/m³) associés aux activités de récolte de bois

Type de coût	Type de coupe	
	Coupe de jardinage	CPRS
Planification (\$/m ³)	5.70	2.75
Récolte (\$/m ³)	28.50	23.00
Crédit sylvicole (\$/m ³)	-240.00	

5.2.3 Les coûts d'ouverture

Nous avons évalué qu'il en coûtait 1500\$ pour ouvrir un nouveau chantier de récolte. Cela inclus le déplacement de la machinerie et des équipes, la construction des installations de fonctionnement pour la récolte (aires d'empilement, reculons, etc.). Pour évaluer ce coûts, nous avons calculé 1500\$ pour chaque compartiment ouvert lors d'une période de 10 ans.

5.2.4 Les coûts de construction et de maintien des chemins

Le réseau routier totalise plus de km de chemin (Tableau 5). Pour les coûts liés au maintien du réseau routier, nous avons utilisé les coûts de construction, coût de réactivation (réfaction), et d'entretien annuel (Tableau 5). La réactivation d'un chemin est nécessaire lorsque la durée de vie du chemin depuis sa construction est dépassée. Pour tous les chemins existants, nous avons fixé l'année de construction à l'année de la dernière coupe effectuée dans le compartiment dans lequel se trouve le segment de chemin. Pour les autres chemins, leur construction arrivait selon l'ouverture des compartiments et des sous-compartiments ordonné par les années de contrôle d'accès et la priorité de la récolte.

Tableau 5. Coûts associés au maintien du réseau routier selon la classe de chemin

Classe de chemin	1	2	3	4	5
Type de chemin	Primaire	Secondaire	Tertiaire	Forestier (été)	Forestier (hiver)
Durée de vie (ans)	300	15	12	10	1
Construction(\$/km)	45000	35000	25000	13500	6250
Réactivation(\$/km)	45000	35000	12500	6750	6250
Entretien (\$/km)	400	400	400	200	1000
Longueur (km)	118.5	681.0	1141.9	1855.6	834.9

6 Résultats

6.1 Indicateurs de rentabilité économique

6.1.1 Le volume récolté

Le niveau de récolte à rendement soutenu diffère peu entre les régimes de répartition spatiale mais beaucoup entre les scénarios où il y a contrôle de l'accès aux compartiments ou pas (Tableau 6). Les scénarios dont l'accès aux compartiments pour la récolte est contrôlé ont un rendement soutenu correspondant à 69% du rendement soutenu des scénarios avec accès illimité. Cette différence est d'autant plus importante pour le scénario « *Mosaïque* ». Les deux scénarios qui n'ont pas de contrôle de l'accès aux compartiments pour la récolte ont un rendement soutenu qui se rapproche de la possibilité qui a été calculé à l'aide de Sylva II pour le territoire, quoique légèrement inférieur (Tableau 6). Cette légère différence peut correspondre au volume provenant des éclaircies commerciales.

Tableau 6. Niveau de récolte à rendement soutenu pour l'AC 73-01 selon les quatre scénarios de répartition spatiale

Scénario	Rendement soutenu (m ³ /an)	% de la possibilité PGAF
<i>Bandes sép.</i> – accès limité	387 489	74
<i>Bandes sép.</i> – accès illimité	513 217	98
<i>Mosaïque</i> - accès limité	320 214	61
<i>Mosaïque</i> - accès illimité	517 749	99

6.1.2 Les revenus

Le territoire génère des revenus de bois brut, au bord du chemin, de 172 M\$ à 269M\$ selon le scénario (

Tableau 7). La majorité des revenus proviennent du bois de sciage (65.7%) et du bois de pâte (28.8%). Lorsque ramené au m³, le scénario « *Mosaïque avec accès limité* » est celui qui génère le bois de plus grande valeur, dû à une plus grande représentativité des bois de déroulage et de sciage. Ces revenus sont plutôt stables tout au long de la simulation comme l'indique l'écart type des revenus totaux.

Tableau 7. Revenus par produits (M\$/ 10 ans)

	<i>Bandes séparatrices</i> Accès limité	<i>Bandes séparatrices</i> Accès illimité	<i>Mosaï que</i> Accès limité	<i>Mosaï que</i> Accès illimité
Déroulage	6.521	5.620	6.436	5.634
Sciage	136.590	171.749	114.939	174.687
Pâte	56.764	81.743	45.692	81.494
Crédits sylvicoles jardinage	4.825	7.621	4.635	7.621
Total	204.83 ±1.9	266.73 ±1.8	171.85 ±2.4	269.44 ±1.9
\$/m³ récolté	52.86	51.97	53.67	52.04

Le volume extrait à l'hectare varie aussi entre les scénarios. Le volume récolté en CPRS et CPE est le plus élevé par hectares avec le régime de répartition spatiale «*Mosaï que* avec accès illimité » (Tableau 8).

Tableau 8. Volume (m³) extrait (moyenne ± %écart type) par hectare selon le système sylvicole et selon le scénario de répartition spatiale.

	<i>Bandes séparatrices</i> accès limité		<i>Bandes séparatrices</i> accès illimité		<i>Mosaï que</i> accès limité		<i>Mosaï que</i> accès illimité	
CPRS	123.96	±3.61	122.15	±3.57	121.38	±8.24	125.61	±3.53
CPE	88.99	±10.35	92.42	±10.95	87.79	±8.87	93.17	±14.76
Jardinage	34.34	±3.94	31.28	±2.01	34.67	±4.36	31.10	±1.33

6.1.3 Les coûts

La récolte

Les coûts de récolte sont très semblables entre les quatre scénarios puisqu'il n'existe qu'une différence de 0.36\$ entre le scénario le plus et le moins coûteux (Tableau 9). Les frais

d'ouverture de chantier sont effectivement plus élevés dans les scénarios pour lesquels il n'y a pas de contrôle d'accès des compartiments mais cette différence n'est à peu près pas significative sur les coûts totaux de récolte compte tenu de leur faible importance.

Tableau 9. Coûts totaux et coûts répartis par m³

	<i>Bandes séparatrices</i> Accès limité	<i>Bandes séparatrices</i> Accès illimité	<i>Mosaïque</i> Accès limité	<i>Mosaïque</i> Accès illimité
<i>Récolte</i>				
Planification (\$/m ³)	3.27	3.30	3.37	3.29
Récolte (\$/m ³)	23.92	23.87	24.15	23.83
Ouverture de chantier (\$/m ³)	0.05	0.10	0.07	0.10
Total (\$/m³)	27.24	27.26	27.58	27.22
<i>Maintien du réseau routier</i>				
Longueur active (10 ⁶ km/10 ans)	1.956	2.704	2.099	2.853
Construction (\$/m ³)	0.82	0.62	0.99	0.62
Réactivation (\$/m ³)	5.71	5.69	7.30	5.88
Entretien (\$/m ³)	1.65	1.76	2.12	1.81
Total (\$/m³)	8.18	8.17	10.41	8.31
Grand total (\$/m³)	35.42	35.33	38.00	35.53

Le maintien du réseau routier

Les coûts associés au maintien du réseau routier sont à peu près 3 fois moindres que ceux liés à la récolte (Tableau 9). Les scénarios avec accès illimité aux compartiments nécessitent un réseau routier beaucoup plus important, tel qu'exprimé par une longueur totale en chemins actifs par période de 10 ans de beaucoup supérieure (de 36 à 38%). Cependant, lorsque les coûts sont ramener au m³, les coûts sont moindres pour les scénarios dont l'accès au volume de bois n'est pas contraint. Il est cependant important de noter que pour le réseau routier, l'investissement est plus important au début de la simulation. Plus particulièrement, pour la coupe *Mosaïque*, l'investissements est de l'ordre de 3.56\$/m³ de plus pour les premiers 10 ans que la moyenne sur

les autres périodes de l'horizon. Cette différence est de l'ordre de $2.50\$/m^3$ pour les scénarios *Bandes séparatrices* (Figure 6).

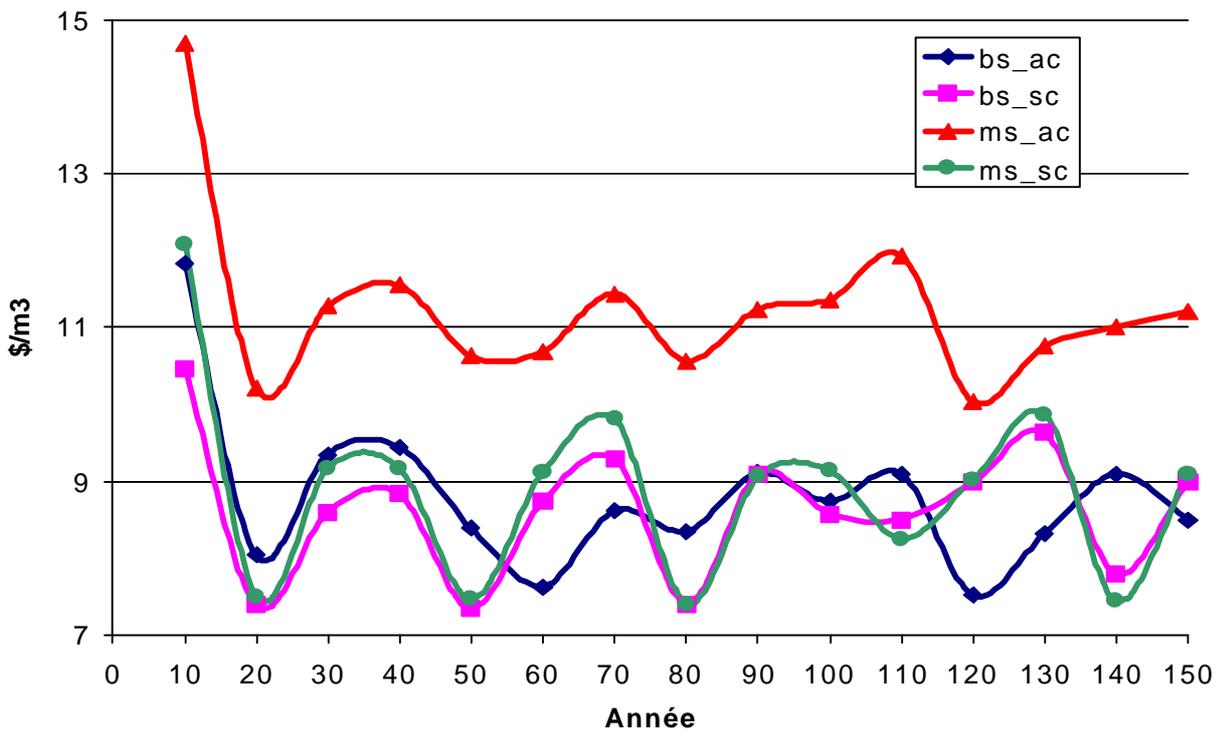


Figure 6. Variation du coût au m³ tout au long de la simulation selon le scénario d'aménagement.

(bs_ac : *Bandes séparatrices* accès limité, bs_sc : *Bandes séparatrices* accès illimité, ms_ac : *Mosaï que* accès limité, ms_sc : *Mosaï que* accès illimité)

6.1.4 La rentabilité économique

En ramenant les revenus divisés par les coûts il est possible d'obtenir une information sur la rentabilité économique des différentes options comparées. On observe que la rentabilité du scénario de répartition spatiale *Bandes séparatrices* est plus rentable lorsque l'accès est limité alors que l'inverse s'observe pour le scénario *Mosaï que* (Tableau 10). Cette différence de rentabilité entre le fait que l'accès soit contrôlé ou pas est d'autant plus marquée pour le scénario *Mosaï que*. Ainsi, pour chaque dollar investi, le scénario *Mosaï que* avec accès limité générera 6¢ de plus que le scénario *Mosaï que* avec accès illimité. En comparant les deux régimes de répartition spatiale (*Bandes séparatrices* et *Mosaï que*), on observe une différence de rentabilité seulement lorsque l'accès est limité. Cette différence est de l'ordre de 8¢ de revenu par dollar investi.

Tableau 10. Données de la rentabilité économique (moyenne \pm %écart type).

	<i>Bandes séparatrices Accès limité</i>	<i>Bandes séparatrices Accès illimité</i>	<i>Mosaï que Accès limité</i>	<i>Mosaï que Accès illimité</i>
Revenus (M\$/m ³)	20.47 \pm 1.9%	26.67 \pm 1.8%	17.17 \pm 2.3%	26.94 \pm 1.9%
Coûts (M\$/m ³)	13.72 \pm 2.6%	18.13 \pm 3.0%	12.17 \pm 2.5%	18.40 \pm 4.5%
Ratio Revenus/Coûts	1.49 \pm 3.7%	1.47 \pm 3.1%	1.41 \pm 4.0%	1.47 \pm 4.6%

Dû au coûts supérieurs liés au maintien du réseau routier en début de simulation, la rentabilité économique des scénarios y est plus basse, mais se stabilise rapidement par la suite (Figure 7).

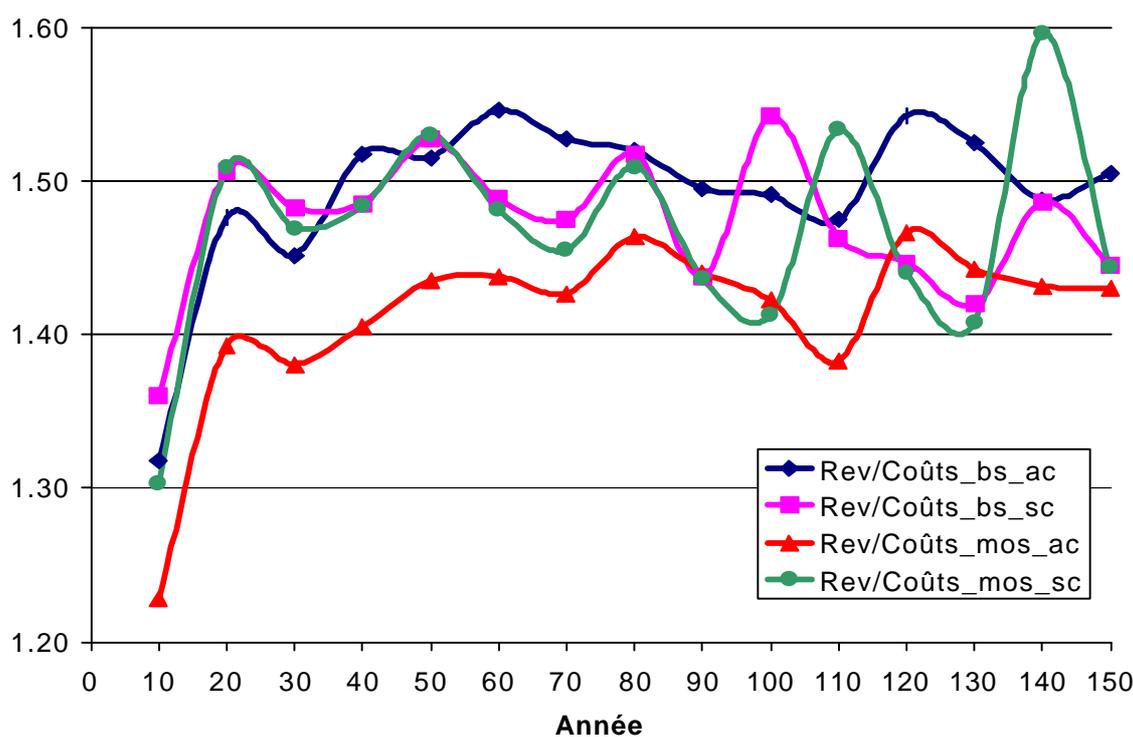


Figure 7. Variation du ratio revenus/coûts tout au long de la simulation selon le scénario d'aménagement.

(bs_ac : *Bandes séparatrices* accès limité, bs_sc : *Bandes séparatrices* accès illimité, ms_ac : *Mosaï que* accès limité, ms_sc : *Mosaï que* accès illimité)

6.2 Indicateurs de connectivité

6.2.1 Proportion en habitat

Pour tous les scénarios, dès le début de la simulation, on assiste à une réduction flagrante de la superficie en habitat au stade de semis (Figure 8) suivi d'une stabilisation vers 50 ans. On passe à près de 59 000 ha en habitat de semis à des superficies variant de 21 000 à 34 000 ha selon le scénario. Les scénarios dont la possibilité est la plus élevée (les deux scénarios avec accès illimité) sont ceux qui génèrent le plus d'habitat au stade semis (bandes séparatrices accès illimité : 37864 ha \pm 8127 ha, mosaïque accès illimité: 39079 ha \pm 7771 ha, bandes séparatrices accès limité : 31428 ha \pm 9208 ha, mosaïque accès limité: 27189 ha \pm 10355 ha).

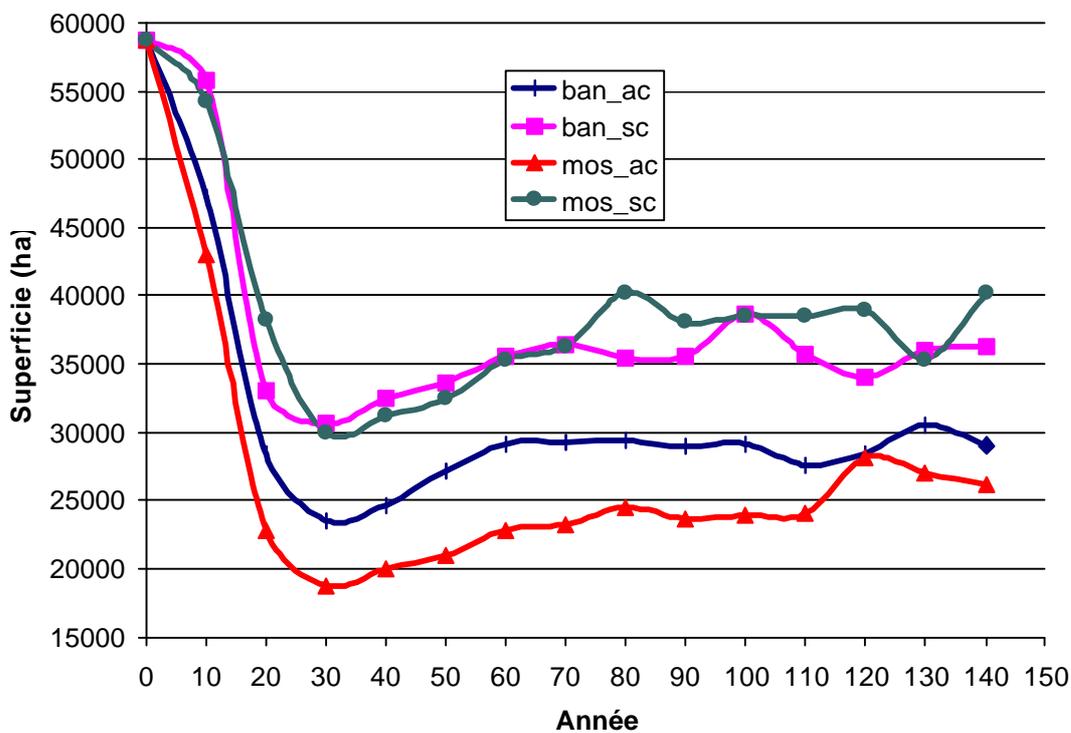


Figure 8. Variation de la superficie en habitat au stade semis tout au long de la simulation selon les quatre scénarios d'aménagement comparés.

(ban_ac : Bandes séparatrices accès limité, ban_sc : Bandes séparatrices accès illimité, mos_ac : Mosaïque accès limité, mos_sc : Mosaïque accès illimité)

En ce qui concerne l'habitat en vieux peuplements résineux, leur superficie totale double dès le début pour suivre après cela un comportement fort différent selon les scénarios (Figure 9).

Pour les scénarios avec accès illimité, on assiste suite à cette augmentation à une réduction graduelle pour ensuite se stabiliser autour de 5000 ha. Au contraire, en limitant l'accès aux compartiments, on permet à ce type d'habitat d'augmenter en importance, de 3 à 4 fois plus que pour les scénarios avec accès illimité (bandes séparatrices accès illimité : 7577 ha \pm 3854 ha, mosaïque accès illimité: 7664 ha \pm 3200 ha, bandes séparatrices accès limité : 13472 ha \pm 3200 ha, mosaïque accès limité: 18266 ha \pm 6027 ha). Cela est particulièrement vrai pour le scénario *Mosaïque*.

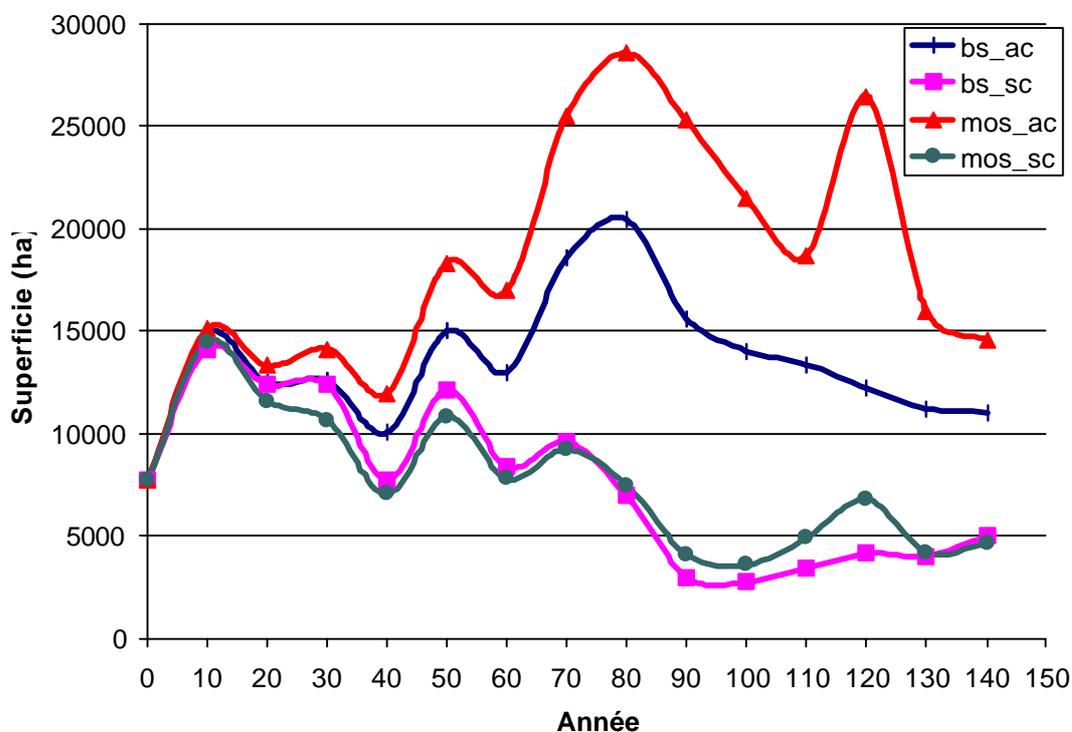


Figure 9. Variation de la superficie en habitat de vieux résineux tout au long de la simulation selon les quatre scénarios d'aménagement comparés.
(bs_ac : *Bandes séparatrices* accès limité, bs_sc : *Bandes séparatrices* accès illimité, mos_ac : *Mosaïque* accès limité, mos_sc : *Mosaïque* accès illimité)

6.2.2 Analyse de la connectivité

En plus d'avoir un effet sur la quantité en habitat, les différents régimes d'aménagement comparés ont aussi un effet sur la répartition spatiale. On remarque l'effet sur le grain de la

contrainte de superficie entre les scénarios *Bandes séparatrices* et *Mosaïque* ainsi que la différence d'agglomération /dispersion occasionnée par l'effet du contrôle de l'accès aux compartiments (Figure 10).

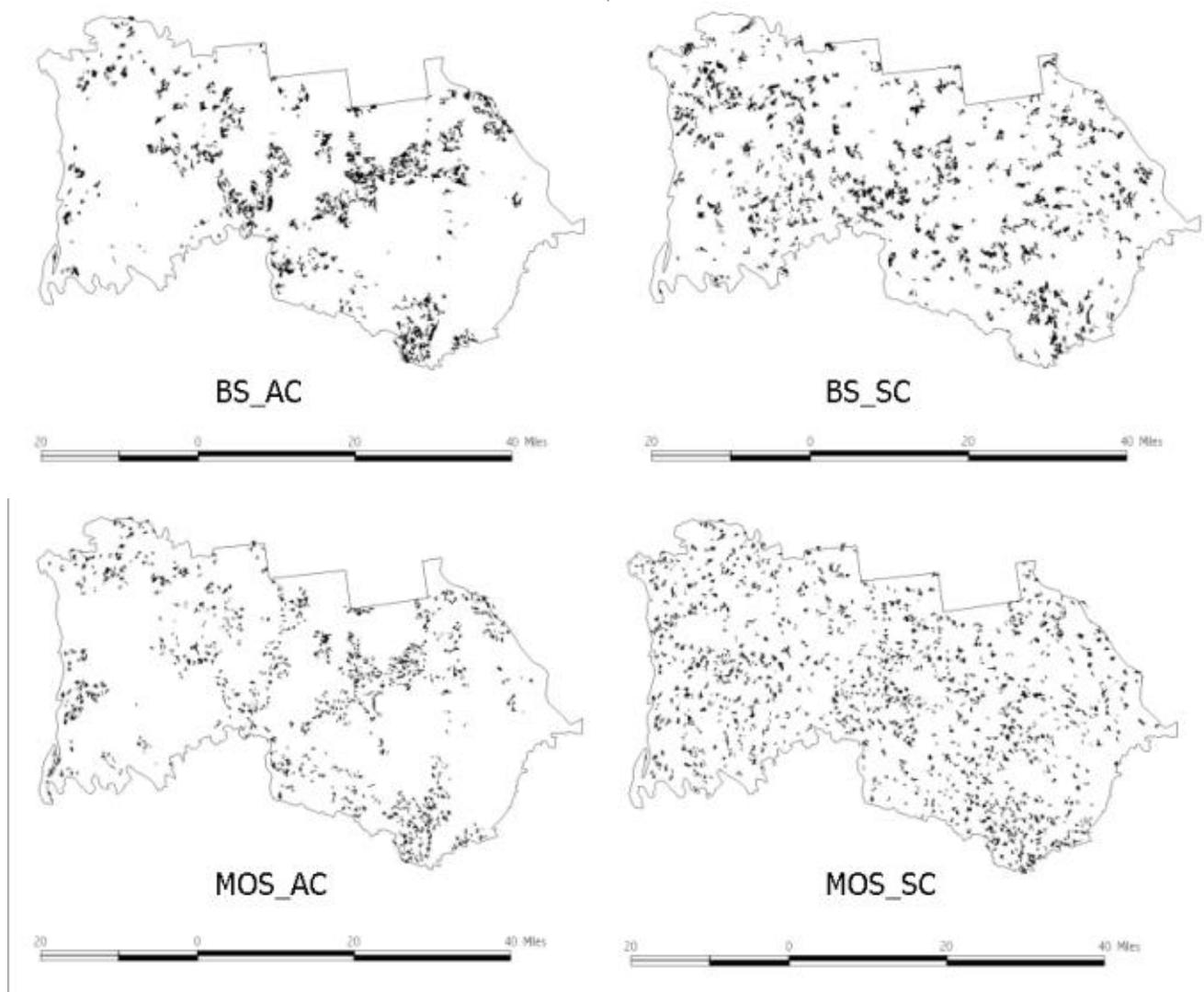


Figure 10. Distribution des habitats au stade semis pour les quatre scénarios de répartition spatiale comparés à la fin de la période 2040-2050 ans.

(bs_ac : *Bandes séparatrices* accès limité, bs_sc : *Bandes séparatrices* accès illimité, mos_ac : *Mosaïque* accès limité, mos_sc : *Mosaïque* accès illimité)

La distribution spatiale des habitats de vieux peuplements résineux ne suit pas nécessairement celle des habitats au stade de semis. En effet, les scénarios d'aménagement se distinguent en tout premier lieu en terme de quantité d'habitat ayant pour résultat de ne pas refléter les patrons observés au stade semis (Figure 11). Ainsi, on observera une texture de répartition plus similaire pour les scénarios ayant le même régime de contrôle d'accès aux compartiments (Figure 11).

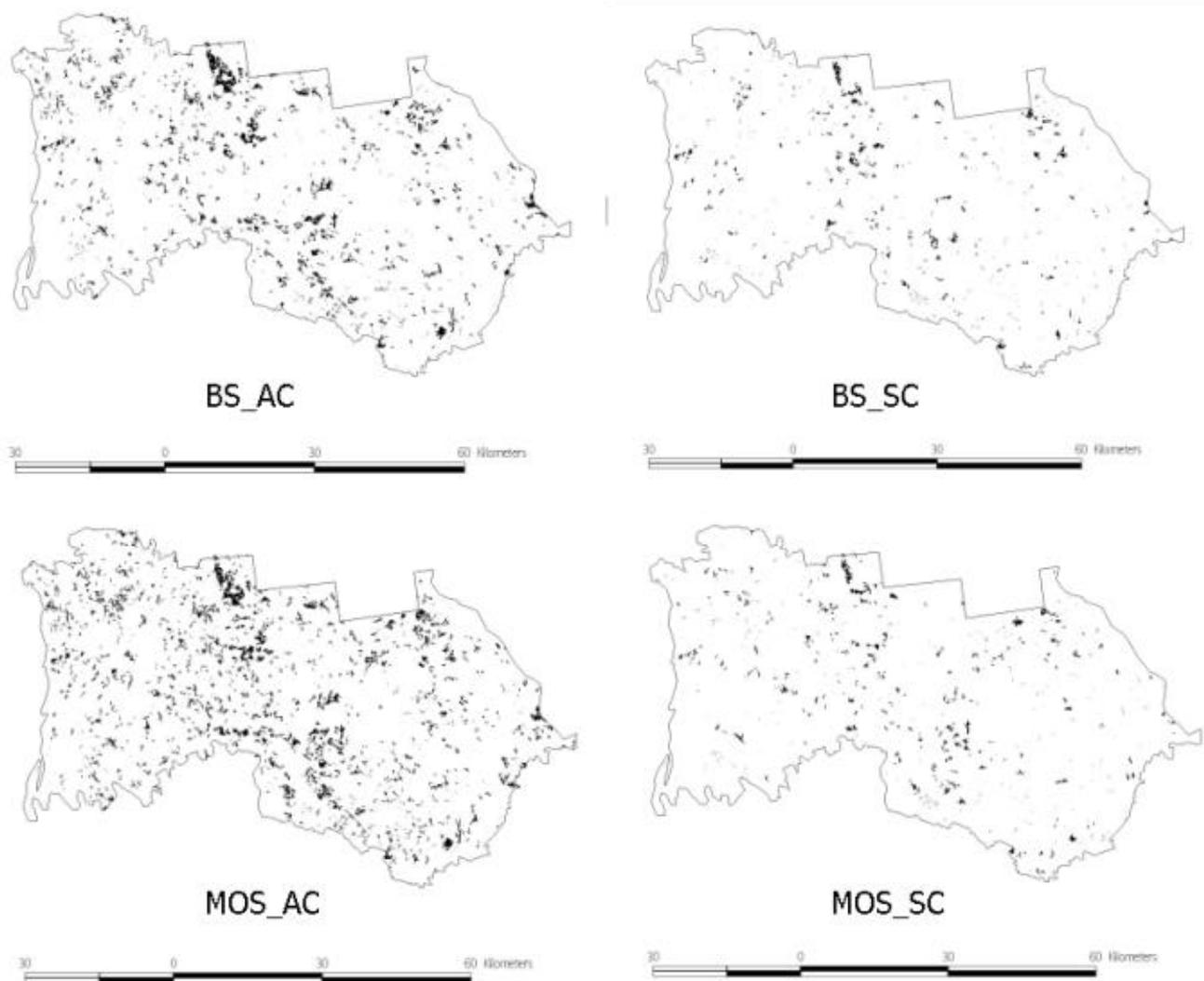


Figure 11. Distribution des habitats de vieux résineux pour les quatre scénarios de répartition spatiale comparés à la fin de la période 2070-2080 ans.

(bs_ac : *Bandes séparatrices* accès limité, bs_sc : *Bandes séparatrices* accès illimité, mos_ac : *Mosaïque* accès limité, mos_sc : *Mosaïque* accès illimité)

À cause de ces différences dans le grain et la dispersion des habitats, ces quatre régimes de répartition spatiale se traduisent par des histogrammes de superficie en habitat connecté qui diffèrent selon le niveau de déplacement considéré. Ainsi pour les habitats de stade semis, on observe en moyenne une plus grande importance des grands habitats pour les scénarios avec le régime de *Bandes séparatrices* (Figure 12). En effet, près du 2 tiers de la superficie totale en habitat au stade semis se trouve dans les classes de tailles de 200 ha et plus pour ce régime de répartition spatiale alors que seulement un tiers est observé pour le régime de répartition spatiale *Mosaïque*. Cependant, à cause de l'effet de dispersion de la coupe *Mosaïque*, la proportion en regroupement d'habitat connecté de grande superficie augmente plus rapidement avec l'augmentation du niveau de déplacement (Figure 13, Figure 14, Figure 15 et Figure 16). Ainsi, déjà avec un niveau de déplacement de 500 m, les habitats apparaissent également connectés, peu importe le scénario (Figure 15).

En ce qui concerne les habitats de vieux résineux, on observe en moyenne sur l'ensemble de la simulation seulement 2000 ha (sur un territoire de 471 191 ha!) de massifs d'habitat de vieux résineux de plus de 200 ha de superficie pour les scénarios avec accès illimité contrairement à plus de 4000 ha, soit le double, pour les scénarios avec accès limité (Figure 17). Cette différence d'importance en grands massifs de vieux peuplements de résineux se maintient même si on augmente le niveau de déplacement entre les habitats (Figure 18, Figure 19, Figure 20 et Figure 21). En effet, même avec un niveau de déplacement élevé (1000 m), les paysages résultant du régime avec accès illimité aux compartiments ne comportent que 5000 ha de regroupement connecté d'habitat de vieux résineux de plus de 200 ha (Figure 21).

Une analyse de covariance a permis d'évaluer la relation entre la quantité en massifs de plus de 200 ha en habitat vieux résineux et la possibilité, le régime de répartition spatiale et le contrôle d'accès aux compartiments. Le modèle hautement significatif ($P < 0.05$) démontre que le régime de contrôle d'accès aux compartiments explique 56% de la variance du modèle. Selon le modèle, le fait de contrôler l'accès aux compartiments permet une augmentation de 3450 ha. La possibilité explique un 27% supplémentaire de la variance. Selon ce modèle, pour chaque 435 m³ d'augmentation de la possibilité, on aurait 1 ha de moins en massifs de plus de 200 ha d'habitat de vieux résineux. Le régime de répartition spatiale quant à lui n'influence pas la quantité de massifs de plus de 200 ha d'habitat de vieux résineux.

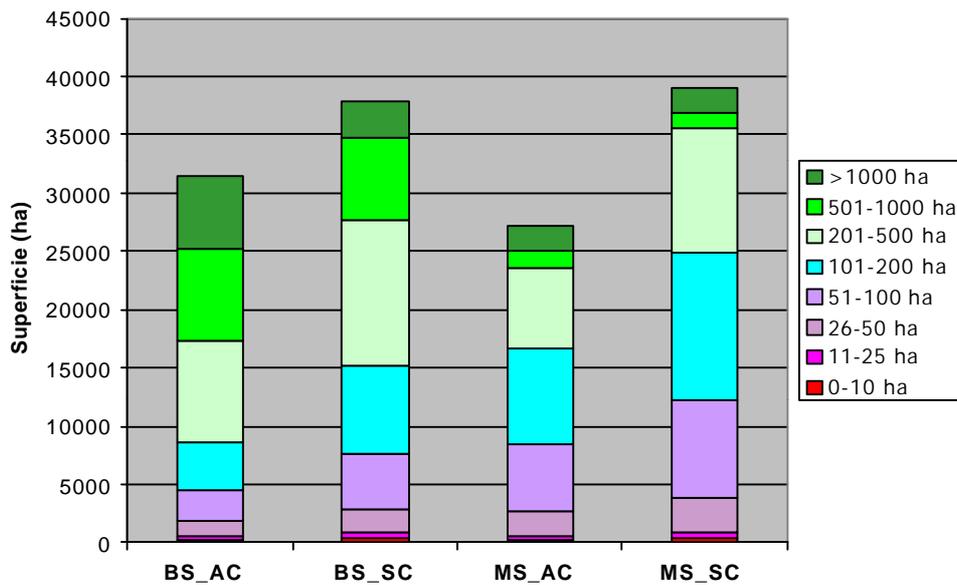


Figure 12. Superficie moyenne sur un horizon de 140 ans en différentes classes de taille (ha) d’habitat au stade semis pour quatre scénarios de répartition spatiale. (bs_ac : *Bandes séparatrices* accès limité, bs_sc : *Bandes séparatrices* accès illimité, ms_ac : *Mosaïque* accès limité, ms_sc : *Mosaïque* accès illimité).

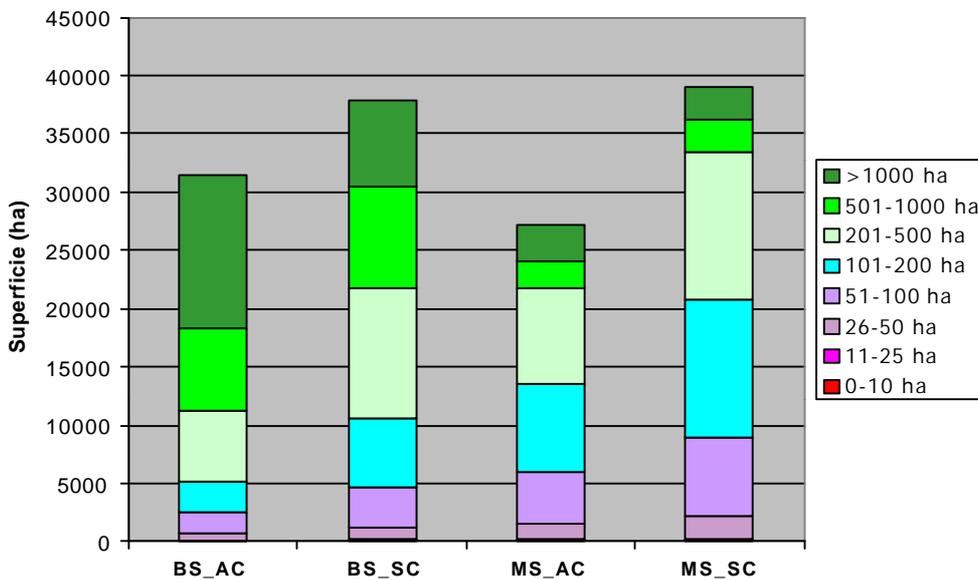


Figure 13. Superficie moyenne sur un horizon de 140 ans en différentes classes de taille (ha) d’habitat au stade semis connecté à un niveau de déplacement de 50 m pour quatre scénarios de répartition spatiale. (bs_ac : *Bandes séparatrices* accès limité, bs_sc : *Bandes séparatrices* accès illimité, ms_ac : *Mosaïque* accès limité, ms_sc : *Mosaïque* accès illimité).

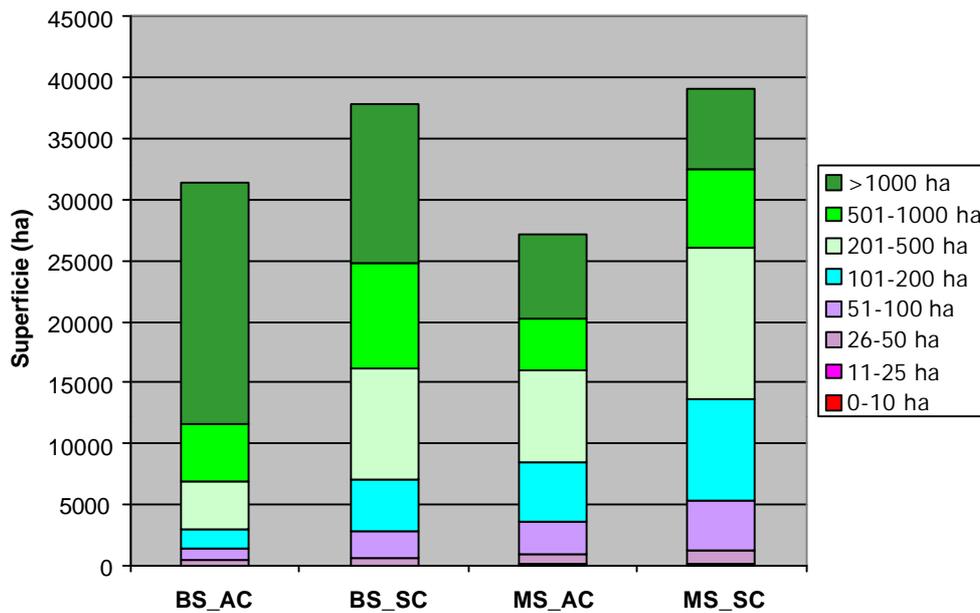


Figure 14. Superficie moyenne sur un horizon de 140 ans en différentes classes de taille (ha) d’habitat au stade semis connecté à un niveau de déplacement de 200 m pour quatre scénarios de répartition spatiale.

(bs_ac : *Bandes séparatrices* accès limité, bs_sc : *Bandes séparatrices* accès illimité, ms_ac : *Mosaïque* accès limité, ms_sc : *Mosaïque* accès limité).

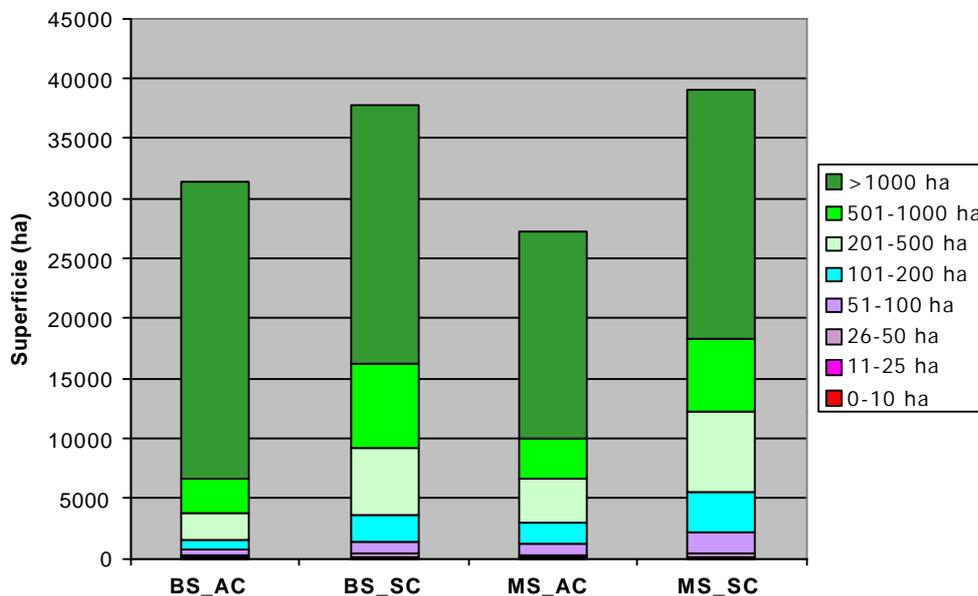


Figure 15. Superficie moyenne sur un horizon de 140 ans en différentes classes de taille (ha) d’habitat au stade semis connecté à un niveau de déplacement de 500 m pour quatre scénarios de répartition spatiale.

(bs_ac : *Bandes séparatrices* accès limité, bs_sc : *Bandes séparatrices* accès illimité, ms_ac : *Mosaïque* accès limité, ms_sc : *Mosaïque* accès limité).

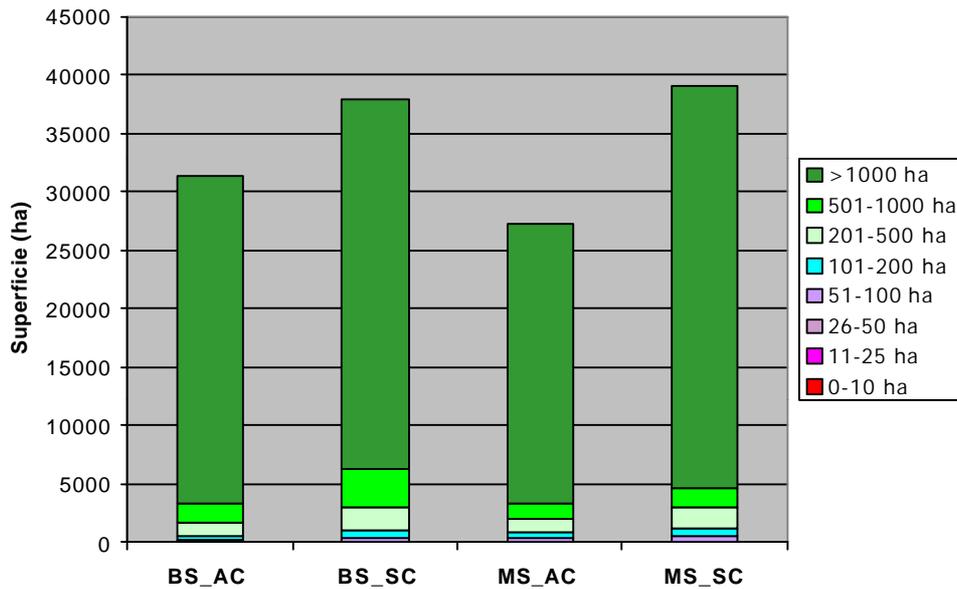


Figure 16. Superficie moyenne sur un horizon de 140 ans en différentes classes de taille (ha) d’habitat au stade semis connecté à un niveau de déplacement de 1000 m pour quatre scénarios de répartition spatiale.

(bs_ac : *Bandes séparatrices* accès limité, bs_sc : *Bandes séparatrices* accès illimité, ms_ac : *Mosaïque* accès limité, ms_sc : *Mosaïque* accès illimité).

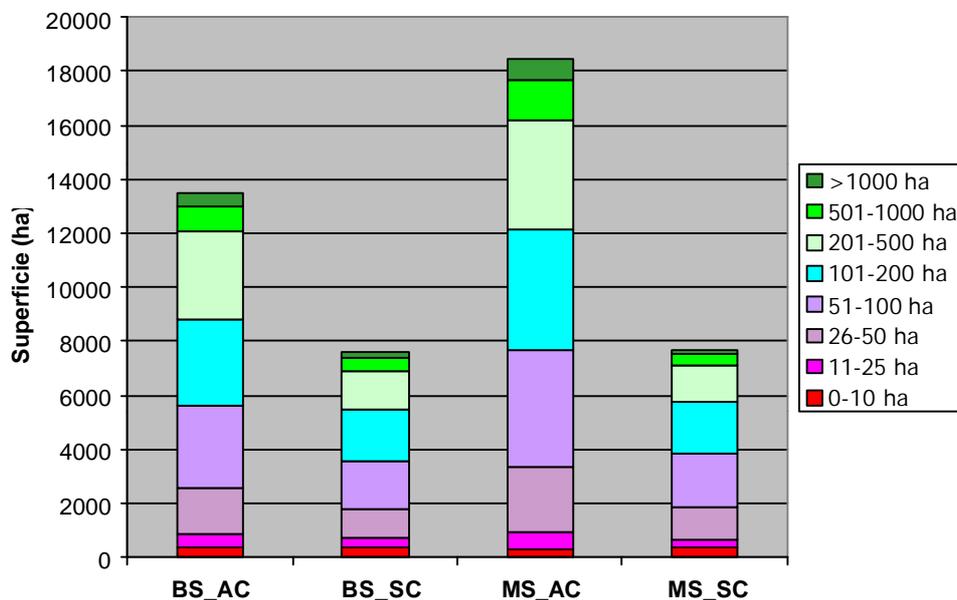


Figure 17. Superficie moyenne sur un horizon de 140 ans en différentes classes de taille (ha) d’habitat vieux résineux pour quatre scénarios de répartition spatiale.

(bs_ac : *Bandes séparatrices* accès limité, bs_sc : *Bandes séparatrices* accès illimité, ms_ac : *Mosaïque* accès limité, ms_sc : *Mosaïque* accès illimité).

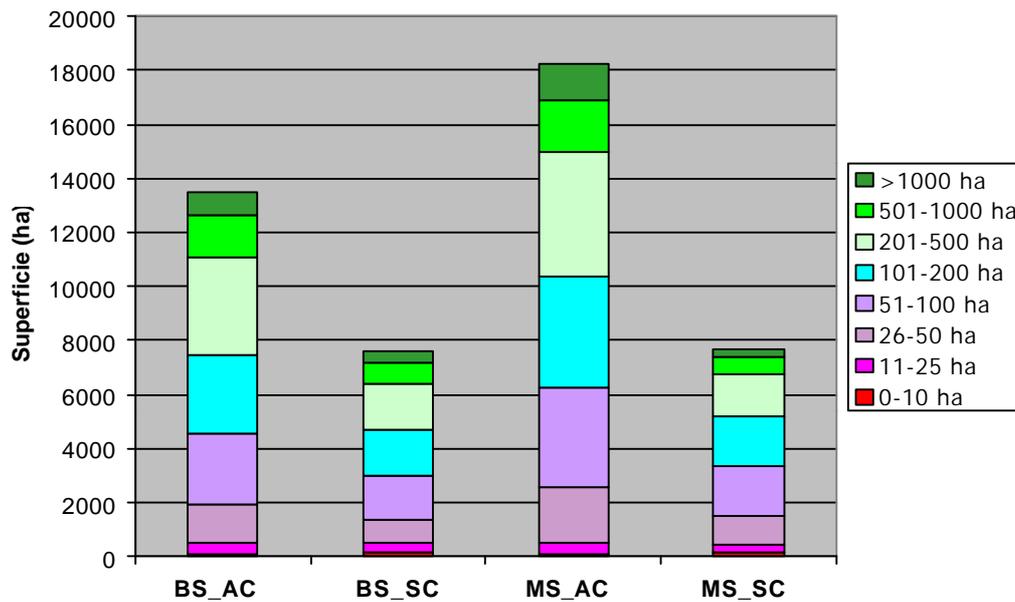


Figure 18. Superficie moyenne sur un horizon de 140 ans en différentes classes de taille (ha) d'habitat vieux résineux connecté à un niveau de déplacement de 50 m pour quatre scénarios de répartition spatiale.

(bs_ac : *Bandes séparatrices* accès limité, bs_sc : *Bandes séparatrices* accès illimité, ms_ac : *Mosaï que* accès limité, ms_sc : *Mosaï que* accès limité).

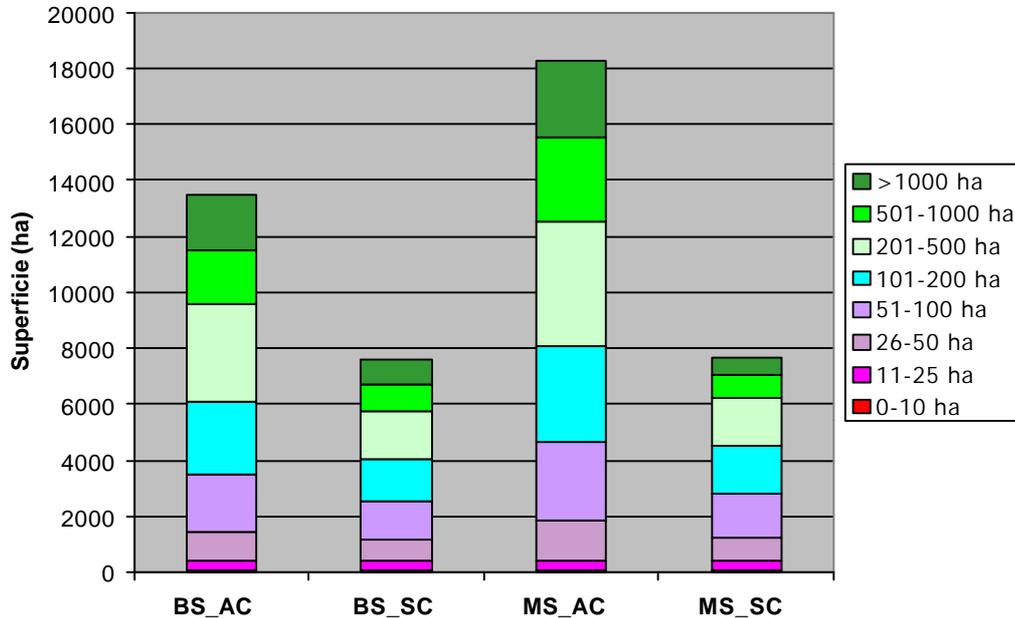


Figure 19. Superficie moyenne sur un horizon de 140 ans en différentes classes de taille (ha) d'habitat vieux résineux connecté à un niveau de déplacement de 200 m pour quatre scénarios de répartition spatiale.

(bs_ac : *Bandes séparatrices* accès limité, bs_sc : *Bandes séparatrices* accès illimité, ms_ac : *Mosaï que* accès limité, ms_sc : *Mosaï que* accès limité).

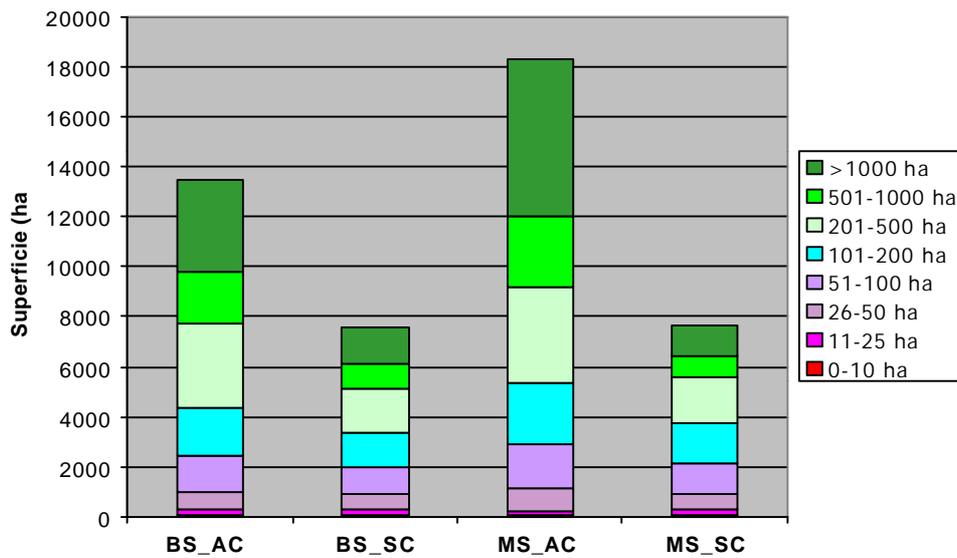


Figure 20. Superficie moyenne sur un horizon de 140 ans en différentes classes de taille (ha) d’habitat vieux résineux connecté à un niveau de déplacement de 500 m pour quatre scénarios de répartition spatiale.
 (bs_ac : *Bandes séparatrices* accès limité, bs_sc : *Bandes séparatrices* accès illimité, ms_ac : *Mosaïque* accès limité, ms_sc : *Mosaïque* accès limité).

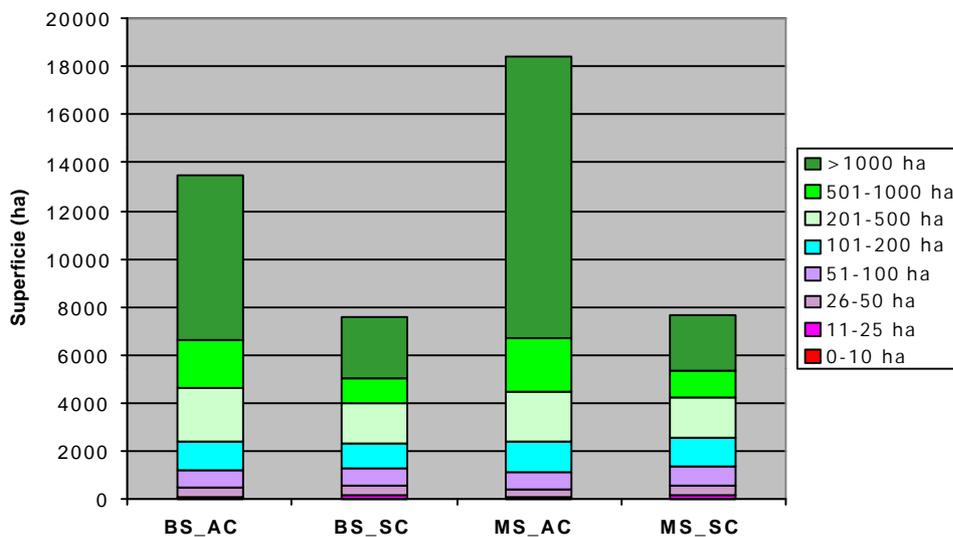


Figure 21. Superficie moyenne sur un horizon de 140 ans en différentes classes de taille (ha) d’habitat vieux résineux connecté à un niveau de déplacement de 1000 m pour quatre scénarios de répartition spatiale.
 (bs_ac : *Bandes séparatrices* accès limité, bs_sc : *Bandes séparatrices* accès illimité, ms_ac : *Mosaïque* accès limité, ms_sc : *Mosaïque* accès limité).

7 Discussion

7.1 La rentabilité économique

7.1.1 L'effet sur la possibilité

En comparant l'effet sur la possibilité des différents scénarios d'aménagement, il apparaît clair que le contrôle de l'accès aux compartiments a un effet réducteur important, soit de 25% pour le scénario *Bandes séparatrices* et 38% pour le scénario *Mosaï que*. En ce qui concerne la comparaison entre le régime *Bandes séparatrices* et le régime *Mosaï que*, on observe un effet d'interaction entre le régime de répartition spatiale et le contrôle d'accès. Avec accès illimité, la coupe *Mosaï que* a une possibilité plus importante que le régime de *Bandes séparatrices* alors que lorsque l'accès est limité, l'inverse s'observe. Ainsi, selon nos résultats, l'application de la coupe *Mosaï que* ne devrait pas amener de réduction de possibilité à la condition que tout le territoire soit accessible. Aussitôt que certaines parties du territoire qui sont matures ne seront pas accessibles, cela aura un effet négatif sur la possibilité beaucoup plus grand que si l'approche utilisée par le passé était maintenue, dû au fait que la coupe mosaï que nécessite de bloquer plus de superficie.

Il faut aussi comprendre qu'aucune limite de superficie minimale ou de distance d'accessibilité maximale pour récolter un bloc de coupe n'a été incluse dans notre simulation. Cela explique pourquoi la possibilité avec accès illimité se rapproche de la possibilité calculée par Sylva II. On peut facilement supposer que la réalité est tout autre, se situant entre les deux régimes d'accès aux compartiments qui ont été évalué dans ce projet.

7.1.2 Coûts, revenus et rentabilité

L'application de la « Coupe *Mosaï que* » implique des coûts supplémentaires mais ceux-ci, selon nos simulations, sont plutôt marginaux par rapport à coupe traditionnelle. Les postes de dépenses qui augmente sont surtout ceux relié au maintien du réseau routier. En effet, la répartition spatiale dispersée que présente le scénario *Mosaï que* exige de pouvoir opérer sur l'ensemble du territoire en tout temps. Ainsi, les efforts pour maintenir le réseau routier

carrossable doivent être plus grands. Cet effort est surtout requis en début de simulation comme le démontre la Figure 6. Ces résultats vont dans le même sens que les études économiques sur l'utilisation des coupes dispersées (Nadeau, Valeria et Lebel 2002). Si nous devions inclure les coûts d'amortissement et les frais d'intérêts pour les emprunts qu'un tel investissement exige, probablement que la coupe *Mosaï que* occasionnerait des frais encore plus importants.

Le scénario le plus rentable est le scénario *Bandes séparatrices* avec accès limité. Il est intéressant de constater que ce scénario est probablement celui qui ressemble le plus à ce qu'il se fait actuellement sur le territoire. Selon notre étude, le passage à la coupe *Mosaï que* occasionnera donc une réduction de rentabilité de 0% à 9% selon la capacité du gestionnaire du territoire à « courir après » les peuplements matures.

7.2 La connectivité des habitats

Les différents scénarios ont eu un effet tant sur la quantité que sur la distribution spatiale des habitats. La quantité d'habitat au stade semis est directement lié à la possibilité. Il est intéressant de constater qu'au temps 0, la quantité en cet habitat était plus importante qu'à n'importe quelle période subséquente. Cela laisse supposer que la forêt aurait été fortement perturbé, probablement due aux épidémies de tordeuses des bourgeons d'épinettes. Notre analyse n'inclut pas l'effet que pourraient avoir les épidémies de tordeuses des bourgeons d'épinettes qui peuvent être très sévères dans cette aire commune.

La quantité de vieux peuplements résineux dans le paysage semblerait affectée par l'effet combiné de la possibilité et de l'accessibilité. Nous supposons cela par ce que la différence observée de superficie en cet habitat est proportionnellement plus importante que la différence de possibilité observée entre les scénarios. En ayant accès à tout le territoire en tout temps, aucun peuplement « n'échappe » à la récolte. On observe ainsi une réduction constante (

). Cela s'explique aussi par le fait que dans la priorité de récolte, nous voulions minimiser le temps entre l'âge du peuplement et l'âge de la rotation. Ainsi, plus un peuplement dépassait la rotation, plus il était priorisé pour la récolte. Avec un territoire accessible en tout temps, tous les vieux peuplements sont à moment ou l'autre alors récolté.

Le régime de répartition spatiale *Mosaïque* a un effet important sur le « grain » du paysage des habitats au stade semis (Figure 10). Le scénario avec ce régime de répartition spatiale avec accès illimité fragmente fortement la forêt. En effet, si on attribuait un tampon de 50 m autour de chacune des coupes (habitat de forêt de lisière), on aurait une quantité d'habitat de forêt profonde très fortement réduite pour ce scénario. Le contrôle de l'accès permet de maintenir des zones où les forêts sont plus agrégées. L'analyse de la connectivité nous montre que pour les animaux utilisant les coupes récentes à faible capacité de déplacement, tel la souris sauteuse des bois (*napaeozapus insignis*), seront plus limités en terme de connectivité dans le scénario *Mosaïque* avec accès illimité. Cependant, pour un animal comme l'orignal ou le chevreuil, animaux dont la capacité de déplacement est plus importante et qui utilisent les coupes pour se nourrir, ce même scénario devient favorable puisque la quantité d'habitat connecté en regroupement de grande superficie est plus importante que dans les autres scénarios.

En ce qui concerne les vieux peuplements résineux, nos résultats ont montré que la connectivité n'est pas dépendante du régime de répartition spatiale mais plutôt du niveau de récolte et de l'accès au territoire. En restreignant l'accès au territoire, certains peuplements peuvent vieillir et atteindre des âges qui sont intéressants pour les animaux comme la martre, le campagnol à doux roux, le grand polatouche, la paruline à gorge noire et le grimpereau brun, tous des animaux qui trouvent une meilleure qualité d'habitat dans ces vieux peuplements résineux. Pour les animaux à faible capacité de dispersion (50 m), seulement 0.6% du territoire sera perçu comme habitat connecté formant des regroupements de plus de 200 ha dans les scénarios avec accès illimité, ce qui est 2 fois moins important que pour les scénarios avec accès limité. Pour les animaux avec un très bon potentiel de dispersion (1000 m), ce pourcentage augmente légèrement à 1% pour les scénarios avec accès illimité et à 2-3% pour les scénarios avec accès limité, restant tout de même deux fois plus important. Même pour ce niveau de déplacement, en calculant la proportion en habitat connecté à plus de 200 ha pour chaque scénario individuellement, on voit que celle-ci est inférieure pour les scénarios avec accès illimité. Il semble donc que la réduction en habitat dans les scénarios avec accès illimité ait été assez importante pour qu'il y ait un effet additif sur la structure du paysage peu importe le niveau de déplacement considéré.

8 Conclusion

L'objectif de départ de ce projet était de vérifier l'effet de différents régimes de répartition spatiale des coupes sur la possibilité forestière, la rentabilité économique et la connectivité des habitats. La modélisation spatiale de quatre scénarios d'aménagement simulant l'effet de la dispersion de coupes de tailles différentes a permis d'effectuer cette comparaison. Les constats suivants ont été observés :

- 5) la possibilité est surtout associée à capacité d'aller chercher les peuplements lorsqu'ils sont matures, à leur maximum de volume. Limiter l'accès entraîne des réductions de possibilité. Dans un contexte de limitation de l'accès, la coupe *Mosaï que* réduit encore plus la possibilité. Cependant, dans un contexte d'accès illimité, la coupe *Mosaï que* permet d'aller autant de bois que le régime de *Bandes séparatrices*.
- 6) la rentabilité d'un régime de répartition spatiale sera déterminée par la quantité de bois extraite et les coûts associés au maintien du réseau routier. À ce niveau, limiter l'accès permet de faire des économies au niveau du réseau routier, mais entraîne aussi une baisse de possibilité tel que vue dans le point précédent. L'utilisation du régime de répartition spatiale des *Bandes séparatrices* avec accès limité aux compartiments permet un compromis qui optimise la rentabilité de l'approvisionnement en bois.
- 7) la coupe *Mosaï que* augmente la fragmentation de la forêt, particulièrement lorsque l'accès est illimité. Dans ce cas, l'ensemble du paysage est soumis à un même patron récurrent, homogénéisant les conditions spatiales. Ainsi, pour les jeunes habitats, on observe une connectivité accrue pour les niveaux de déplacements moyens à élevés (500 m à 1000 m) et l'inverse pour les niveaux de déplacement limités (50 m).
- 8) l'accès illimité au territoire ne favorise pas les peuplements résineux à franchir l'âge de rotation, entraînant une réduction importante en ce type d'habitat. La connectivité est, par conséquent, très réduite, isolant les quelques habitats sur l'ensemble du paysage et limitant la possibilité d'avoir de grands massifs regroupés.

L'application sans adaptation de la « Coupe *Mosaï que* » à la forêt méridionale est à notre avis un mauvais transfert technologique tant du point de vue économique qu'écologique. Il est

essentiel de développer une approche de forêt mosaïque adaptée à la réalité de la forêt mixte de l'aire commune 73-01. Ce choix doit être fait de façon très judicieuse puisqu'il est plus facile (et surtout moins coûteux !) de fragmenter une forêt (tel que la coupe *Mosaïque* le ferait) que d'en remettre les massifs ultérieurement. Pour ce faire, il est primordial de reconnaître le modèle de régime de perturbations naturelles comme étant le régime de base à reproduire, du moins en partie. Or, notre connaissance du régime des perturbations naturelles pour ce type de forêt est plutôt méconnue. Des recherches sont donc nécessaires pour fournir cette information essentielle.

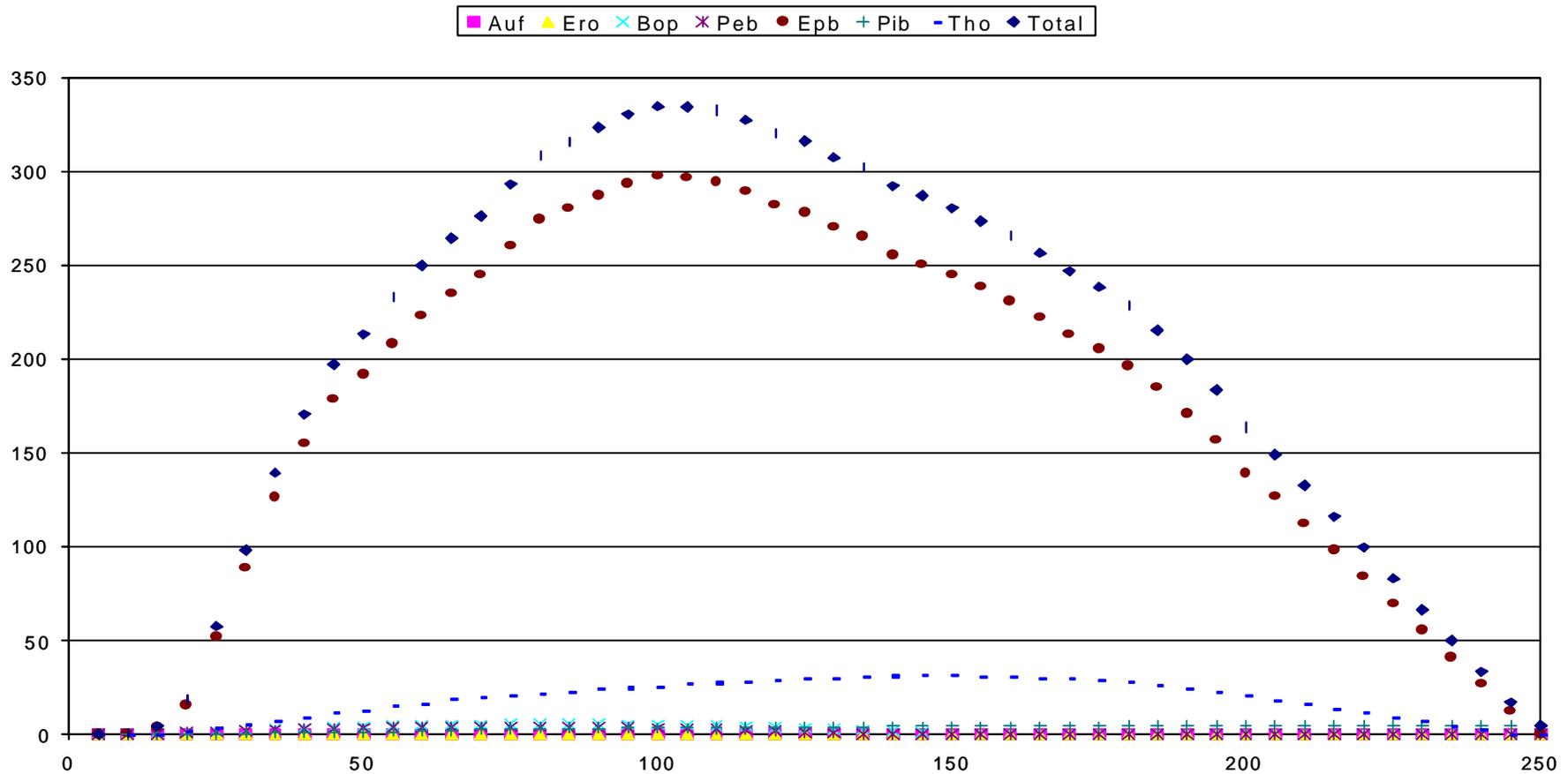
9 Bibliographie

- Doyon, F. 2000. Effet de différents types de récolte forestière sur les oiseaux en forêt feuillue à l'échelle de l'habitat et du paysage. Thèse de Doctorat, Université du Québec à Montréal. Montréal, Qc. 171 p.
- Frelich, L.E. et C.G. Lorimer, 1991. Natural disturbance regimes in hemlock-hardwood forests of the upper great lakes region. *Ecological monographs*, 61(2): 145-164.
- Grumbine, R.E., 1994. What is Ecosystem management. *Conservation Biology*, 8 : 27-38.
- Nadeau, F., O. Valeria, et L. Lebel. 2002. Détermination du coût combiné récolte et chemins forestiers dans un contexte de coupes dispersées. *Aubelle* 140 : 15-17.
- Nolet. P., S. Sougavinsky et F. Doyon, 1999. Caractérisation du régime des perturbations naturelles de la Réserve Faunique Papineau-Labelle. *Écoforesterie Consultants*. 44 p.
- Nolet. P., É. Forget, D. Bouffard et F. Doyon, 2001. Reconstitution historique du dynamisme du paysage forestier du bassin de La Lièvre au cours du 20^{ième} siècle. Institut Québécois d'Aménagement de la Forêt Feuillue. 113 p.
- Gouvernement de Québec. 2000. Modalités d'intervention dans le milieu forestier. Fondements et Applications. Les publications du Québec, Ste-Foy, QC. 352 p.
- Robitaille, A. et J-P. Saucier, 1998. Paysages régionaux du Québec méridional. MRN, Gouvernement du Québec. Éd. Les publications du Québec. 213 p.

Annexe 1

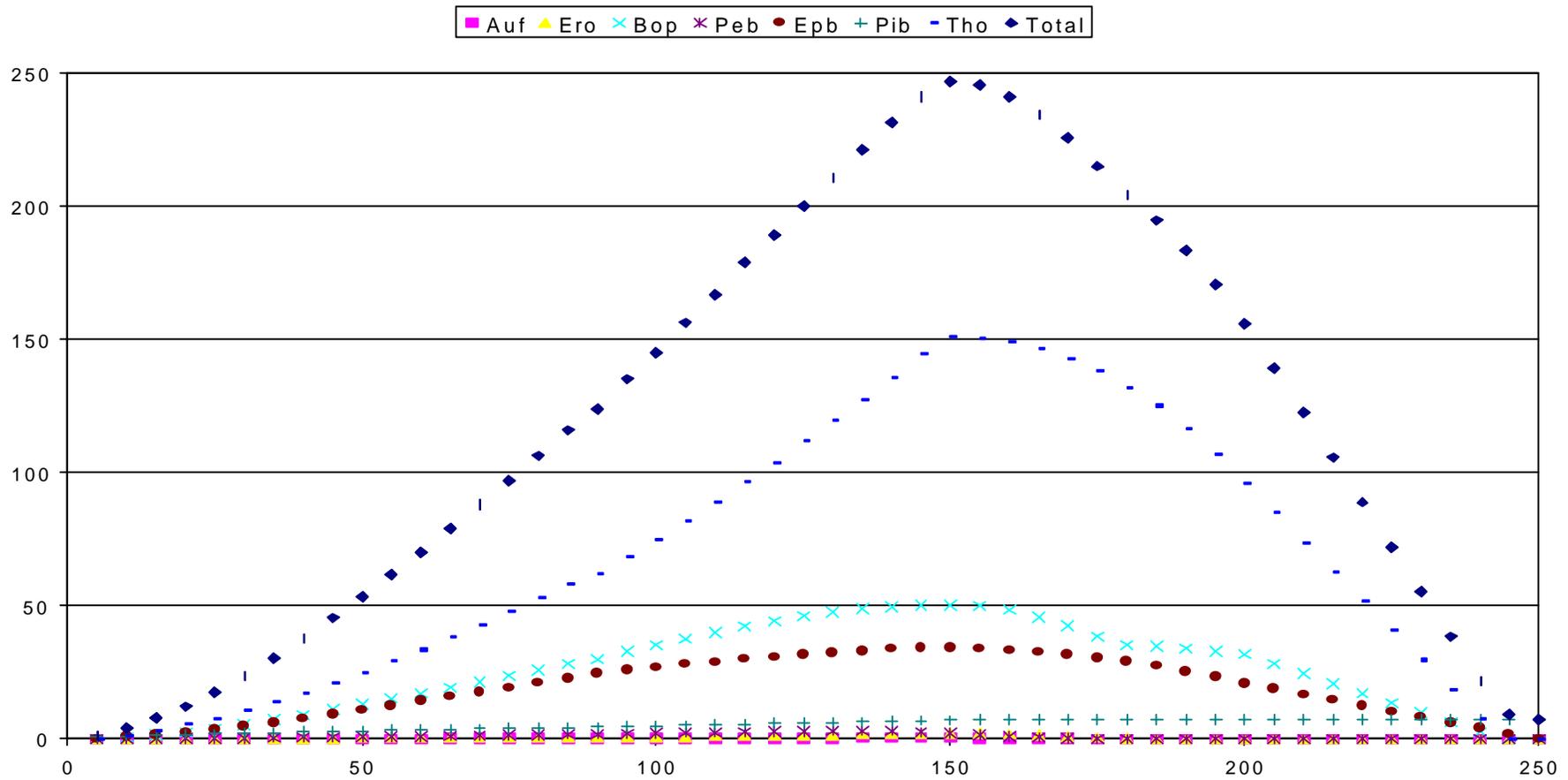
ANNEXE 1

Groupe 2: EPG, volume élevé



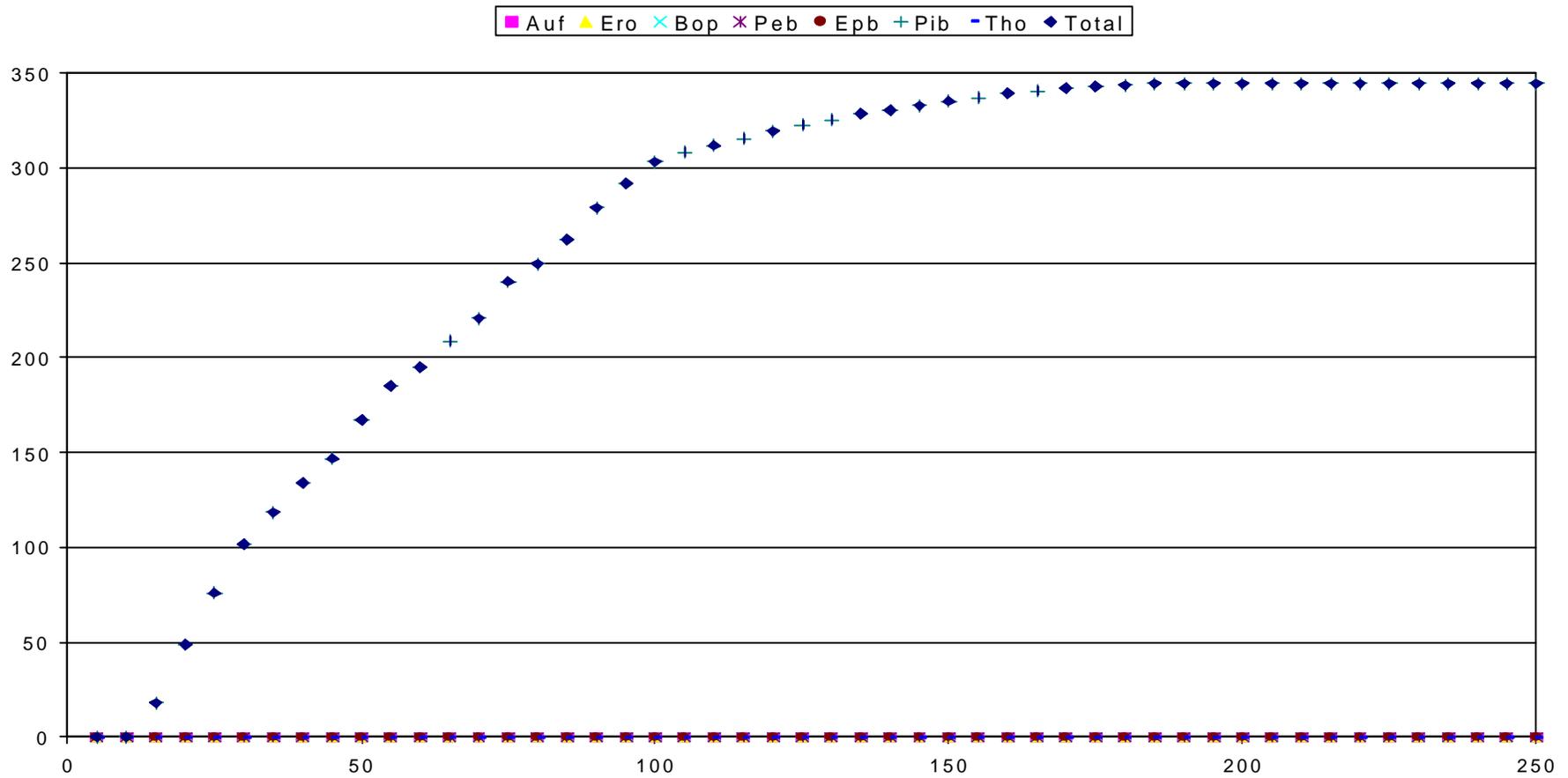
Âge	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250
DHP moy (mm)	0	77	110	138	156	171	183	194	203	211	218	225	231	236	242	247	252	257	262	266	271	276	281	289	304	522
H moy (dm)	0	55	87	106	120	131	139	147	153	159	164	168	172	176	179	182	186	189	192	195	198	201	204	209	218	313
Habitat	361	361	362	363	363	363	363	364	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365

Groupe 6: CE, volume élevé



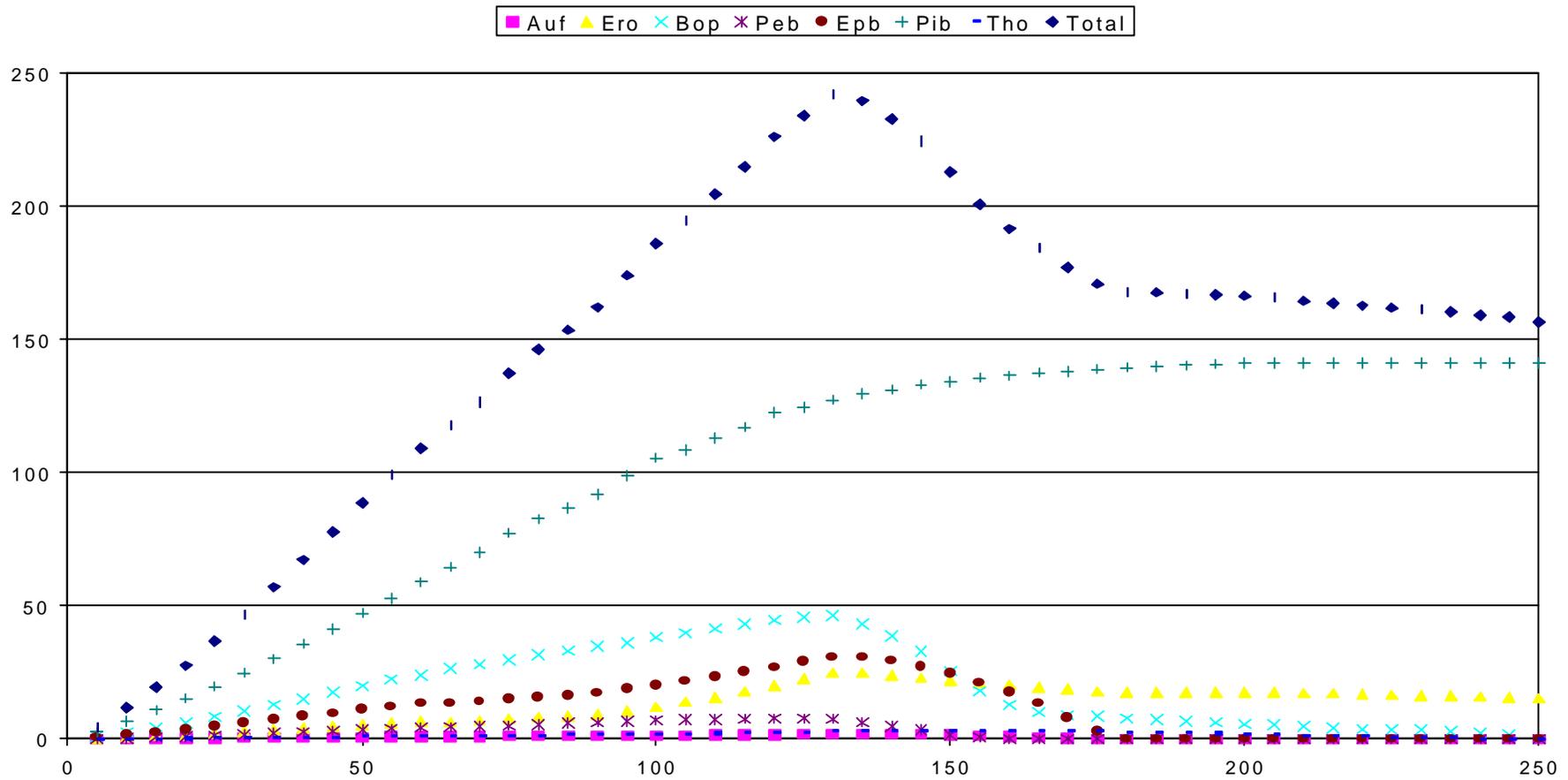
Âge	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250
DHP_moy (mm)	0	40	81	114	147	174	197	217	234	249	263	276	288	299	309	323	335	346	354	363	374	382	390	400	420	522
H_moy (dm)	0	34	69	93	109	121	131	139	146	152	158	163	167	171	175	178	182	185	188	192	196	200	205	213	237	313
Habitat	351	351	352	352	353	353	353	353	354	354	354	354	354	355	355	355	355	355	355	355	355	355	355	355	355	355

Groupe 7: PRPR, volume élevé



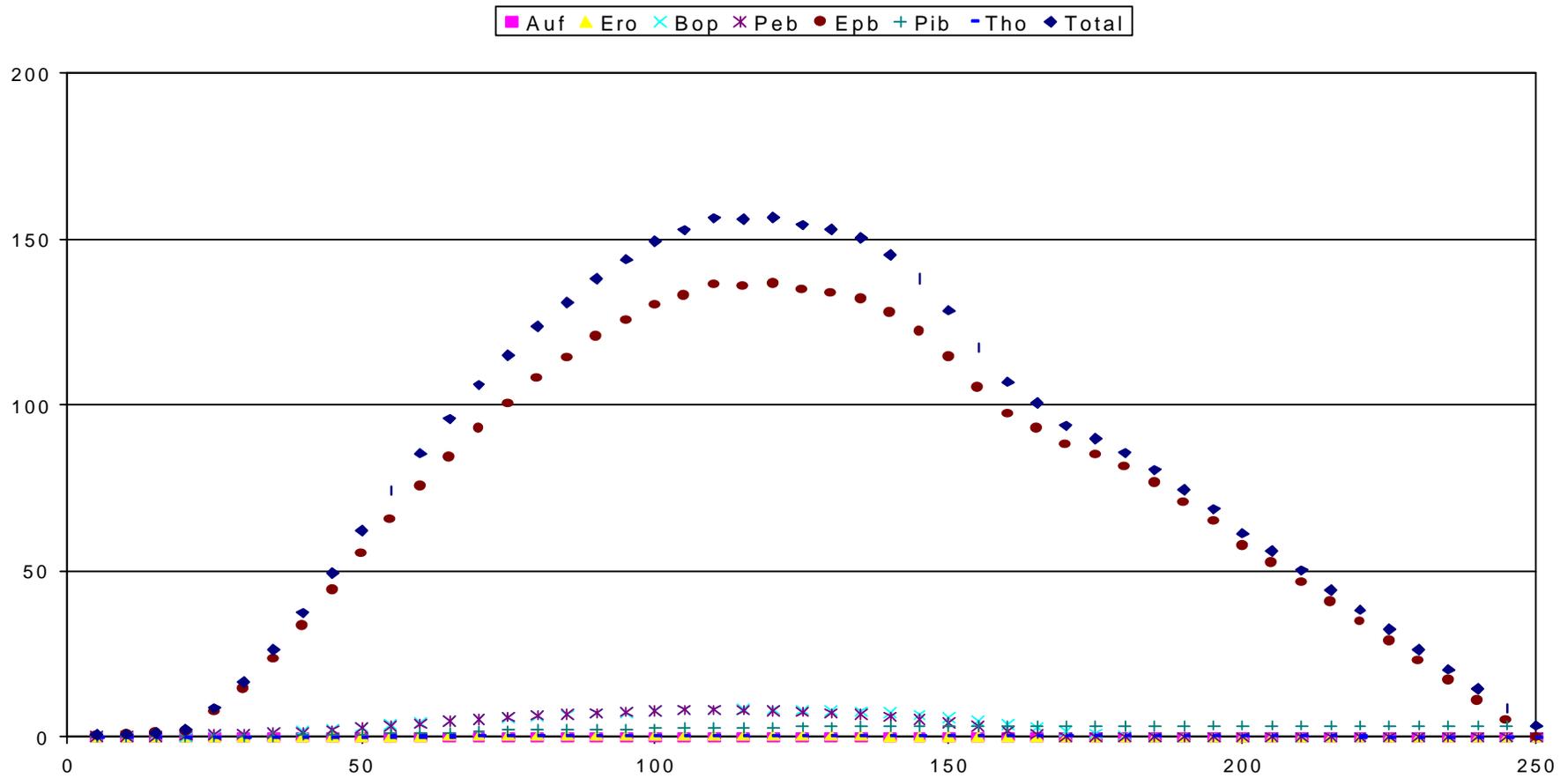
Âge	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	
DHP_moy (mm)	0	38	104	172	219	256	286	312	334	353	371	386	401	414	426	438	448	458	468	477	485	493	501	508	515	522	
H_moy (dm)	0	34	70	109	137	158	176	191	204	215	225	234	242	250	257	264	270	276	281	287	291	296	301	305	309	313	
Habitat	351	351	352	352	353	353	353	353	354	354	354	354	354	354	355	355	355	355	355	355	355	355	355	355	355	355	355

Groupe 10: PB+BB, volume élevé



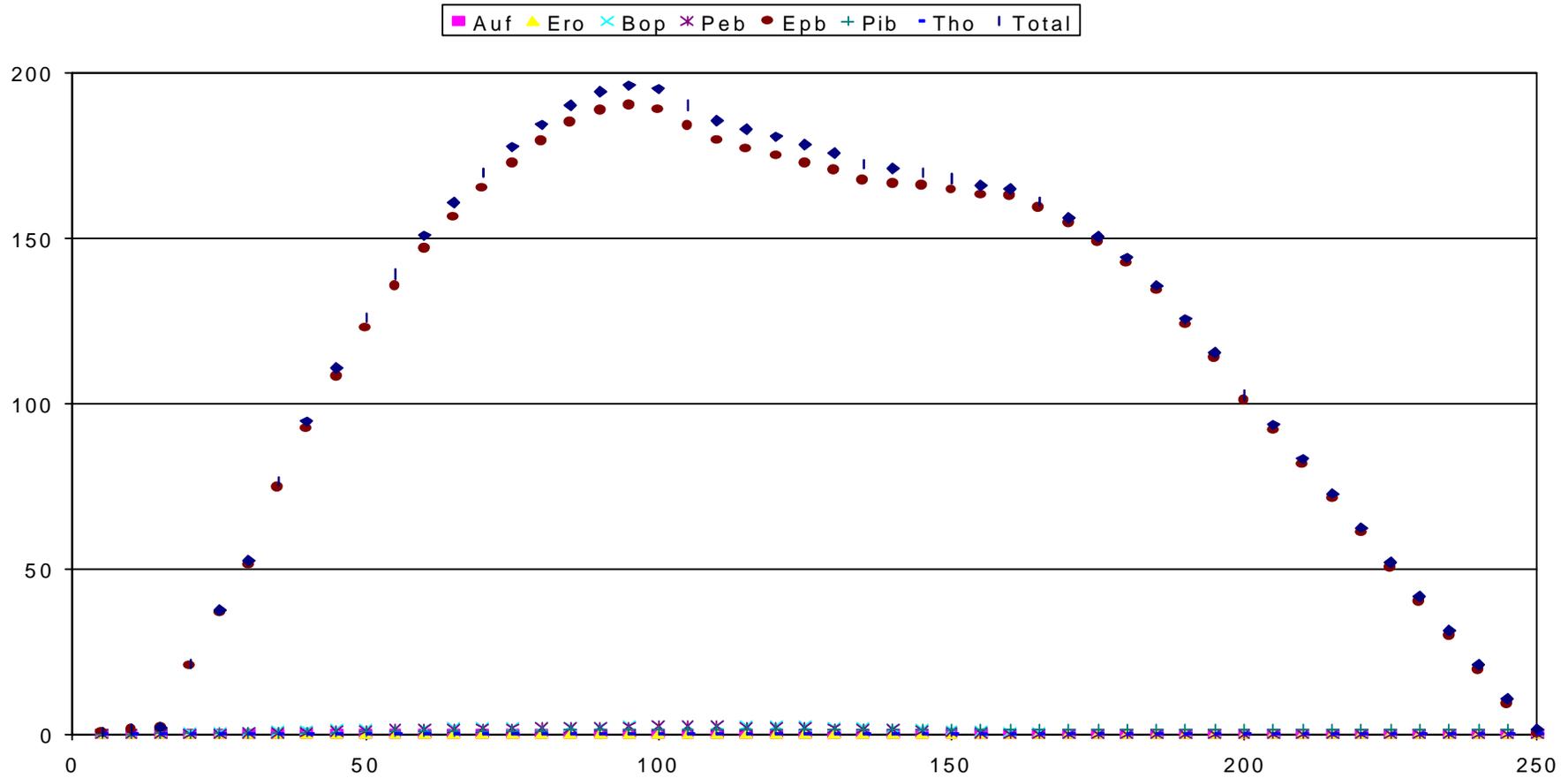
Âge	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250
DHP_moy (mm)	0	38	96	149	189	220	246	270	290	307	322	334	345	356	374	393	413	435	456	465	474	483	491	499	507	514
H_moy (dm)	0	45	82	112	134	151	165	177	187	196	204	211	217	223	230	240	251	262	272	277	282	288	293	297	302	307
Habitat	241	241	242	242	243	243	243	244	244	244	245	245	245	245	245	245	245	245	245	245	245	245	245	245	245	245

Groupe 14: EE, volume faible



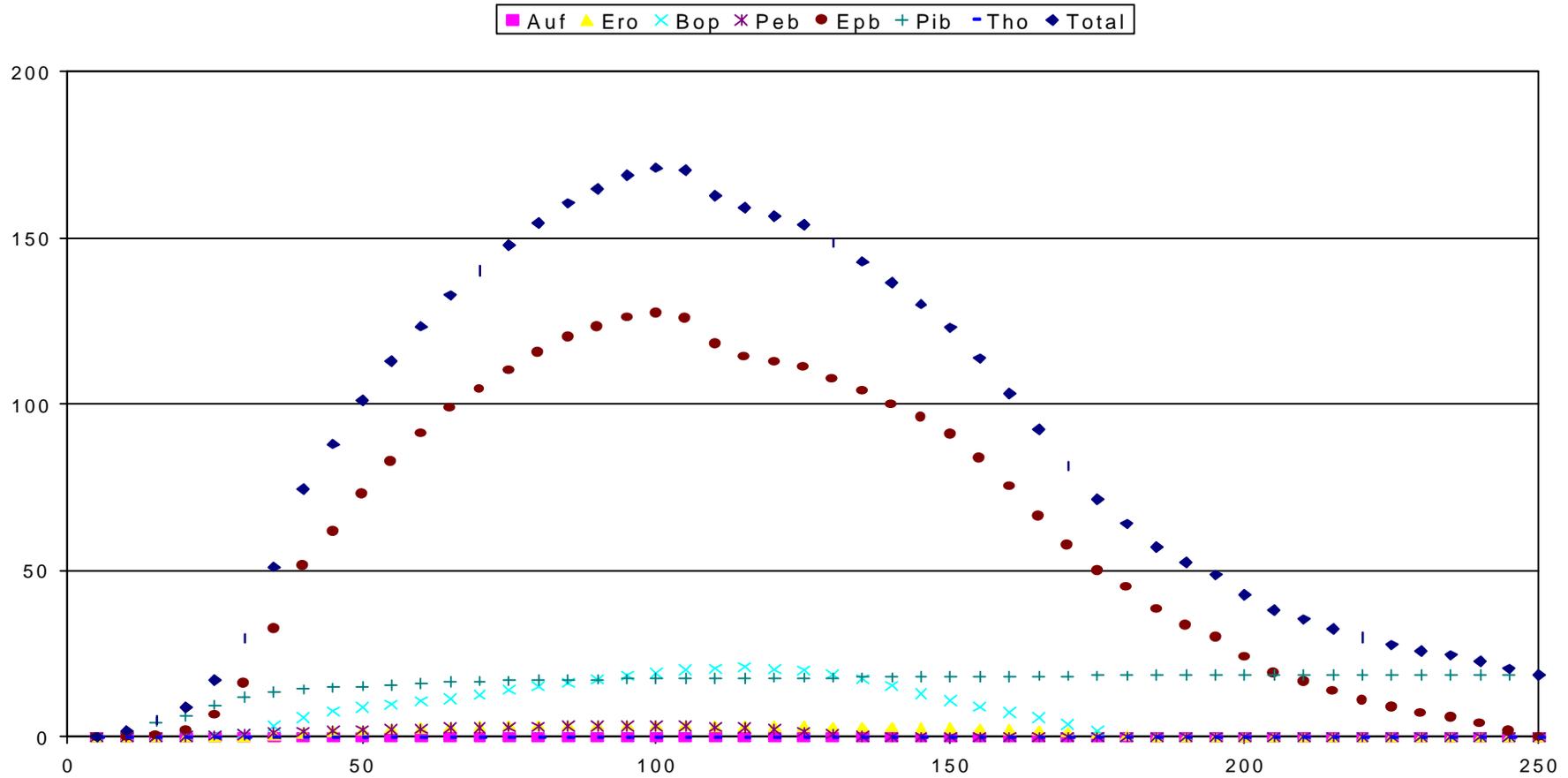
Âge	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250
DHP_moy (mm)	0	73	112	138	157	172	184	194	203	211	218	225	230	235	240	243	245	245	248	253	258	264	272	285	316	522
H_moy (dm)	0	57	93	108	121	132	141	149	155	161	166	170	174	178	181	184	186	187	189	192	196	199	204	210	224	313
Habitat	361	361	362	363	363	363	363	364	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365

Groupe 15: PGE, volume moyen



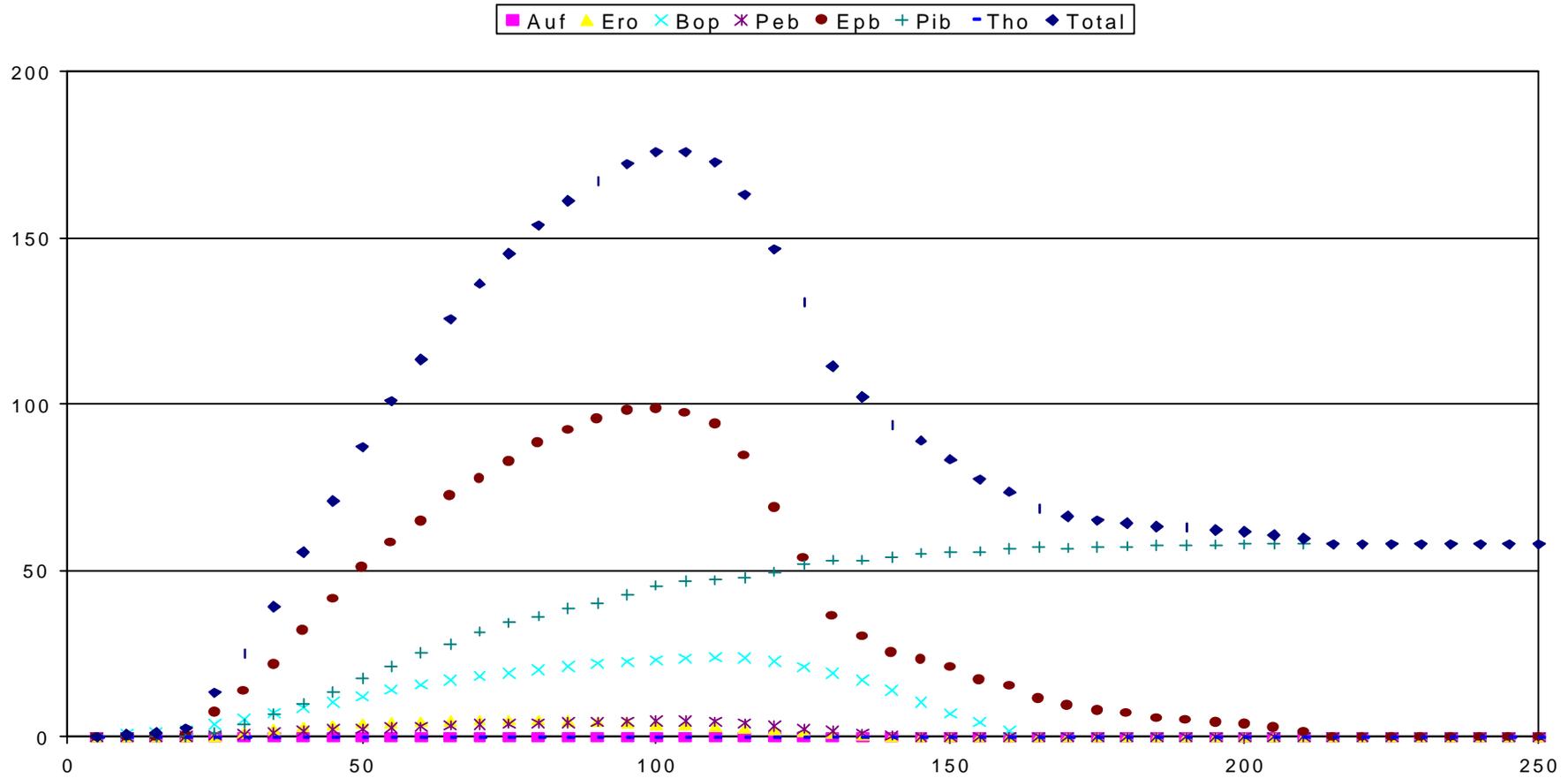
Âge	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	
DHP_moy (mm)	0	71	121	150	170	186	199	210	220	228	236	243	249	255	260	264	268	272	276	281	285	289	294	299	311	522	
H_moy (dm)	0	49	91	116	133	146	157	167	175	182	188	194	199	204	208	212	216	220	223	226	230	233	236	240	245	313	
Habitat	361	361	362	363	363	363	363	364	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365

Groupe 17: EPG, volume moyen



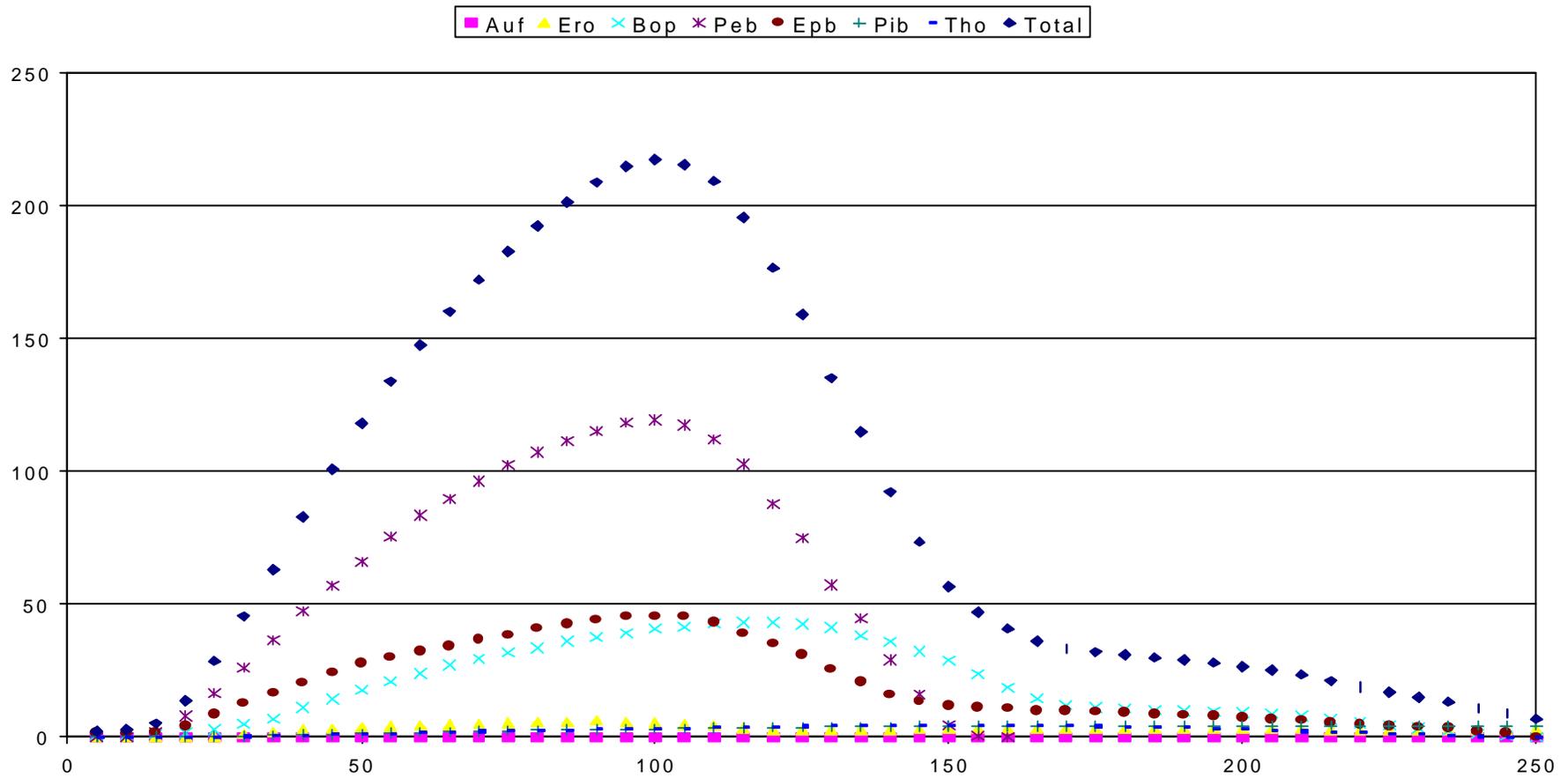
Âge	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250
DHP_moy (mm)	0	30	107	154	171	187	201	212	222	231	239	248	256	262	269	276	286	299	314	333	357	384	412	442	472	522
H_moy (dm)	0	34	76	110	128	140	150	158	165	171	177	182	187	191	196	200	206	214	222	231	242	253	266	279	292	313
Habitat	361	361	362	363	363	363	363	364	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365

Groupe 19: SPB, volume moyen



Âge	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	
DHP_moy (mm)	0	35	80	138	165	187	206	221	233	245	257	269	290	326	351	373	399	426	442	457	470	487	501	508	515	522	
H_moy (dm)	0	61	96	110	125	137	148	157	164	171	178	185	195	211	223	235	248	262	270	278	285	293	301	305	309	313	
Habitat	361	361	362	363	363	363	363	364	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365

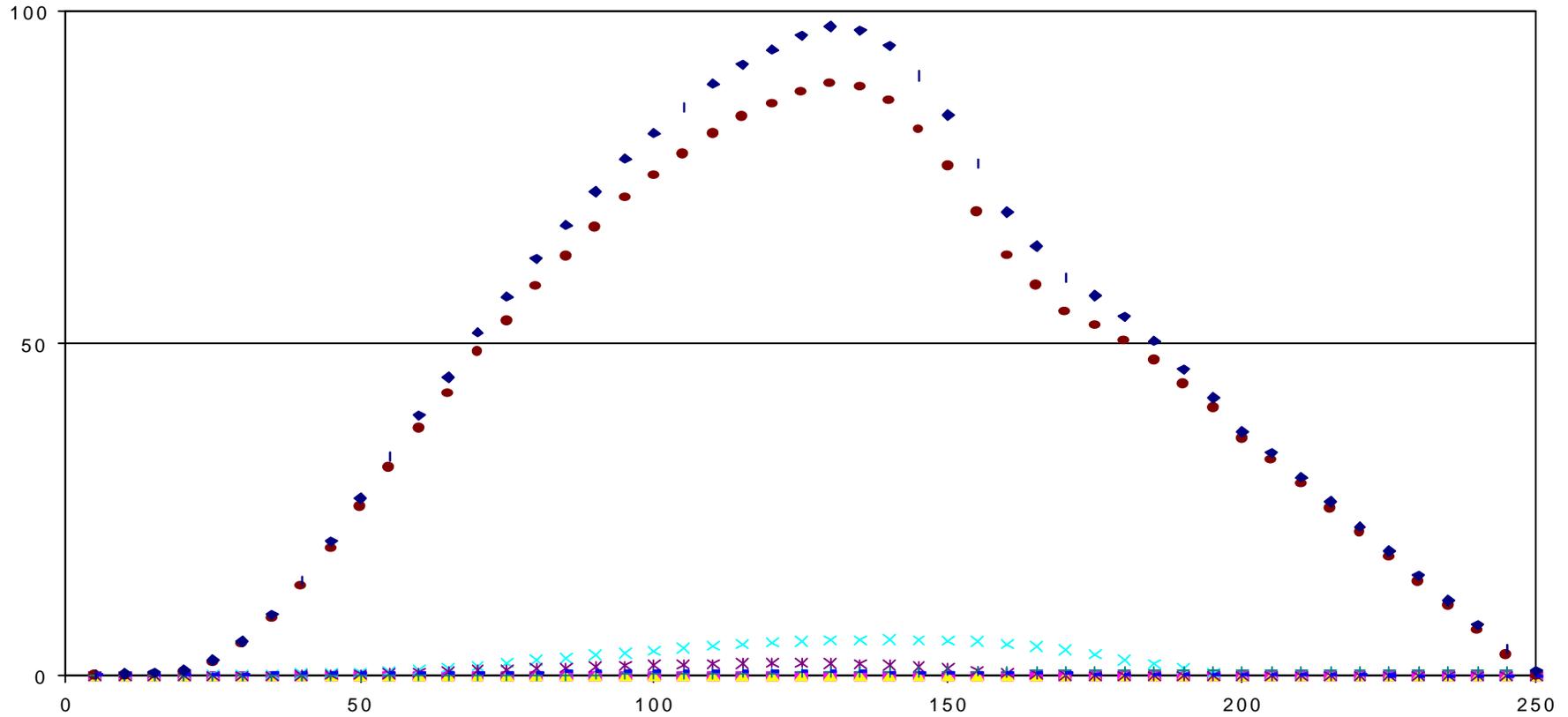
Groupe 21: PER, volume élevé



Âge	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	
DHP_moy (mm)	0	59	102	147	181	208	231	250	267	281	294	306	315	327	339	345	354	360	369	378	389	399	410	418	437	491	
H_moy (dm)	0	55	106	134	153	168	180	190	199	207	214	219	222	223	221	208	208	212	217	221	226	231	239	247	263	290	
Habitat	231	231	232	233	233	233	234	234	234	234	235	235	235	235	235	235	235	235	235	235	235	235	235	235	235	235	235

Groupe 22: EE, volume faible

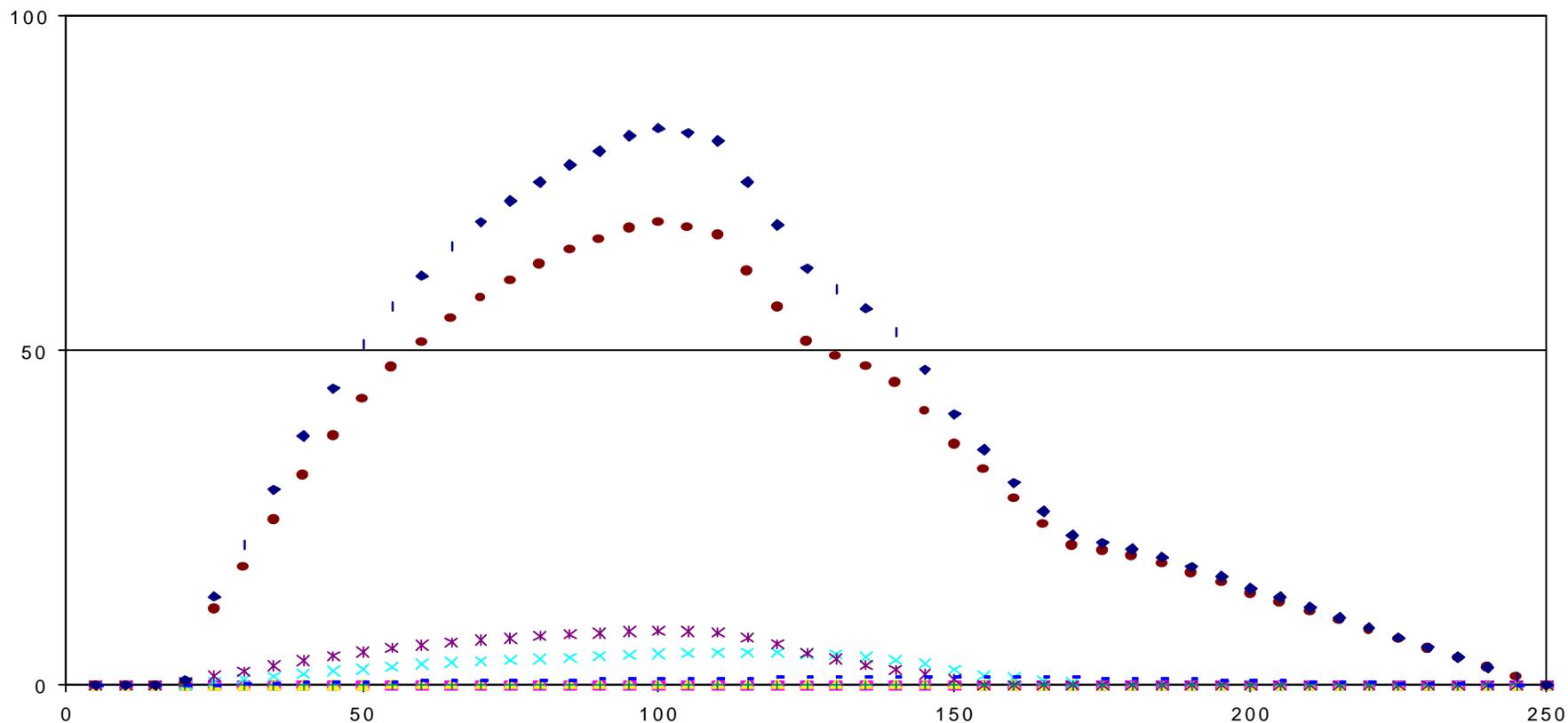
■ Auf ▲ Ero × Bop * Peb ● Epb + Pib - Tho ◆ Total



Âge	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	
DHP_moy (mm)	0	48	98	133	152	165	175	185	193	201	207	214	219	224	228	233	236	239	241	243	244	248	253	260	276	522	
H_moy (dm)	0	29	75	102	116	126	134	141	147	153	158	162	166	169	172	175	178	180	182	184	186	189	192	196	204	313	
Habitat	361	361	362	363	363	363	363	364	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365

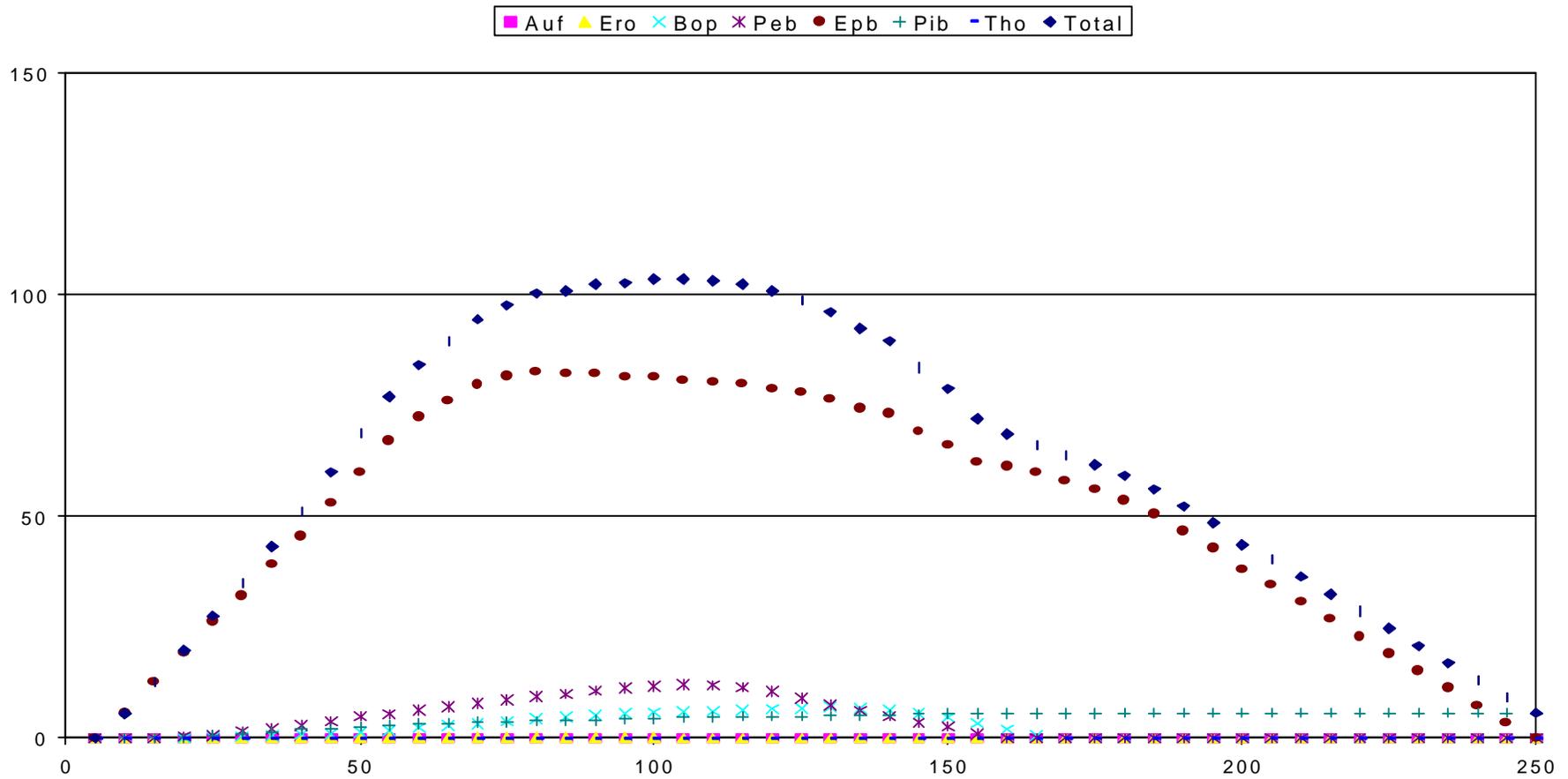
Groupe 23: RE, volume faible

■ Auf ▲ Ero × Bop * Peb ● Epb + Pib - Tho ◆ Total



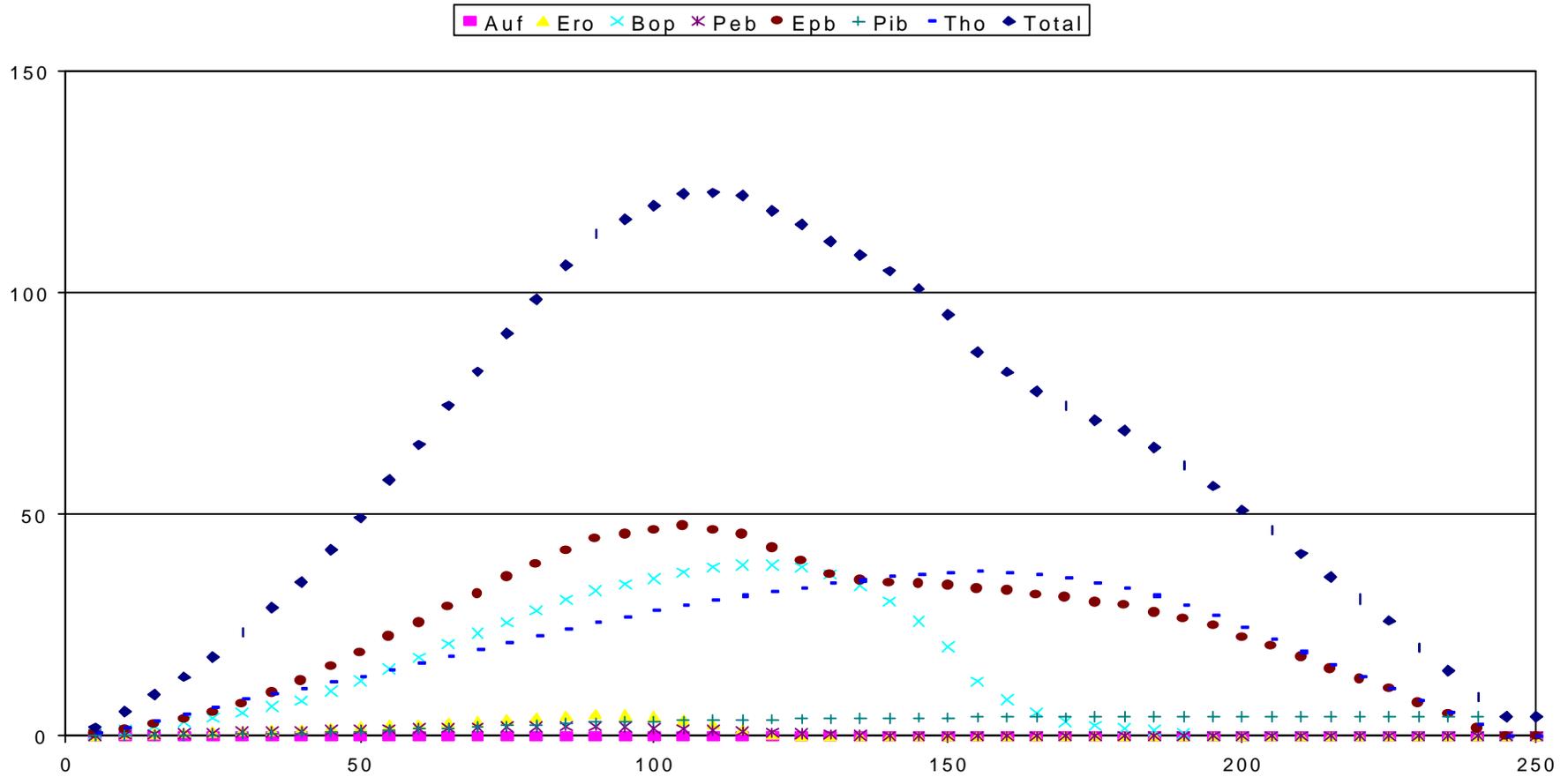
Âge	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250
DHP_moy (mm)	0	53	106	142	163	179	192	204	213	222	230	237	243	247	248	249	250	253	256	259	263	265	268	270	271	0
H_moy (dm)	0	54	109	113	128	140	149	158	165	171	176	181	185	187	189	190	191	194	197	200	202	205	207	209	212	0
Habitat	361	361	362	363	363	363	363	364	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365

Groupe 24: RE, volume faible



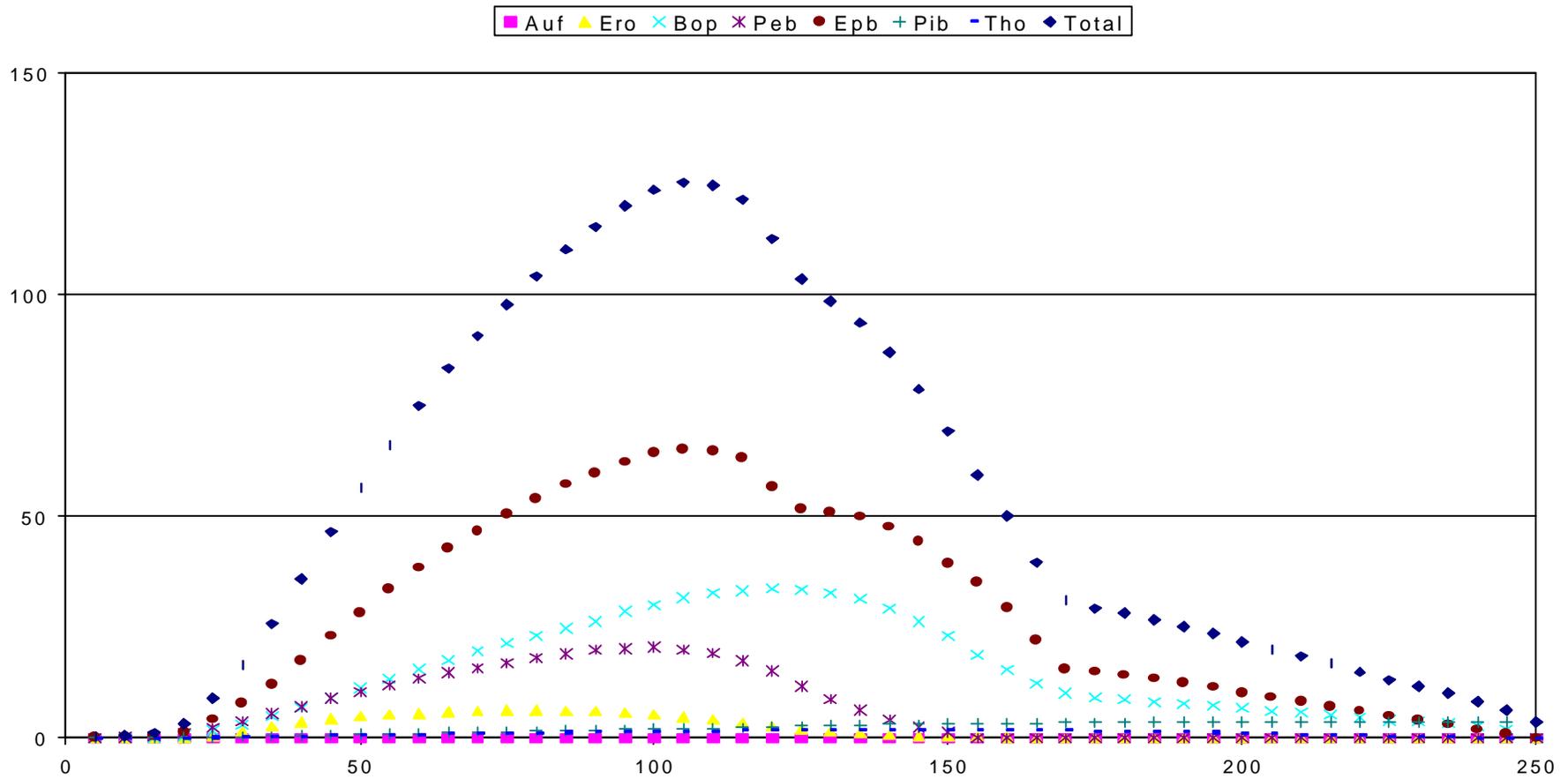
Âge	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	
DHP_moy (mm)	26	77	116	142	162	178	191	203	214	224	234	242	248	252	255	257	257	260	266	272	281	291	305	327	373	522	
H_moy (dm)	18	55	89	109	124	137	146	155	163	170	177	182	186	188	190	192	193	197	200	204	209	214	221	231	251	313	
Habitat	361	361	362	363	363	363	363	364	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365

Groupe 25: RBB, volume faible



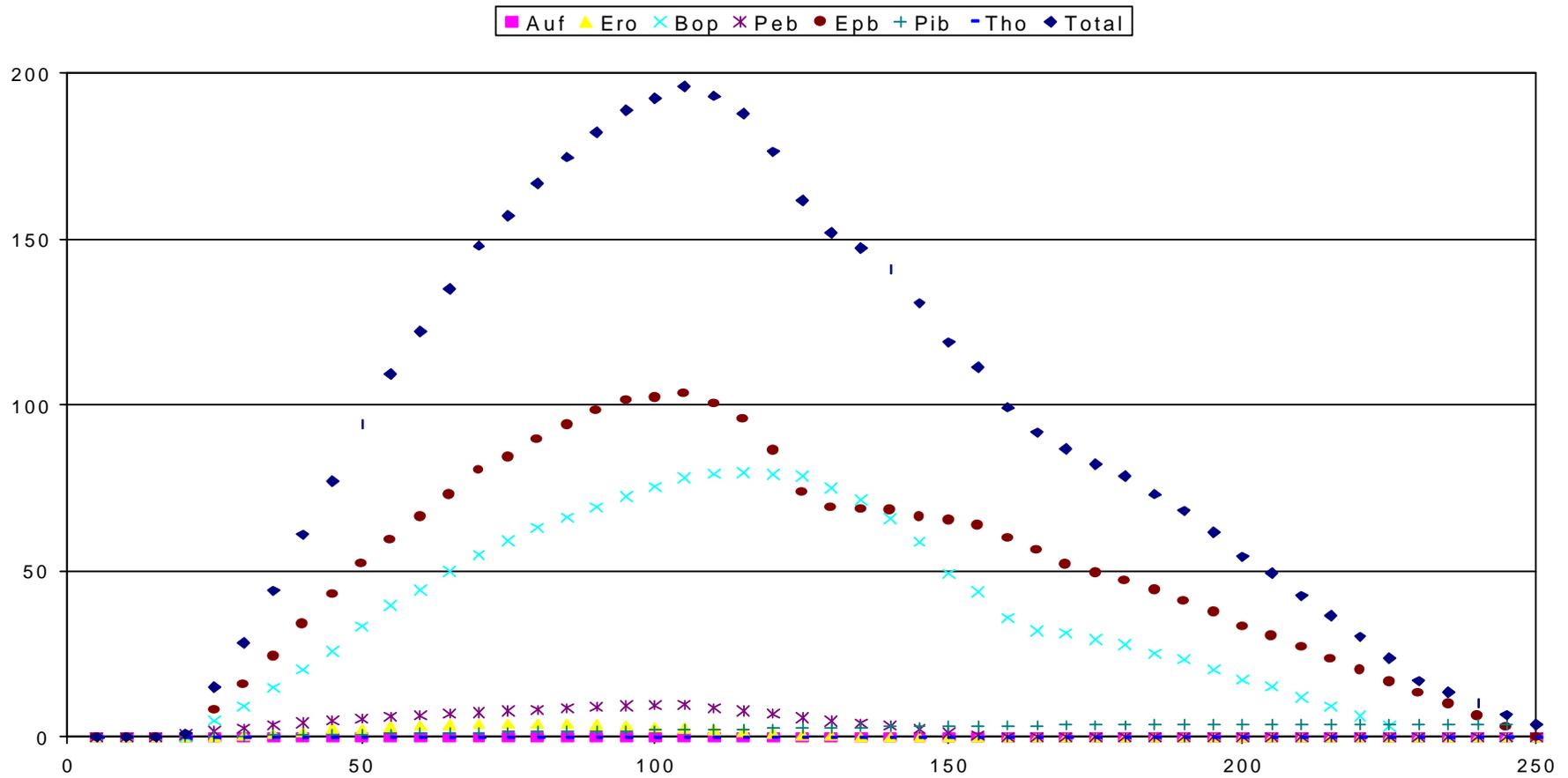
Âge	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	
DHP_moy (mm)	0	46	83	118	149	174	193	209	223	235	246	257	267	279	287	294	300	307	313	320	327	335	347	367	429	522	
H_moy (dm)	0	42	77	99	116	128	139	147	154	160	165	170	173	177	180	182	184	187	190	194	198	203	210	220	225	253	313
Habitat	241	241	242	242	243	243	243	244	244	244	245	245	245	245	245	245	245	245	245	245	245	245	245	245	245	245	245

Groupe 26: RFI, volume faible



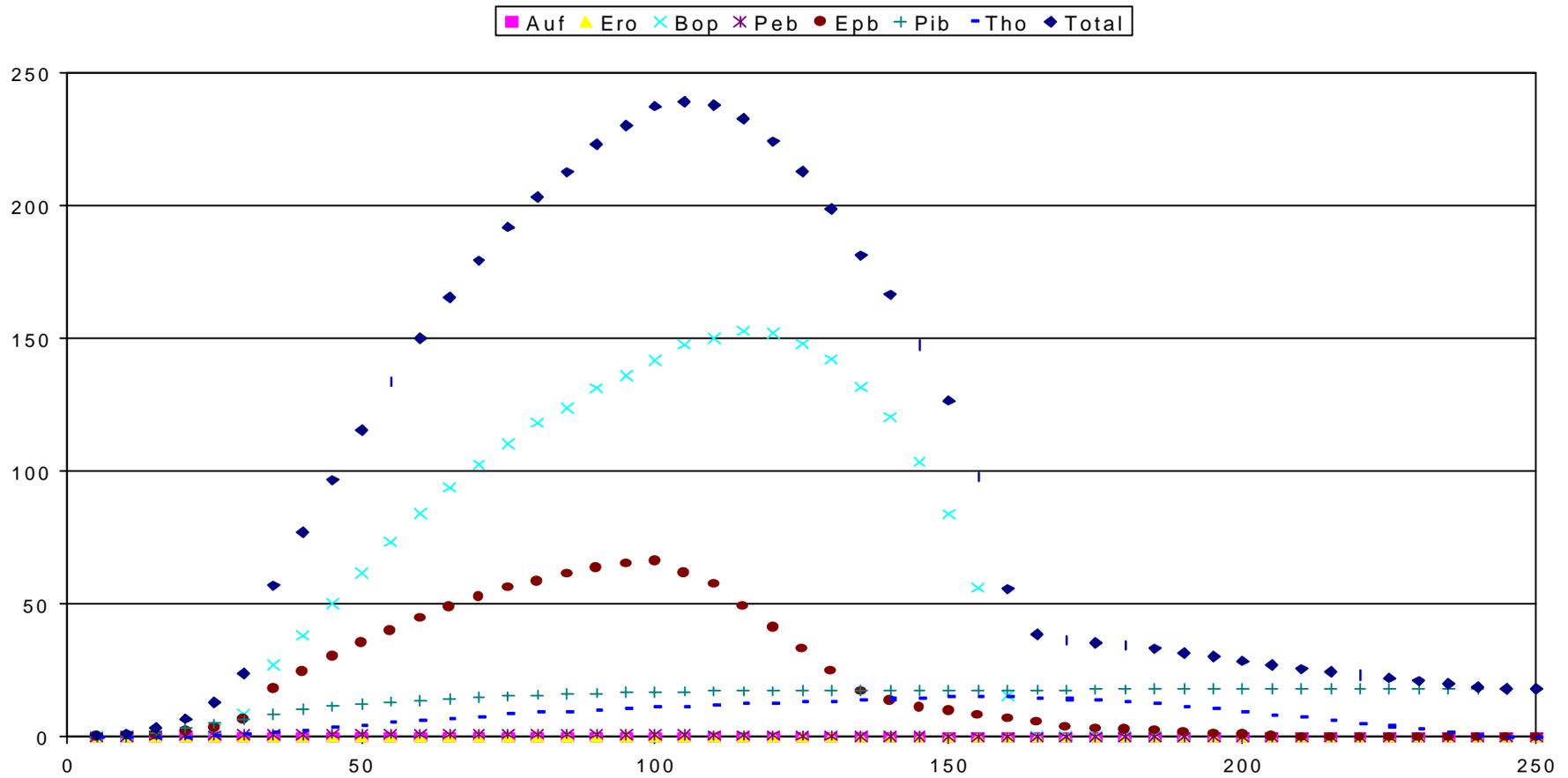
Âge	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	
DHP_moy (mm)	0	59	100	137	163	183	200	214	227	238	247	255	264	271	279	288	299	327	333	343	355	368	383	406	443	522	
H_moy (dm)	0	53	98	119	133	144	153	161	168	174	179	183	187	188	189	191	194	203	207	211	217	223	230	240	257	313	
Habitat	241	241	242	242	243	243	243	244	244	244	245	245	245	245	245	245	245	245	245	245	245	245	245	245	245	245	245

Groupe 27: RBB, volume moyen



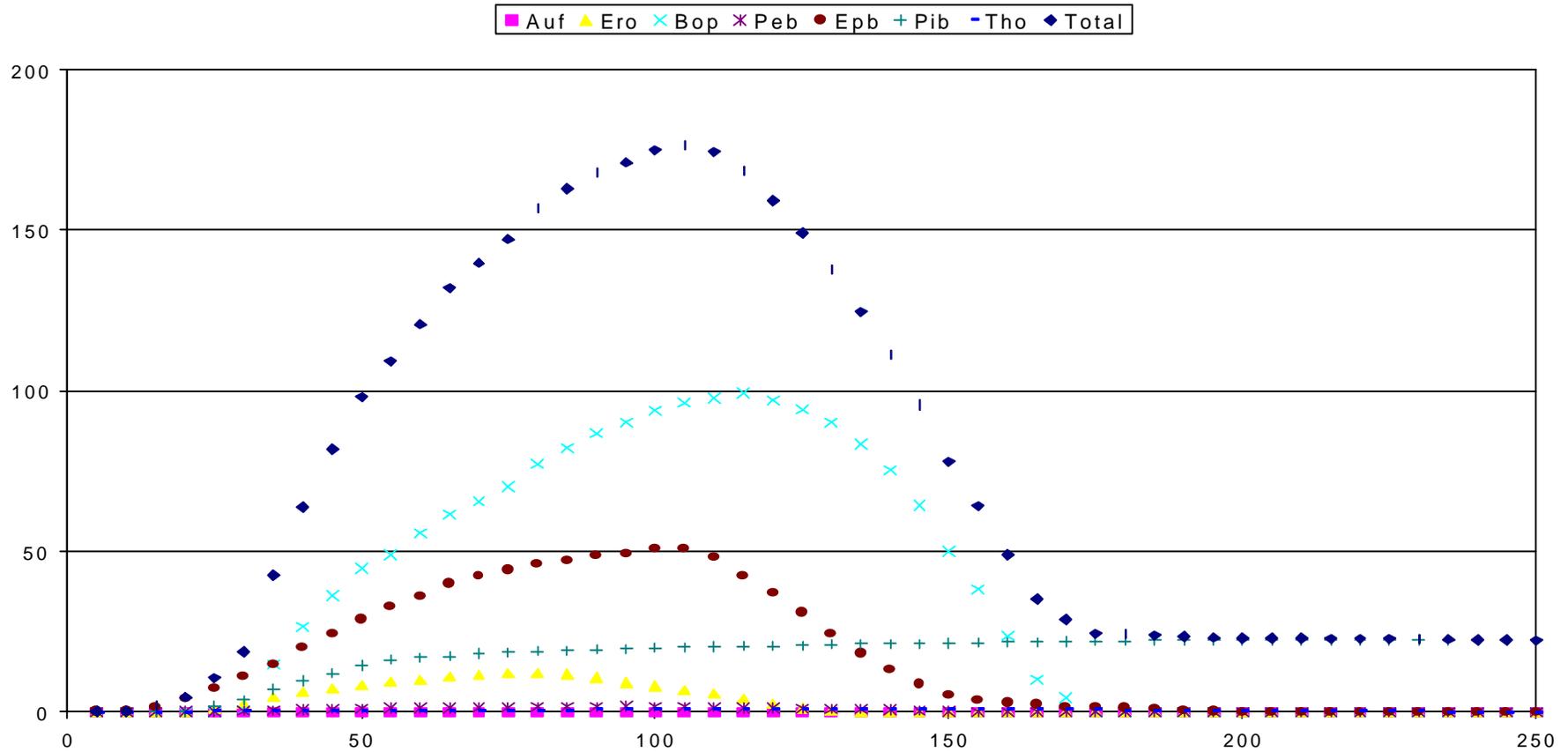
Âge	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	
DHP_moy (mm)	0	53	106	132	156	174	190	204	216	226	236	245	255	269	281	288	293	308	313	319	322	324	322	302	345	522	
H_moy (dm)	0	53	106	112	125	135	144	151	158	163	168	173	177	182	186	188	190	194	197	200	203	206	210	215	234	313	
Habitat	241	241	242	242	243	243	243	244	244	244	245	245	245	245	245	245	245	245	245	245	245	245	245	245	245	245	245

Groupe 28: BBS, volume élevé



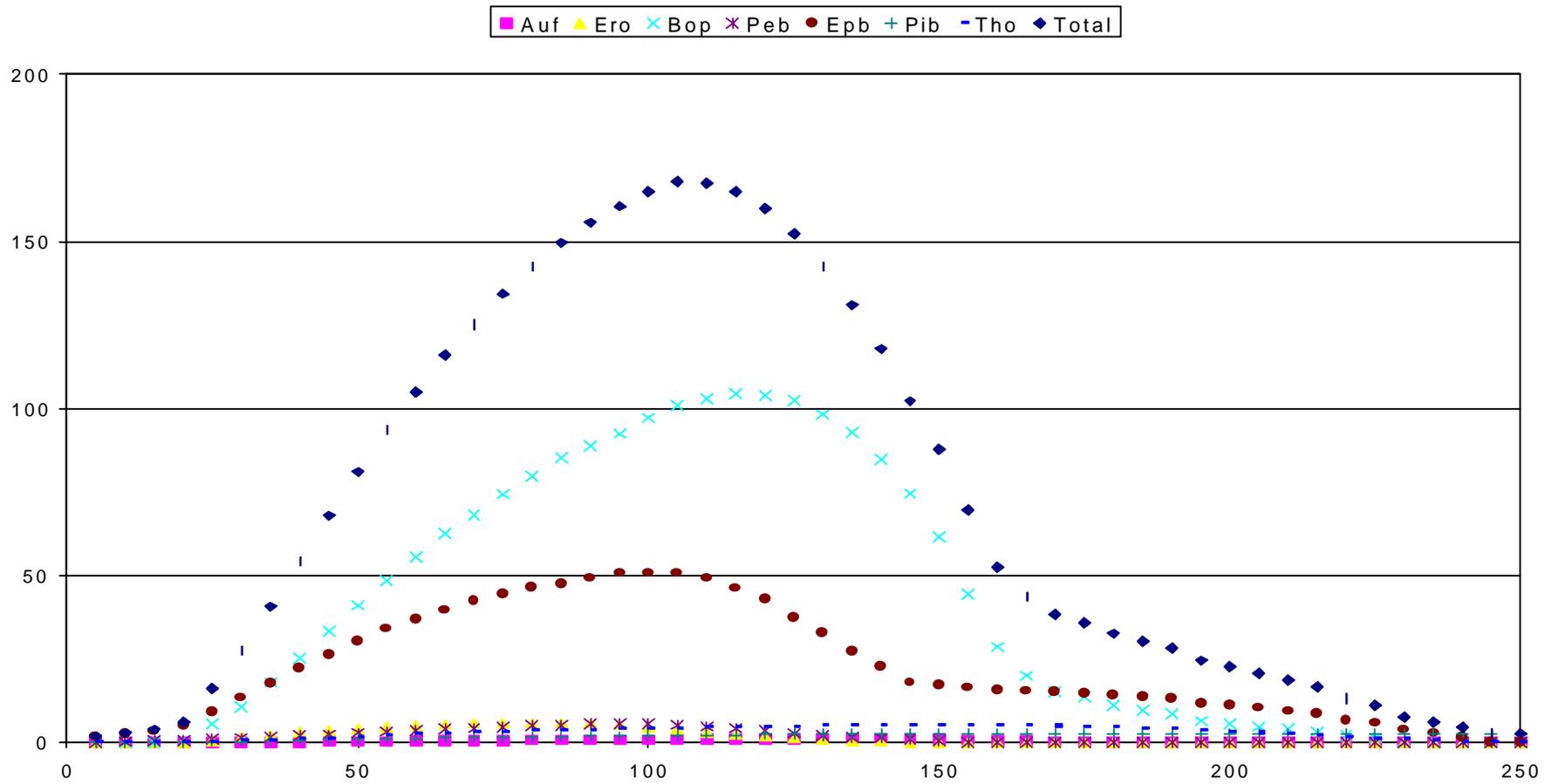
Âge	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250
DHP_moy (mm)	0	56	104	138	161	183	201	216	230	242	254	266	280	295	309	323	353	389	404	421	439	459	475	492	511	522
H_moy (dm)	0	59	82	110	126	137	147	155	161	167	172	178	183	189	194	199	211	225	232	241	252	264	276	289	304	313
Habitat	231	231	232	233	233	233	234	234	234	234	235	235	235	235	235	235	235	235	235	235	235	235	235	235	235	235

Groupe 29: BBR, volume moyen



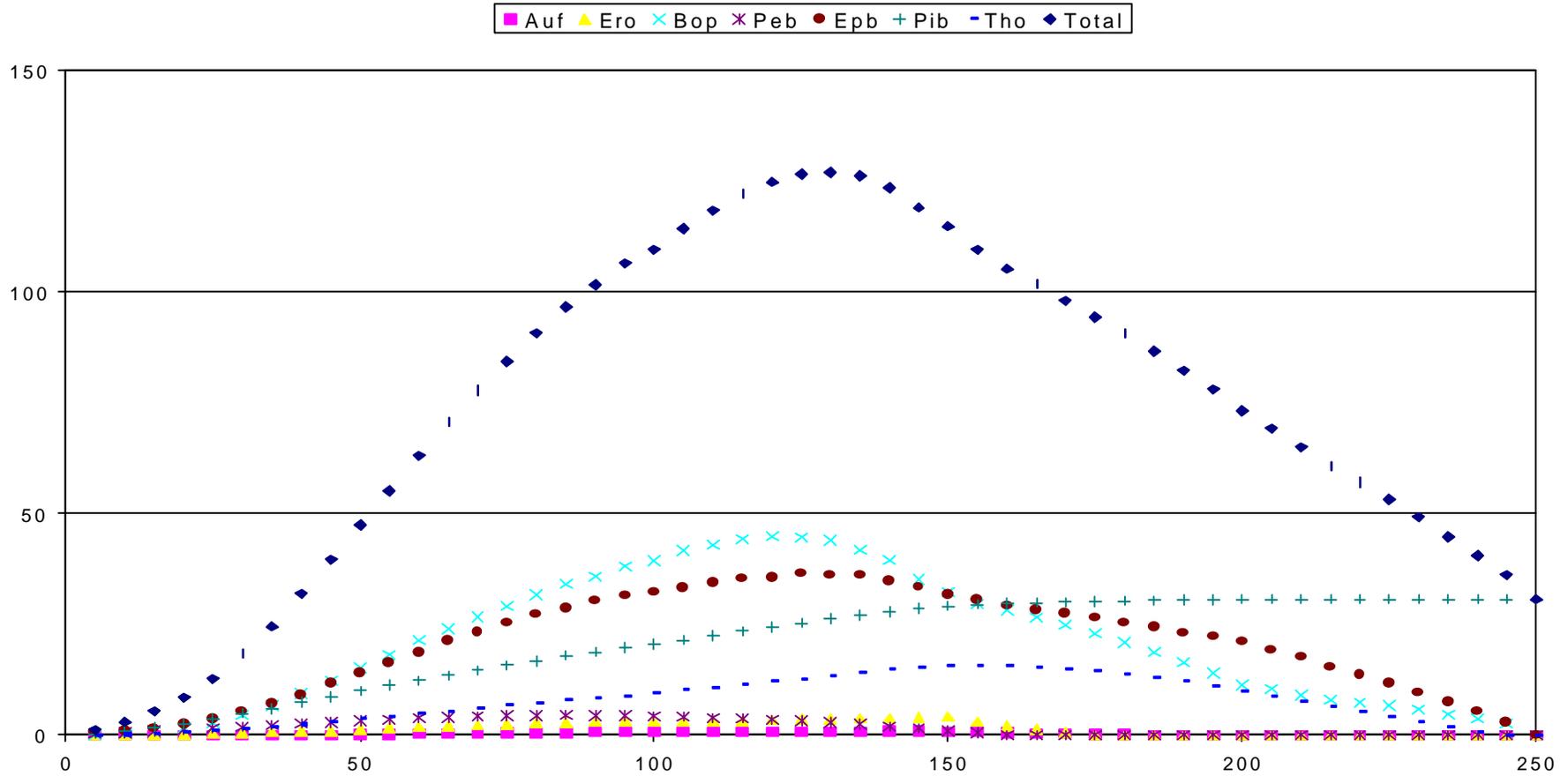
Âge	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250
DHP_moy (mm)	0	71	113	142	163	187	205	221	234	246	257	269	283	299	316	339	370	422	452	467	482	490	499	507	515	522
H_moy (dm)	0	58	87	110	128	140	150	158	165	171	176	182	188	194	202	212	228	256	273	281	288	293	298	304	308	313
Habitat	231	231	232	233	233	233	234	234	234	234	235	235	235	235	235	235	235	235	235	235	235	235	235	235	235	235

Groupe 30: BBR, volume moyen



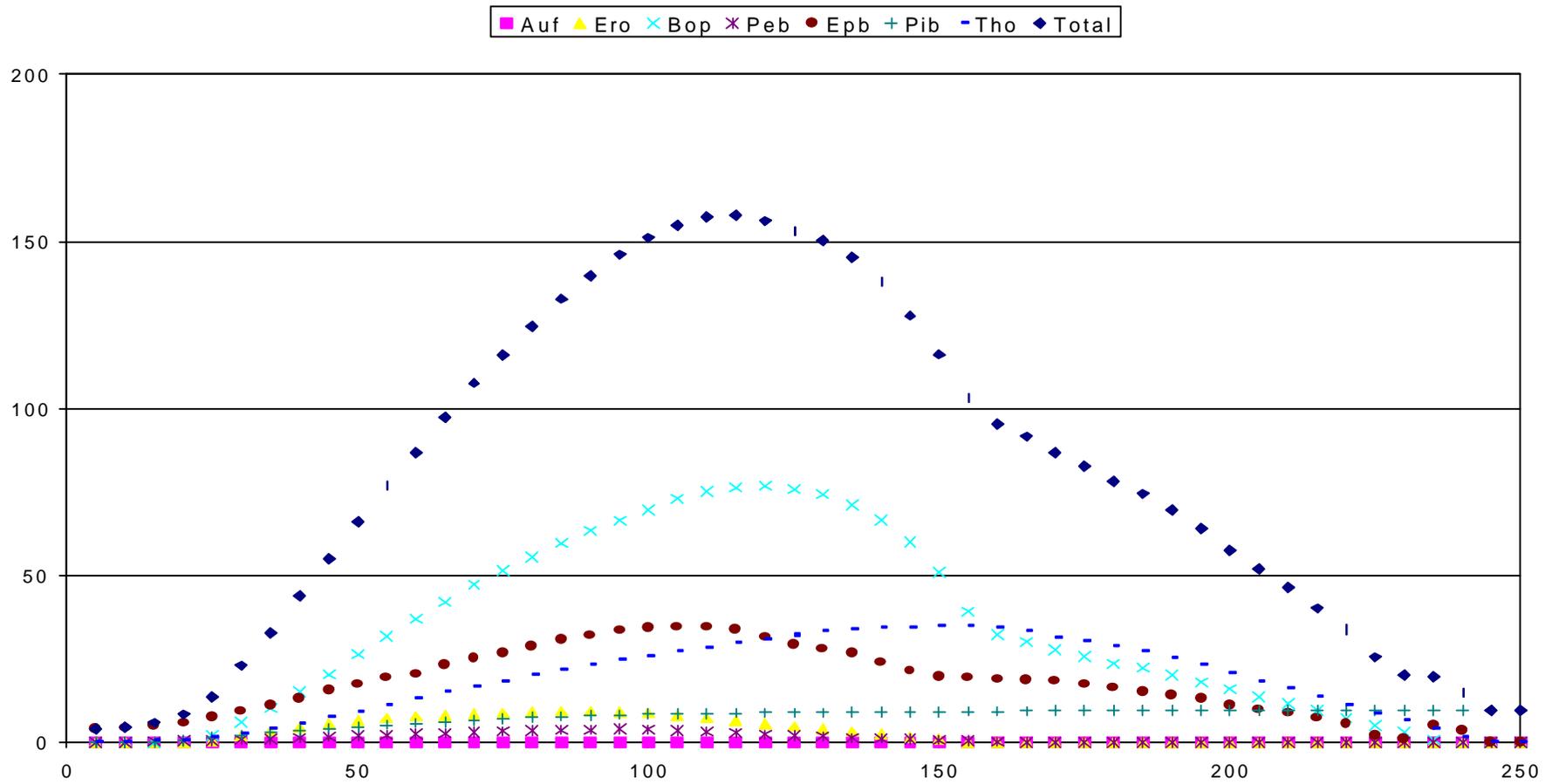
Âge	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	
DHP_moy (mm)	0	75	109	128	154	175	193	209	222	235	246	256	267	278	289	297	298	298	303	307	313	320	334	360	416	522	
H_moy (dm)	0	57	89	111	125	136	145	153	159	165	171	175	179	183	188	191	191	193	196	199	203	208	215	232	261	313	
Habitat	231	231	232	233	233	233	234	234	234	234	235	235	235	235	235	235	235	235	235	235	235	235	235	235	235	235	235

Groupe 31: RBB, volume faible



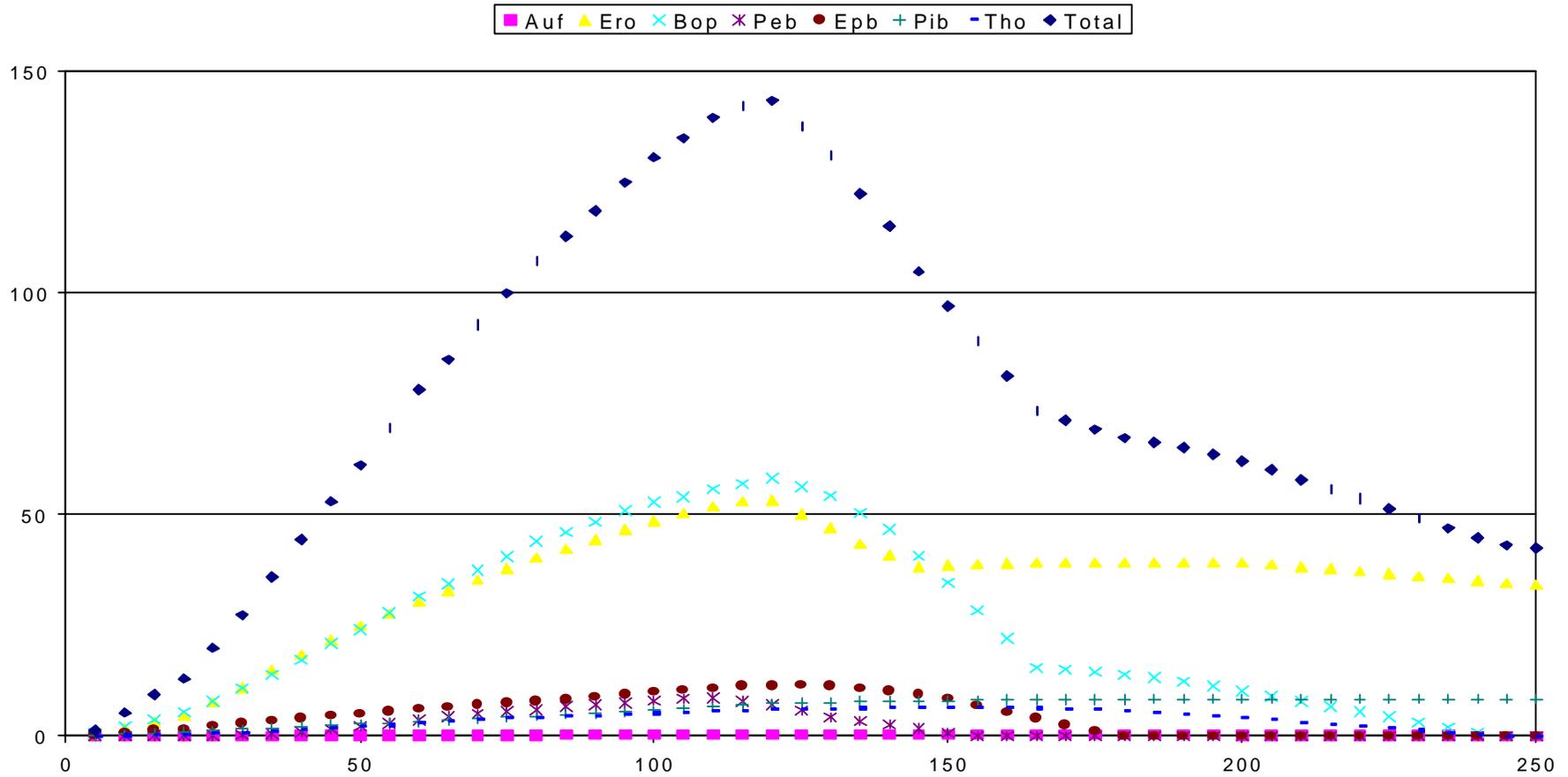
Âge	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	
DHP_moy (mm)	0	51	97	139	169	193	212	228	242	255	267	277	288	298	309	320	331	342	352	364	376	391	409	432	464	522	
H_moy (dm)	0	50	86	111	128	140	150	159	166	172	178	183	188	193	198	203	207	213	219	225	233	241	252	265	283	313	
Habitat	241	241	242	242	243	243	243	244	244	244	245	245	245	245	245	245	245	245	245	245	245	245	245	245	245	245	245

Groupe 32: BBR, volume faible



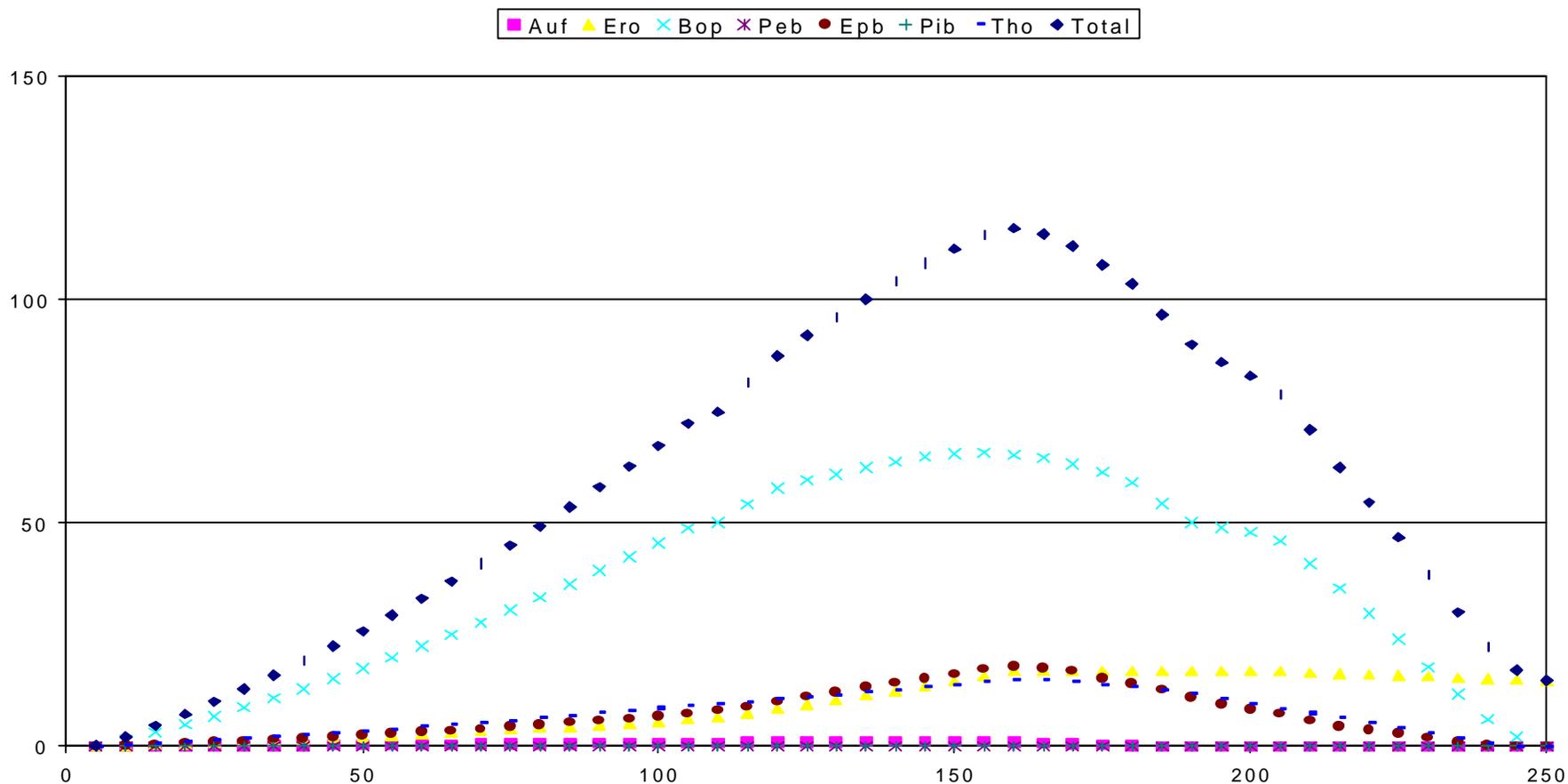
Âge	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	
DHP_moy (mm)	0	75	104	127	155	180	201	219	235	249	261	274	286	297	316	333	344	357	365	375	386	395	412	451	438	522	
H_moy (dm)	0	55	83	107	123	135	144	152	159	165	170	175	179	183	188	191	193	198	202	206	212	219	229	251	268	313	
Habitat	231	231	232	233	233	233	234	234	234	234	235	235	235	235	235	235	235	235	235	235	235	235	235	235	235	235	235

Groupe 33: ERFT, volume faible



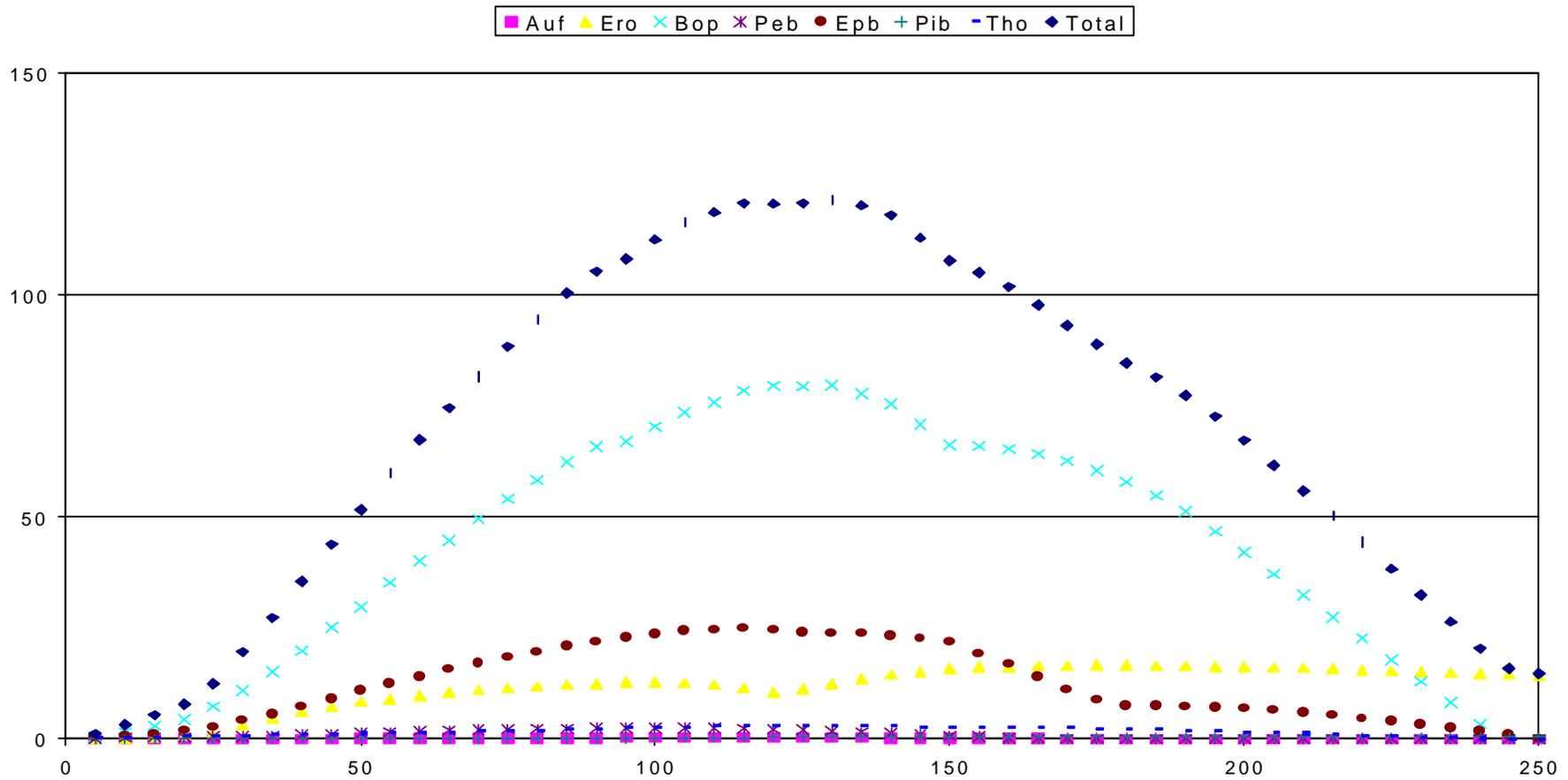
Âge	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	
DHP_moy (mm)	0	41	79	118	153	182	207	227	245	261	275	289	304	317	334	352	370	388	403	412	420	428	436	443	450	456	
H_moy (dm)	0	61	95	118	134	146	156	165	172	179	184	191	196	201	206	211	219	226	232	236	241	246	251	256	262	266	
Habitat	121	121	122	122	123	123	123	124	124	124	124	124	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125

Groupe 34: BJ, volume faible



Âge	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	
DHP_moy (mm)	0	38	73	108	146	181	210	234	254	273	290	304	317	328	337	351	364	375	387	397	410	422	431	438	446	441	
H_moy (dm)	0	50	87	109	125	137	147	155	162	169	175	180	185	190	194	198	202	205	209	213	218	222	227	233	245	255	
Habitat	121	121	122	122	123	123	123	124	124	124	124	124	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125

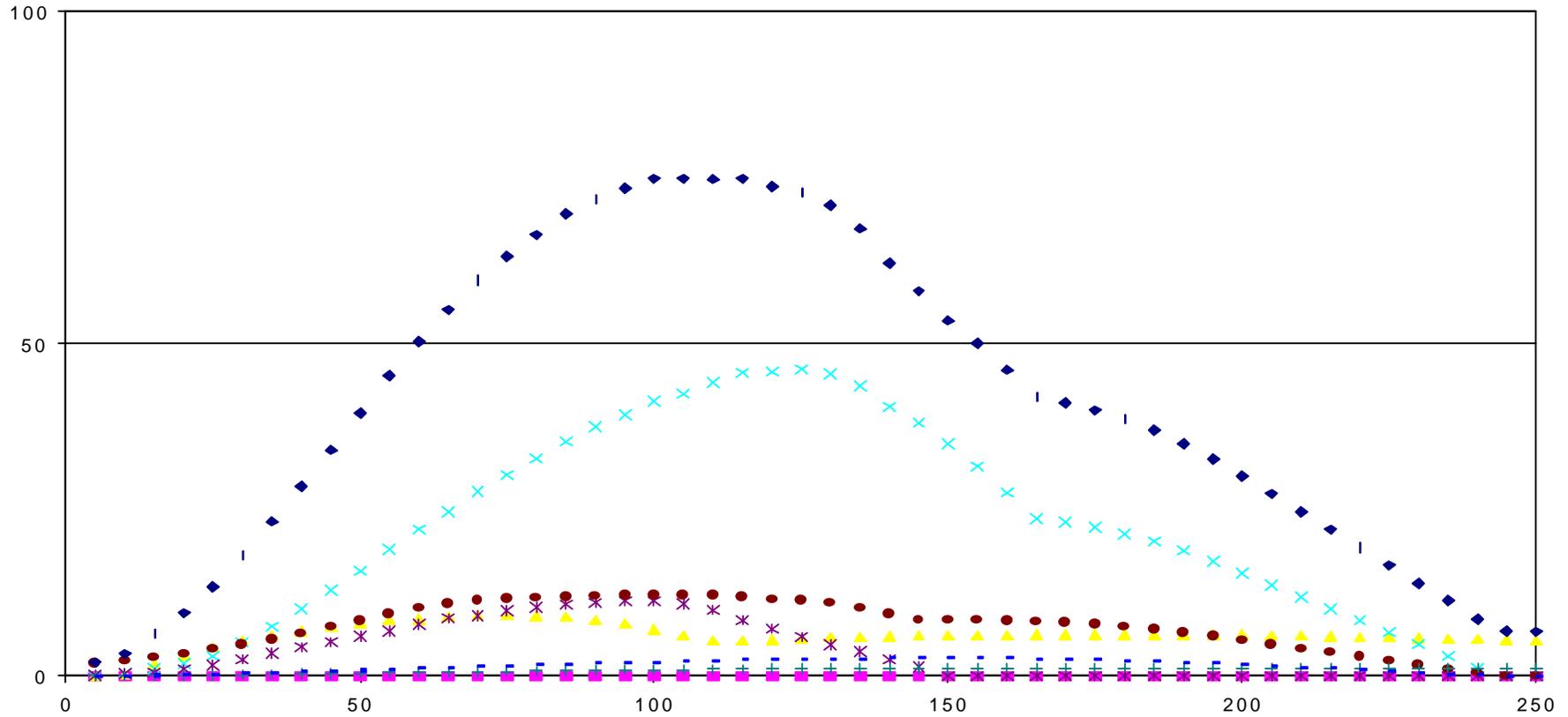
Groupe 35: FT, volume faible



Âge	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	
DHP_moy (mm)	0	46	82	118	151	178	200	219	235	249	262	274	286	298	318	338	364	388	403	410	416	421	426	429	428	442	
H_moy (dm)	0	54	91	114	129	140	149	156	163	169	174	179	184	188	194	199	205	211	216	219	223	226	230	236	244	256	
Habitat	121	121	122	122	123	123	123	124	124	124	124	124	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125

Groupe 36: FI, volume faible

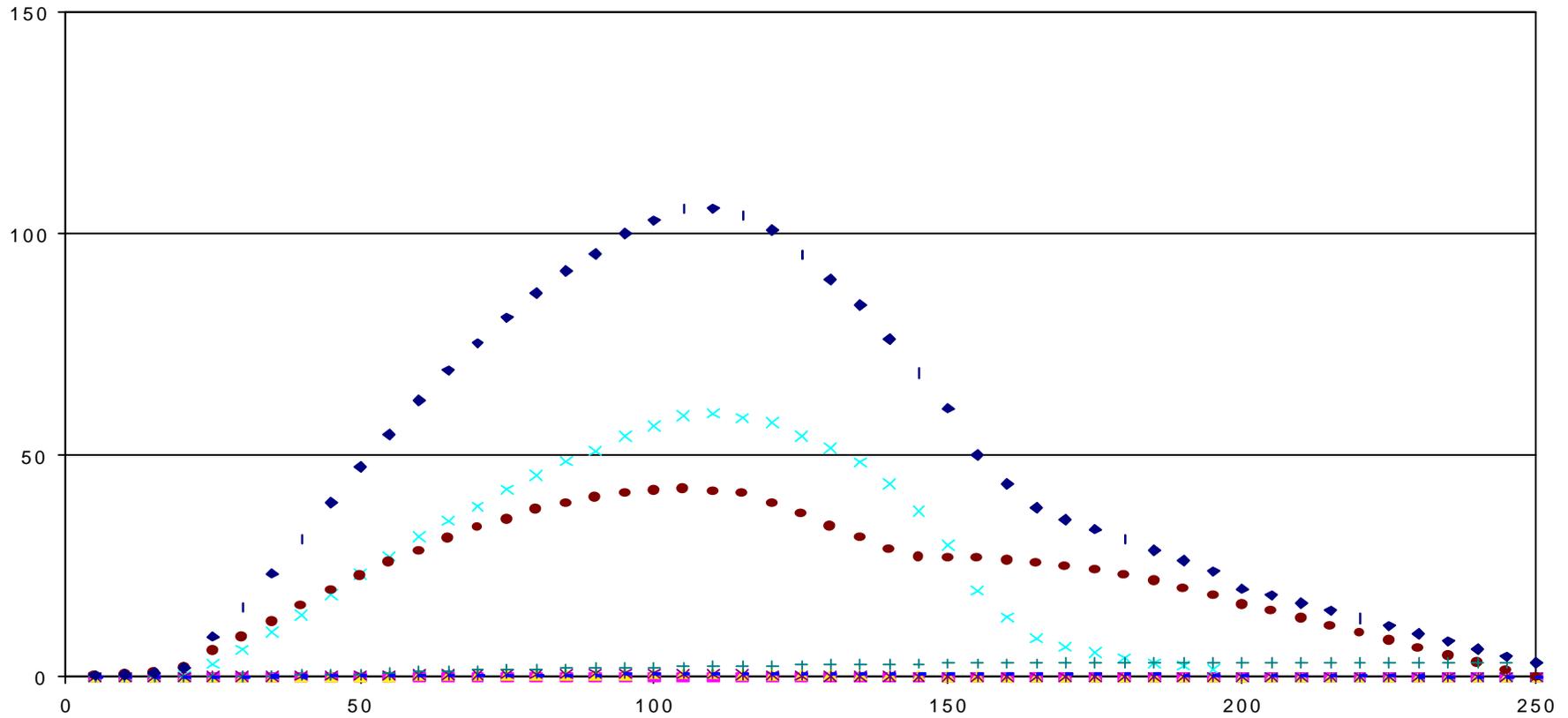
■ Auf ▲ Ero × Bop * Peb ● Epb + Pib - Tho ◆ Total



Âge	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	
DHP_moy (mm)	0	66	91	126	158	185	207	227	244	260	274	286	296	306	326	345	361	373	382	391	400	408	418	428	443	455	
H_moy (dm)	0	59	98	120	135	147	157	165	172	179	184	188	191	193	197	200	204	208	212	216	220	225	230	238	253	265	
Habitat	111	112	113	113	113	114	114	114	114	115	115	115	115	115	115	115	115	115	115	115	115	115	115	115	115	115	115

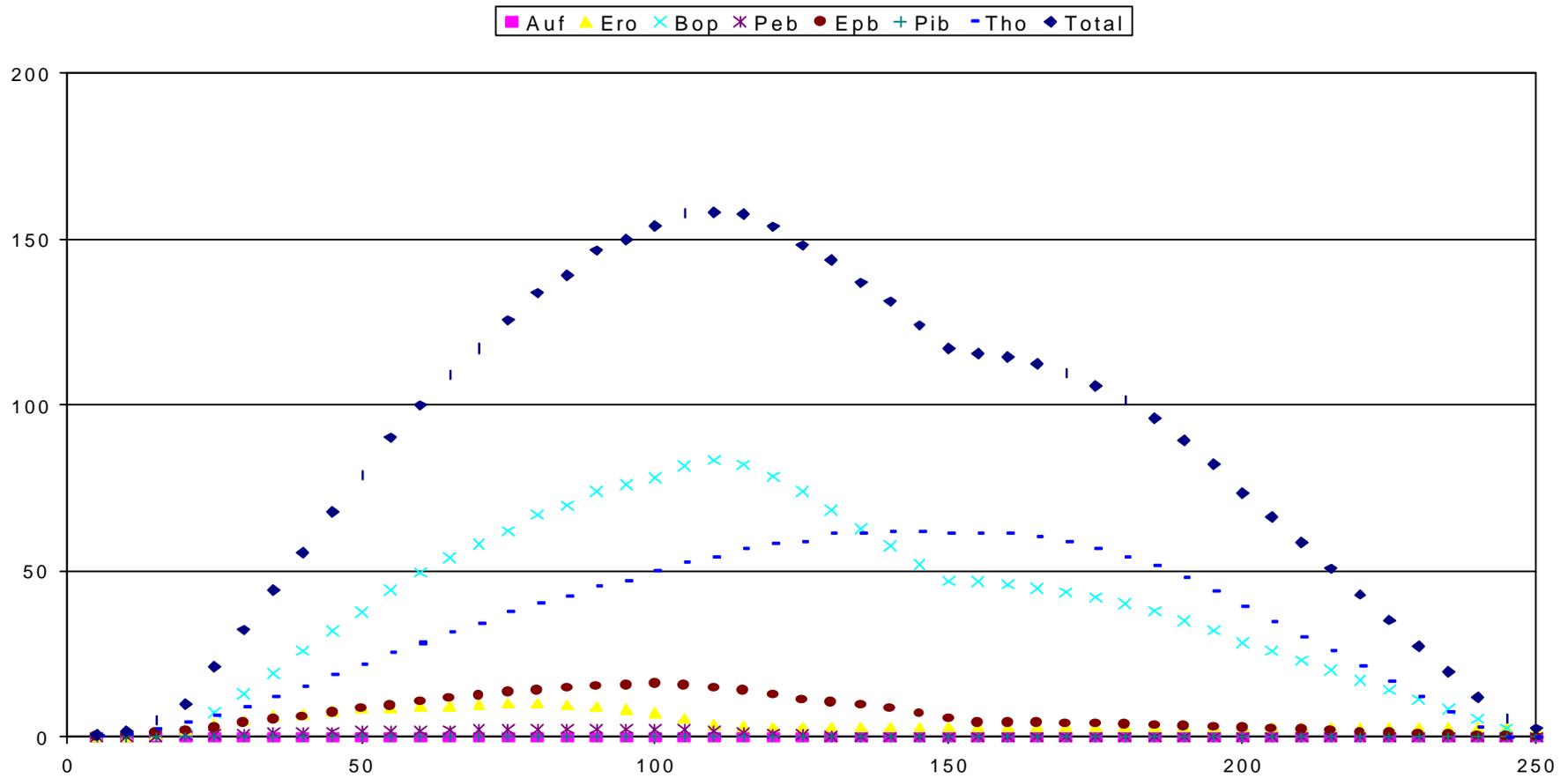
Groupe 37: BBR, volume faible

■ Auf ▲ Ero × Bop * Peb ● Epb + Pib - Tho ◆ Total



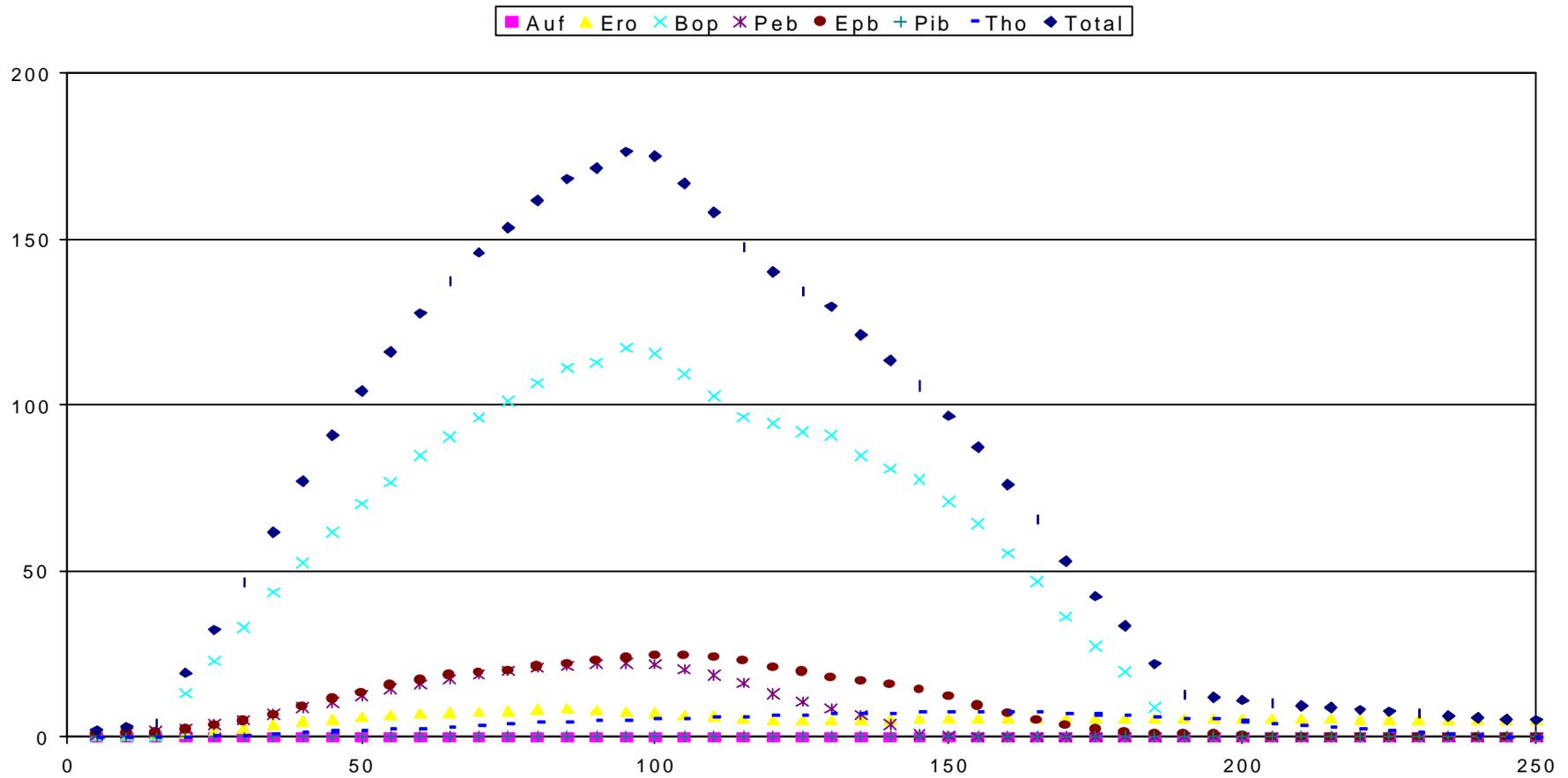
Âge	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	
DHP_moy (mm)	0	75	112	129	153	173	190	204	217	228	239	249	258	267	275	277	272	270	272	277	280	292	308	333	383	522	
H_moy (dm)	0	55	87	108	123	134	143	150	157	162	168	172	177	181	185	187	188	190	193	197	201	207	215	227	251	313	
Habitat	231	231	232	233	233	233	234	234	234	234	235	235	235	235	235	235	235	235	235	235	235	235	235	235	235	235	235

Groupe 39: BBR, volume faible



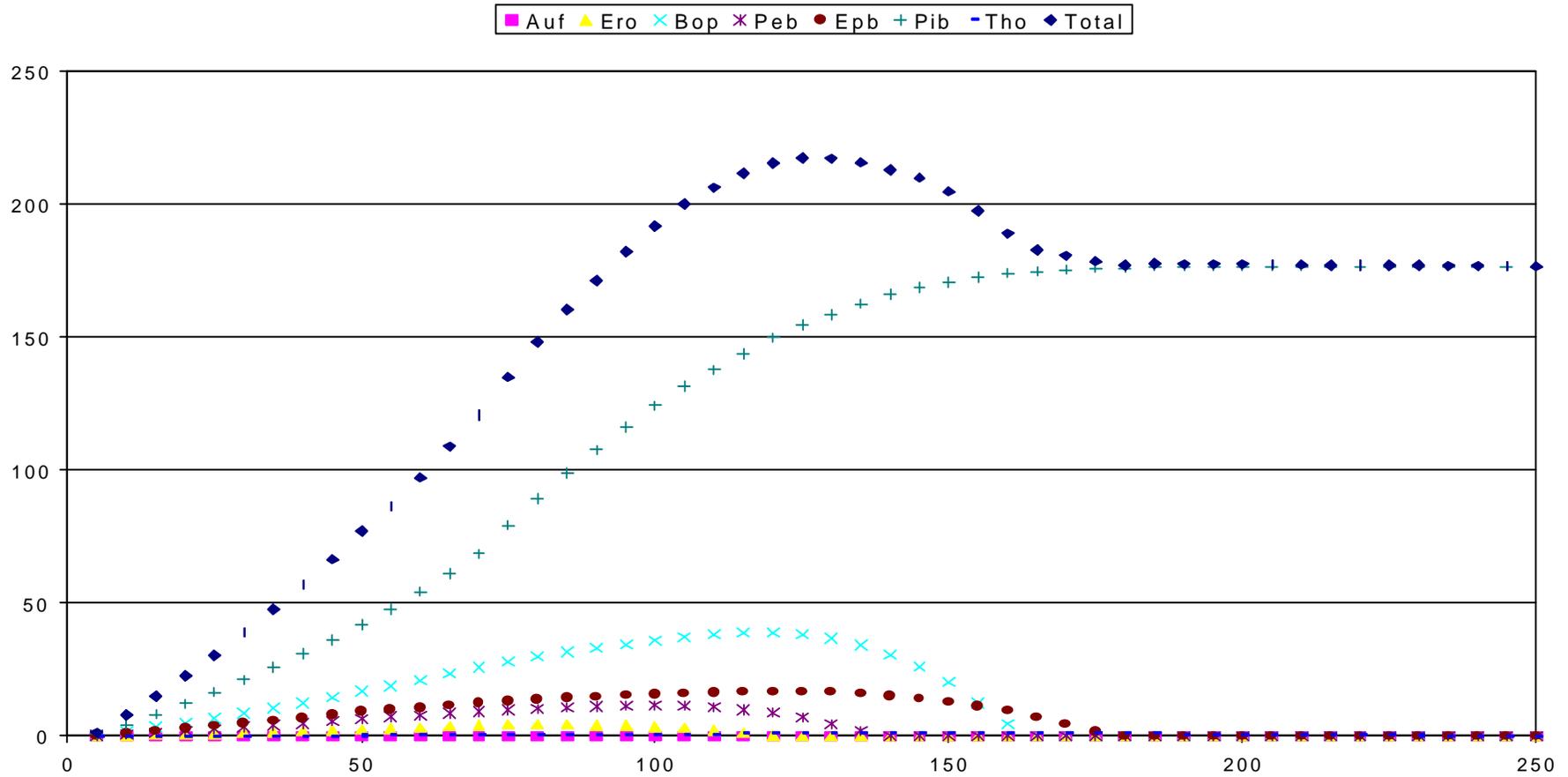
Âge	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250
DHP_moy (mm)	0	49	78	114	146	174	197	216	233	248	262	275	287	298	318	336	354	371	381	389	397	406	414	424	439	440
H_moy (dm)	0	33	76	105	119	130	139	147	153	159	164	168	172	174	178	182	187	191	194	197	201	204	208	213	225	254
Habitat	231	231	232	233	233	233	234	234	234	234	235	235	235	235	235	235	235	235	235	235	235	235	235	235	235	235

Groupe 40: BB, volume moyen



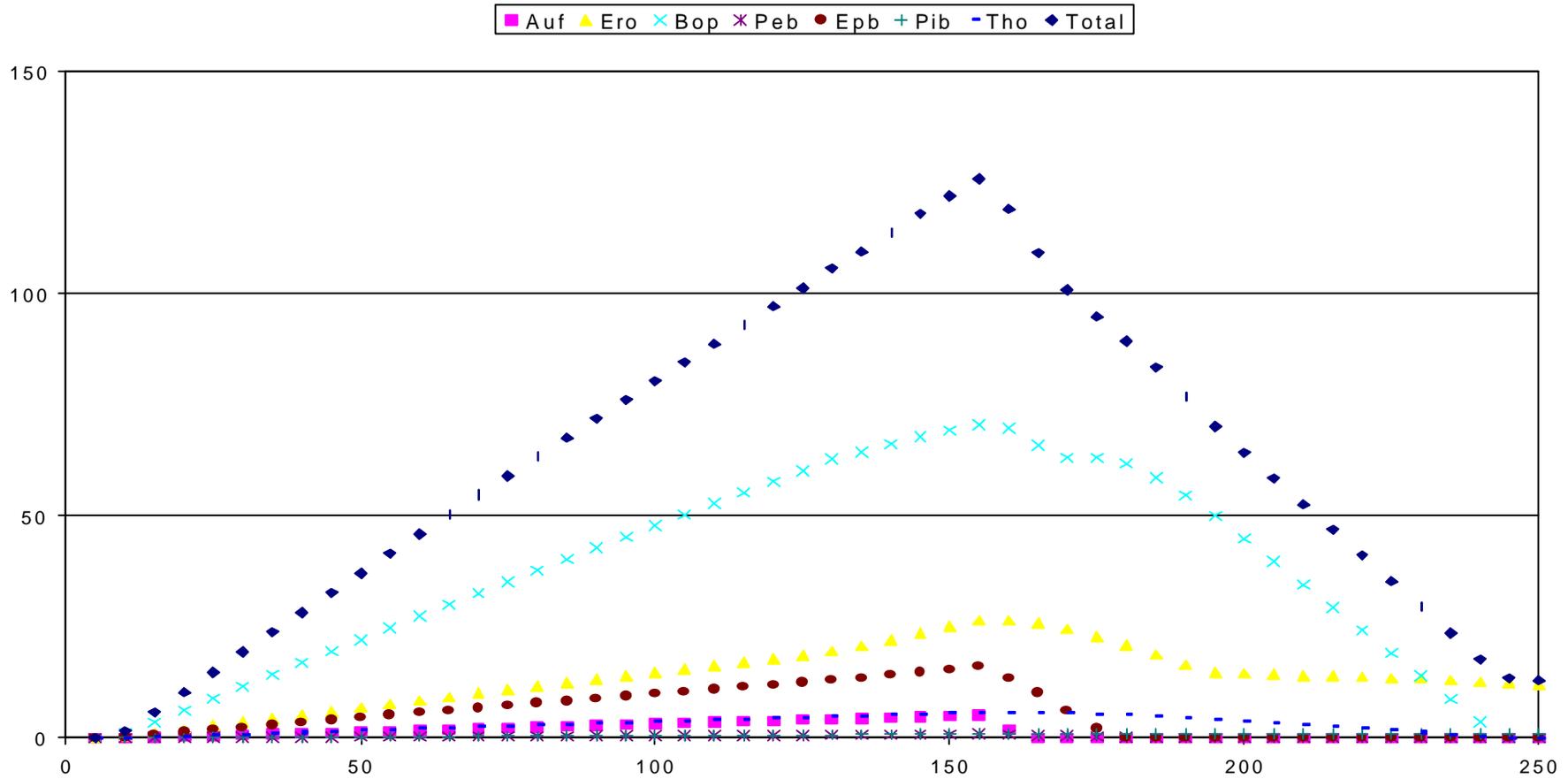
Âge	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250
DHP_moy (mm)	0	58	80	122	156	183	205	224	240	254	266	276	286	295	301	316	355	392	400	370	384	400	411	422	435	444
H_moy (dm)	0	63	97	118	133	145	154	163	170	176	181	185	187	190	191	193	200	208	211	209	215	223	230	239	251	257
Habitat	111	112	113	113	113	114	114	114	114	115	115	115	115	115	115	115	115	115	115	115	115	115	115	115	115	115

Groupe 41: PB+BB, volume élevé



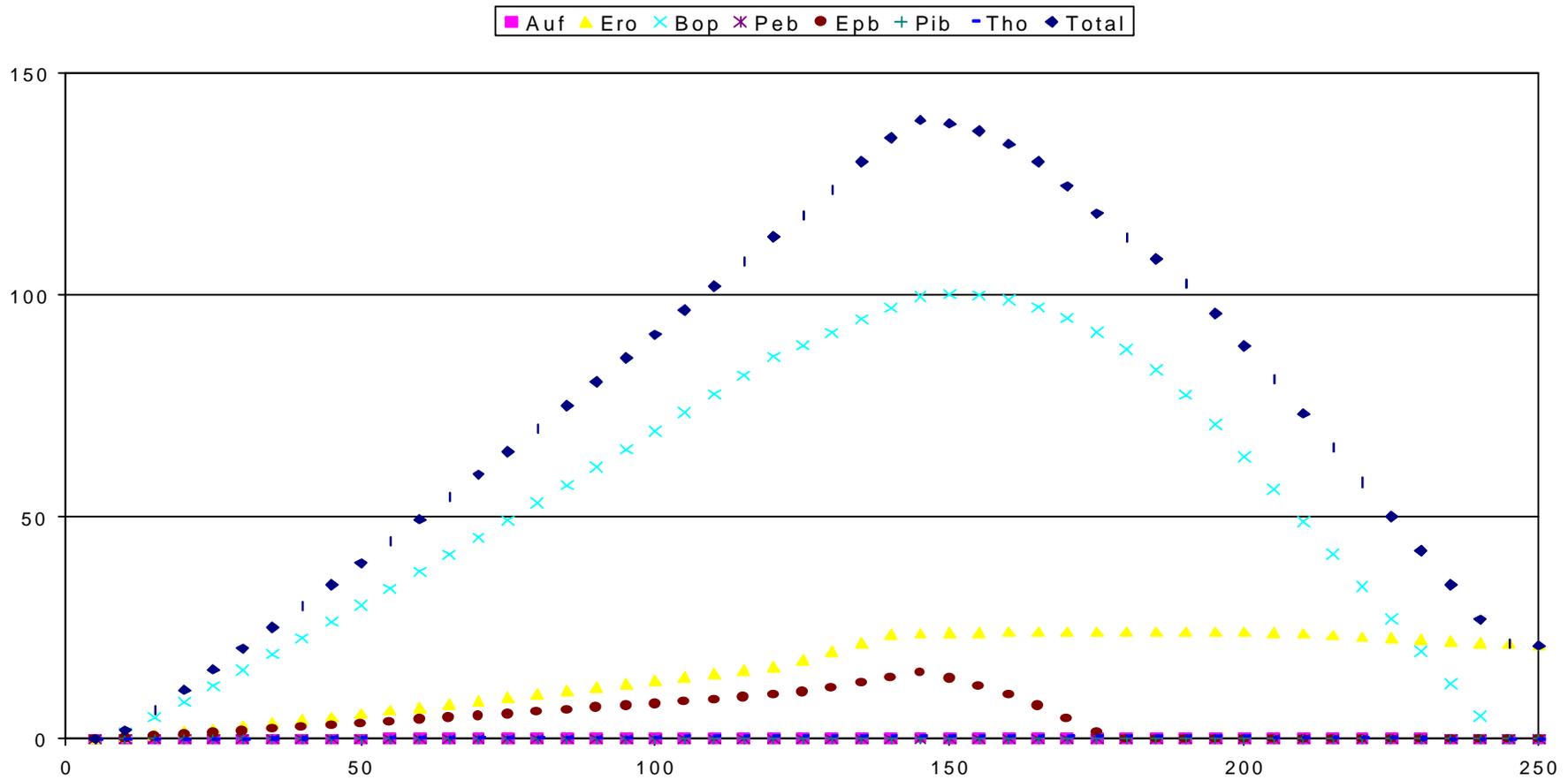
Âge	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250
DHP_moy (mm)	0	39	97	152	192	223	250	272	295	314	332	347	363	377	393	411	434	452	467	476	485	493	501	508	515	522
H_moy (dm)	0	47	83	114	136	153	167	179	191	201	210	218	226	233	241	251	263	273	281	286	291	296	300	305	309	313
Habitat	241	241	242	242	243	243	243	244	244	244	245	245	245	245	245	245	245	245	245	245	245	245	245	245	245	245

Groupe 42: BJ, volume faible



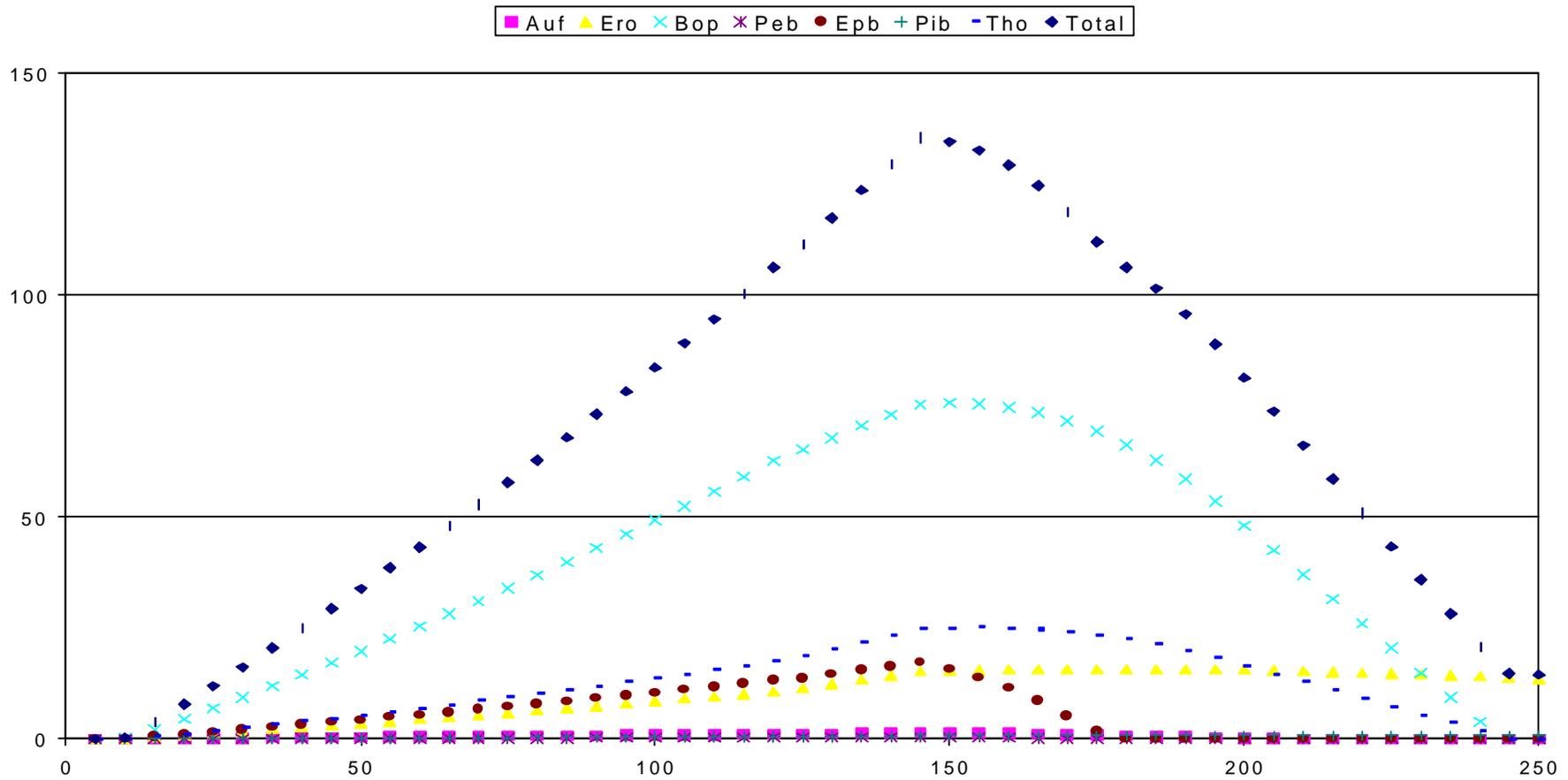
Âge	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	
DHP_moy (mm)	0	40	76	112	149	181	208	230	249	266	281	295	308	319	329	338	356	386	408	419	427	432	435	433	417	406	
H_moy (dm)	0	56	93	114	130	141	151	159	166	172	178	183	188	192	196	199	204	210	215	218	221	225	228	231	236	241	
Habitat	121	121	122	122	123	123	123	124	124	124	124	124	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125

Groupe 43: BJ, volume faible



Âge	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	
DHP_moy (mm)	0	39	74	110	149	183	211	235	255	273	289	304	317	328	344	369	386	404	421	430	437	444	448	450	443	440	
H_moy (dm)	0	57	94	115	131	143	152	160	168	174	179	185	189	193	198	204	210	215	220	224	227	231	235	240	248	254	
Habitat	121	121	122	122	123	123	123	124	124	124	124	124	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125

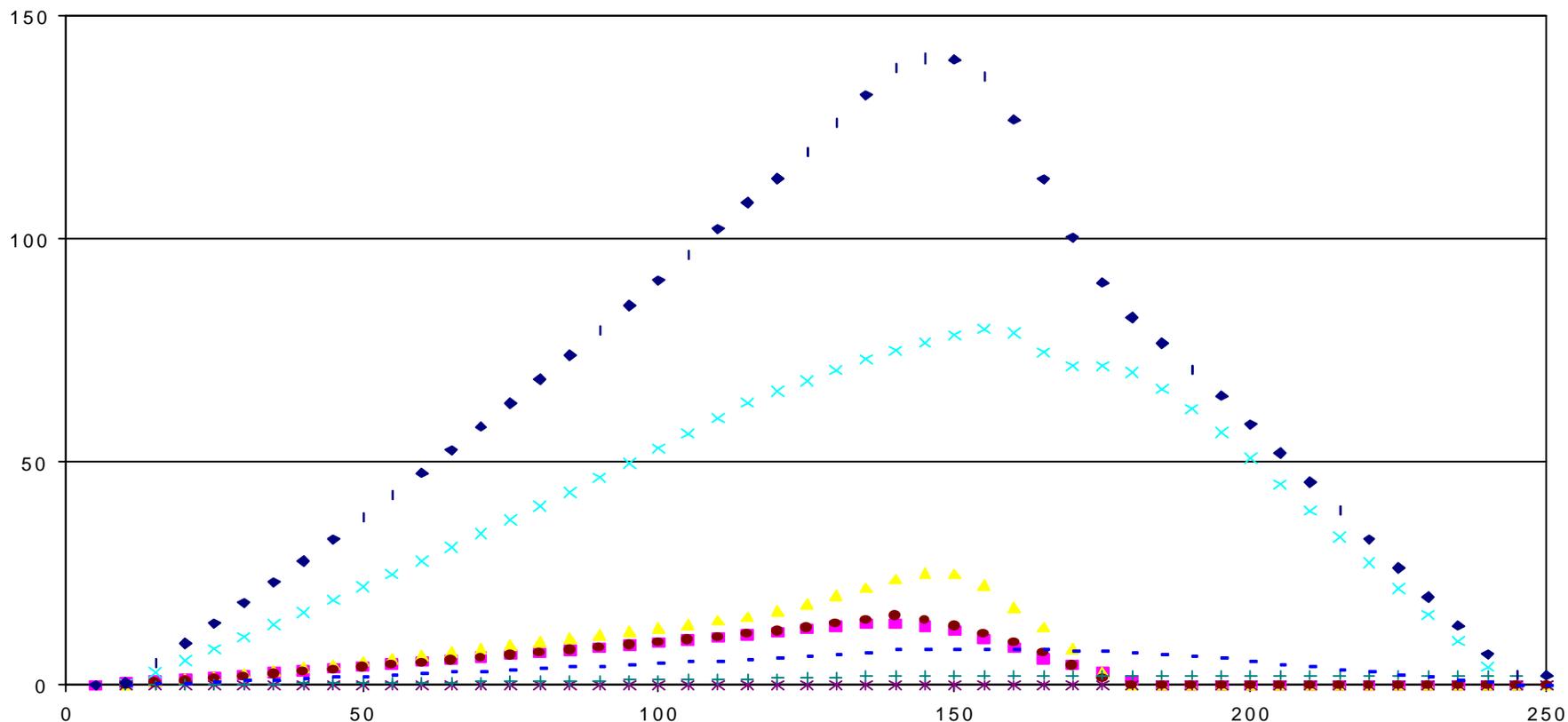
Groupe 44: BJ-C, volume faible



Âge	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	
DHP_moy (mm)	0	41	75	109	147	180	207	230	251	268	284	298	312	325	336	348	373	390	407	417	425	433	439	444	443	445	
H_moy (dm)	0	52	86	108	124	136	145	154	161	167	173	178	183	188	192	196	202	206	211	215	219	223	228	234	245	258	
Habitat	231	231	232	233	233	233	234	234	234	234	235	235	235	235	235	235	235	235	235	235	235	235	235	235	235	235	235

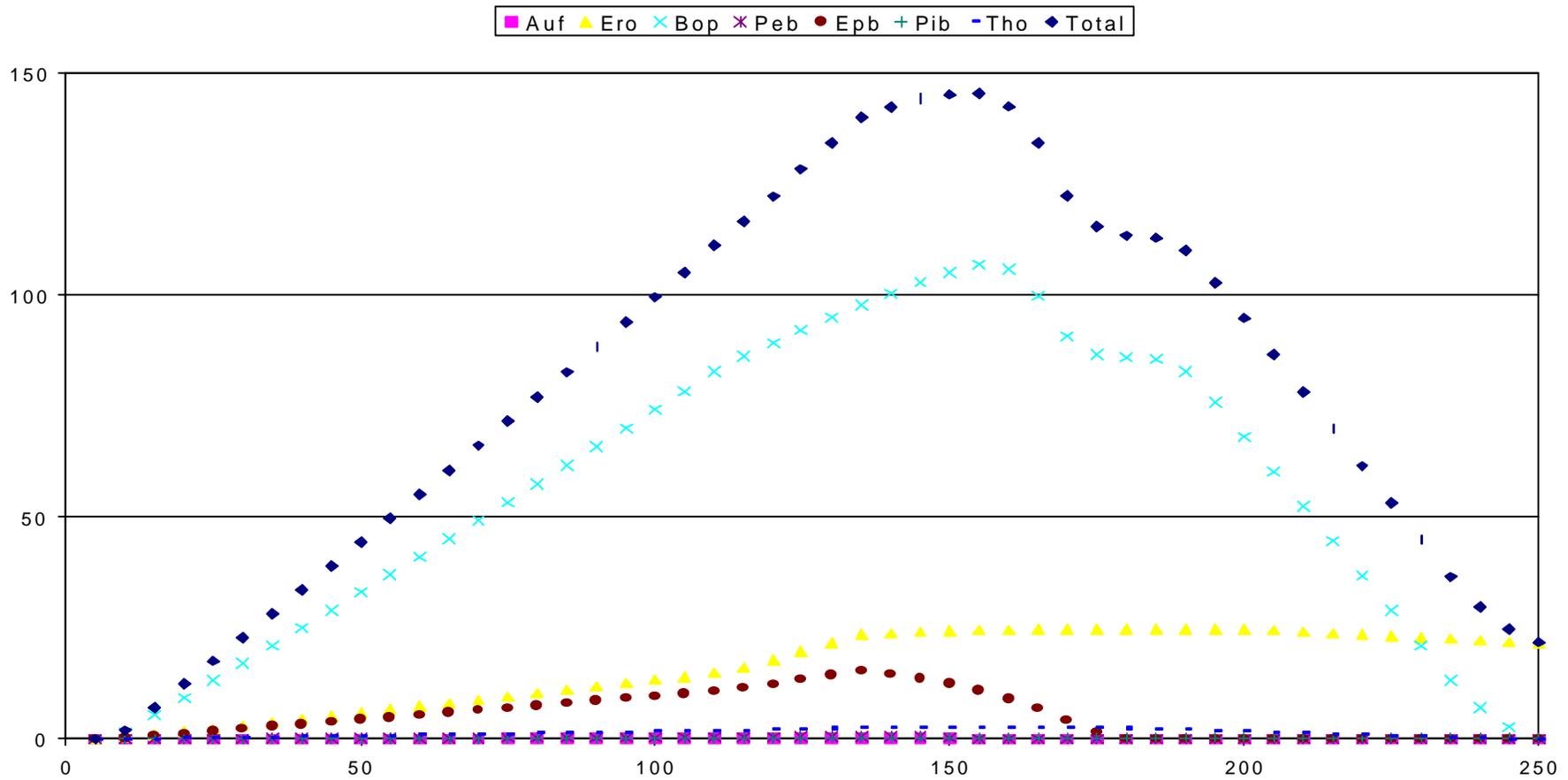
Groupe 45: BJ, volume faible

■ Auf ▲ Ero × Bop * Peb ● Epb + Pib - Tho ◆ Total



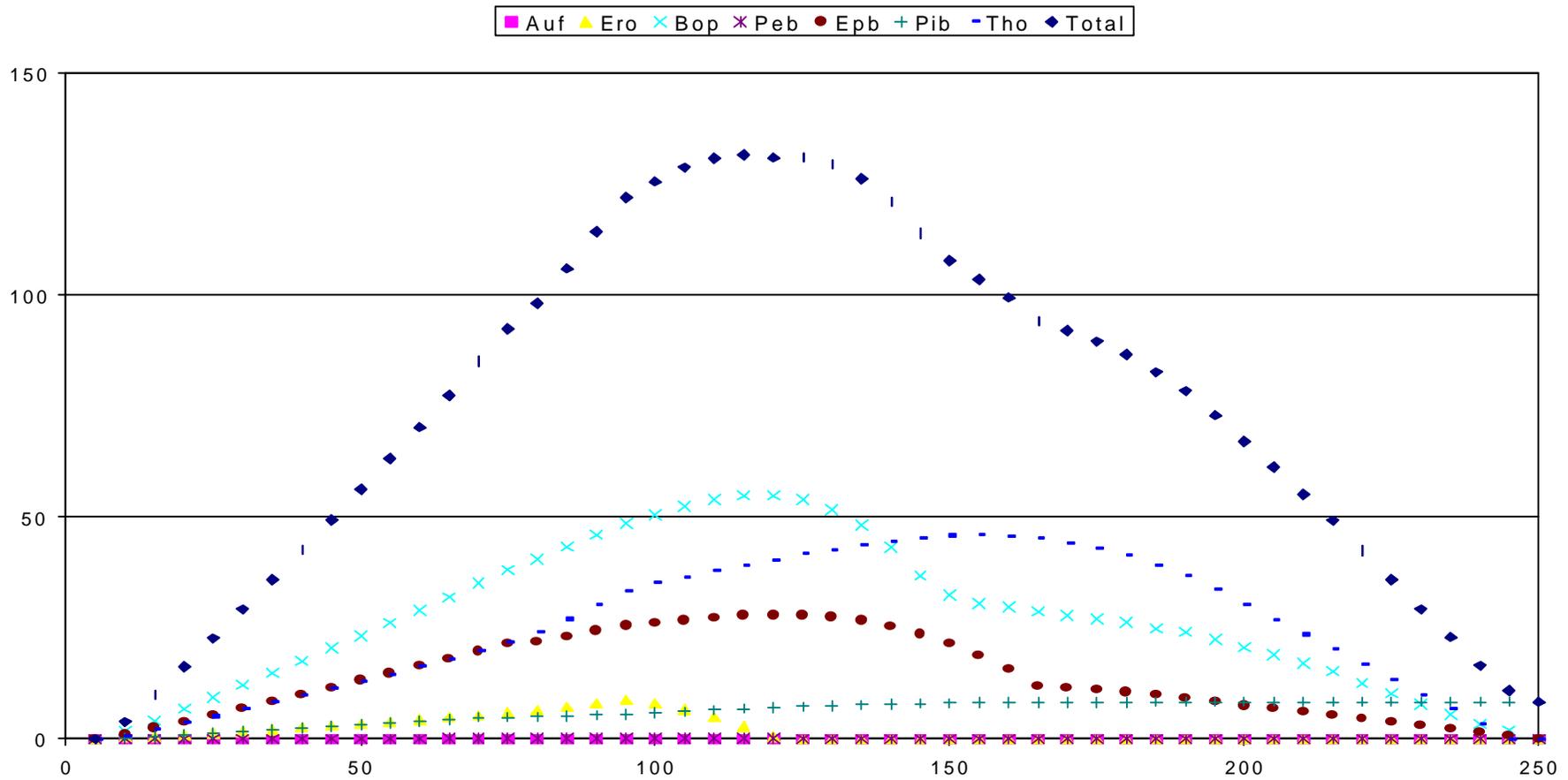
Âge	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	
DHP_moy (mm)	0	40	77	114	150	181	207	228	247	264	279	292	304	314	323	335	362	391	421	435	445	454	463	473	487	522	
H_moy (dm)	0	58	93	114	129	140	150	158	165	171	176	181	186	190	193	197	203	209	215	218	222	225	229	235	254	313	
Habitat	121	121	122	122	123	123	123	124	124	124	124	124	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125

Groupe 46: BJ, volume faible



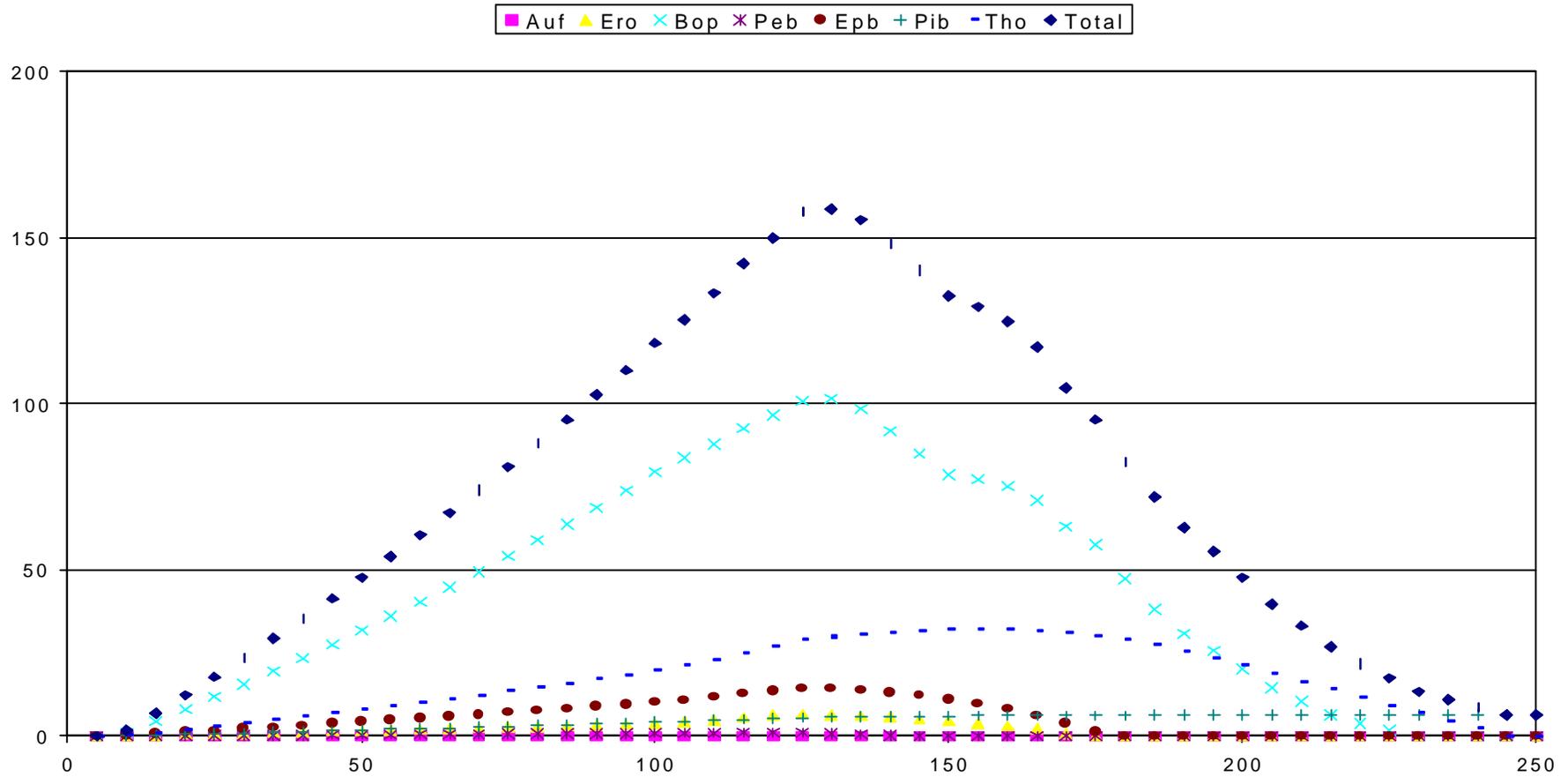
Âge	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	
DHP_moy (mm)	0	39	74	110	149	183	211	234	255	273	289	304	318	330	342	361	389	404	420	429	437	444	449	450	446	441	
H_moy (dm)	0	56	93	115	130	142	152	160	167	174	179	184	190	195	199	204	210	215	220	223	227	231	235	240	248	255	
Habitat	121	121	122	122	123	123	123	124	124	124	124	124	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125

Groupe 47: CBJ-, volume faible



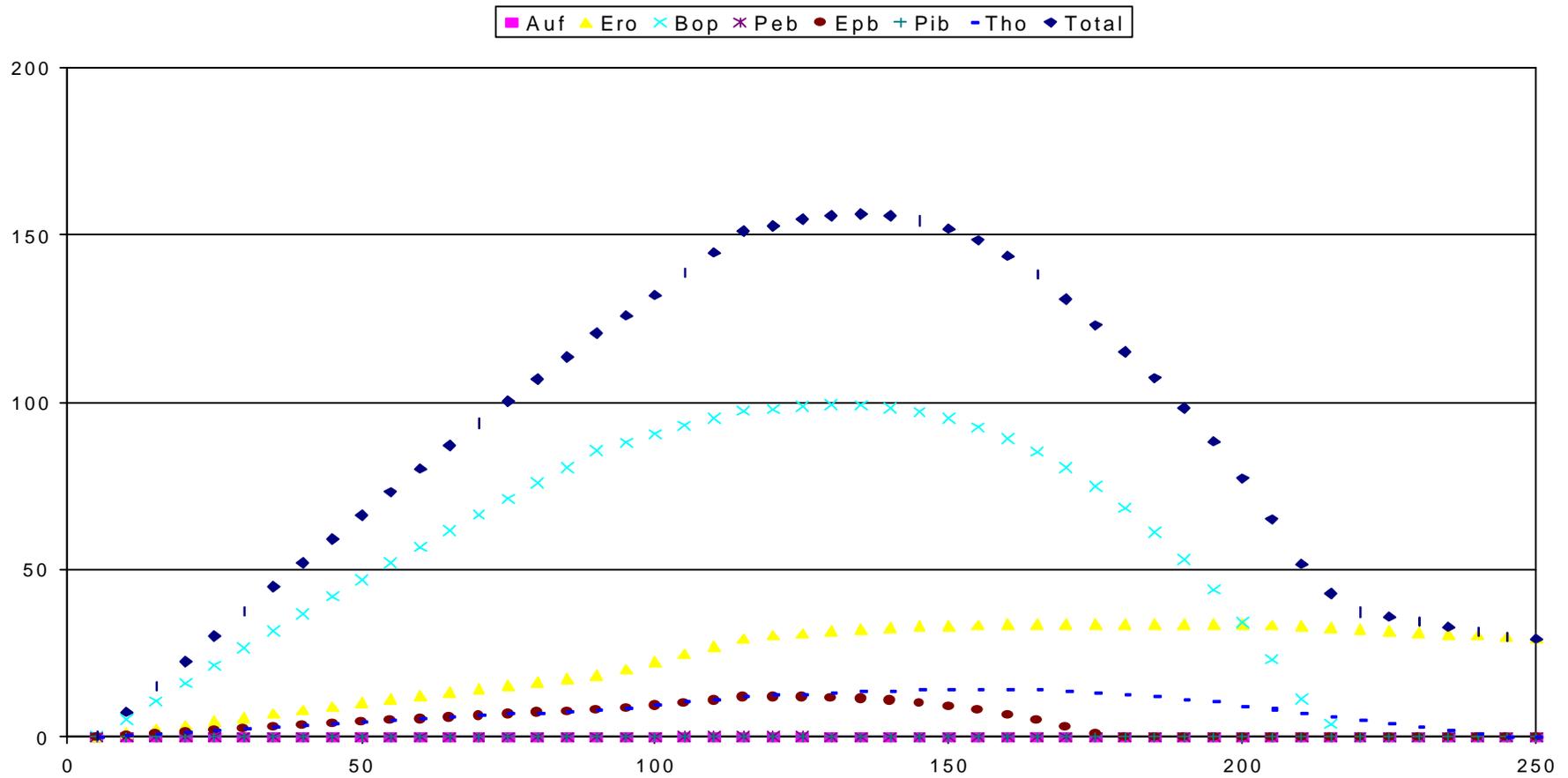
Âge	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	
DHP_moy (mm)	0	45	82	116	150	179	202	222	240	255	269	282	295	306	315	327	347	363	373	383	394	405	417	432	462	522	
H_moy (dm)	0	47	81	103	118	130	140	148	155	161	166	171	175	179	182	185	190	195	199	204	209	215	222	234	260	313	
Habitat	241	241	242	242	243	243	243	244	244	244	245	245	245	245	245	245	245	245	245	245	245	245	245	245	245	245	245

Groupe 48: BJ+C, volume faible



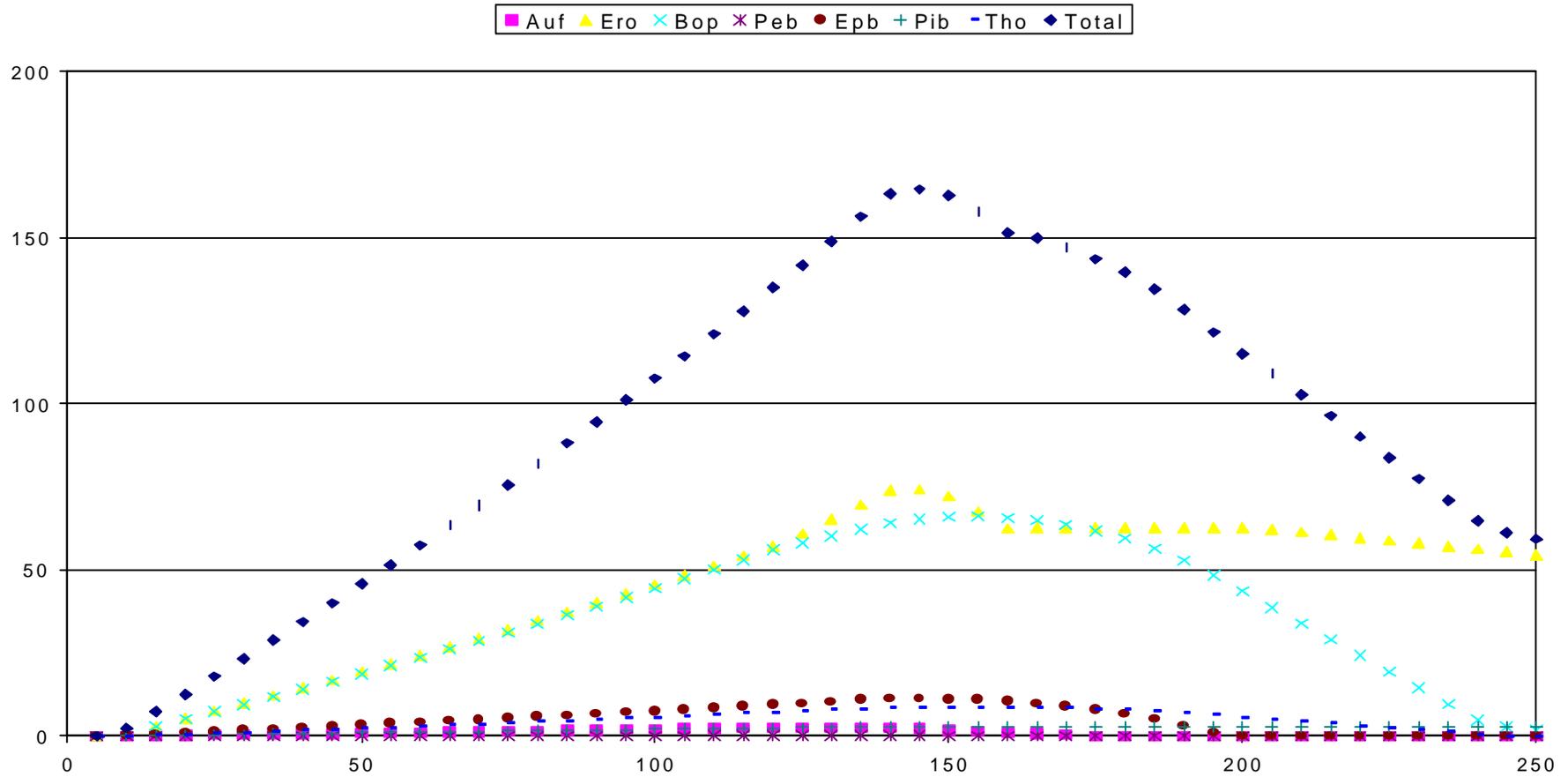
Âge	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250
DHP_moy (mm)	0	39	75	110	149	184	213	237	258	276	293	307	319	332	343	353	377	393	406	412	419	425	432	445	483	522
H_moy (dm)	0	48	84	107	123	136	146	154	162	168	174	179	184	188	191	194	200	204	207	210	214	219	227	244	277	313
Habitat	231	231	232	233	233	233	234	234	234	234	235	235	235	235	235	235	235	235	235	235	235	235	235	235	235	235

Groupe 49: BJ, volume faible



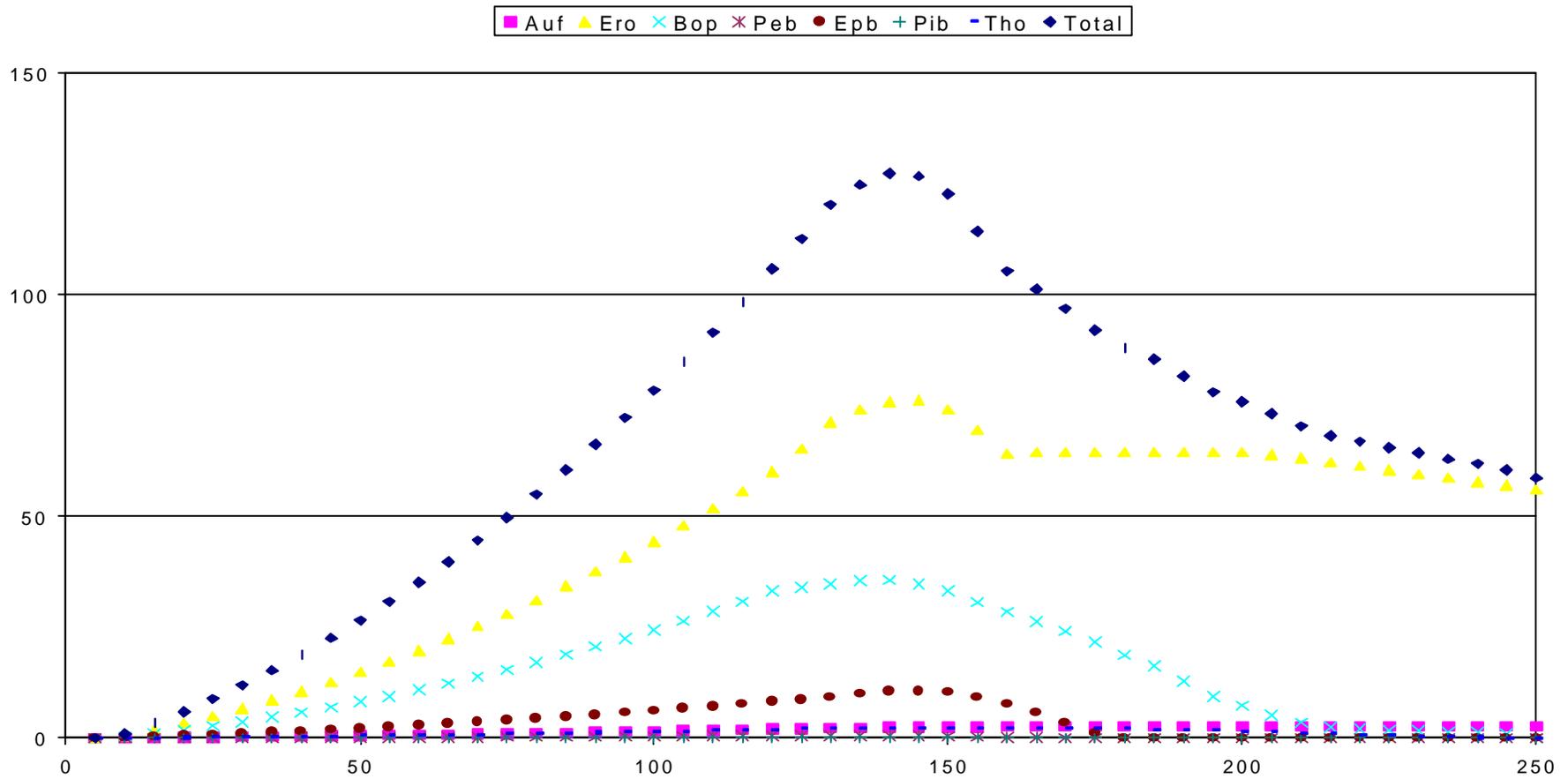
Âge	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	
DHP_moy (mm)	0	37	71	106	147	183	213	238	259	278	295	309	322	335	348	360	383	397	409	416	420	417	414	423	432	440	
H_moy (dm)	0	53	91	113	129	142	152	160	167	174	180	185	190	194	199	203	209	213	218	221	226	232	239	244	250	254	
Habitat	121	121	122	122	123	123	123	124	124	124	124	124	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125

Groupe 51: ERBJ, volume moyen



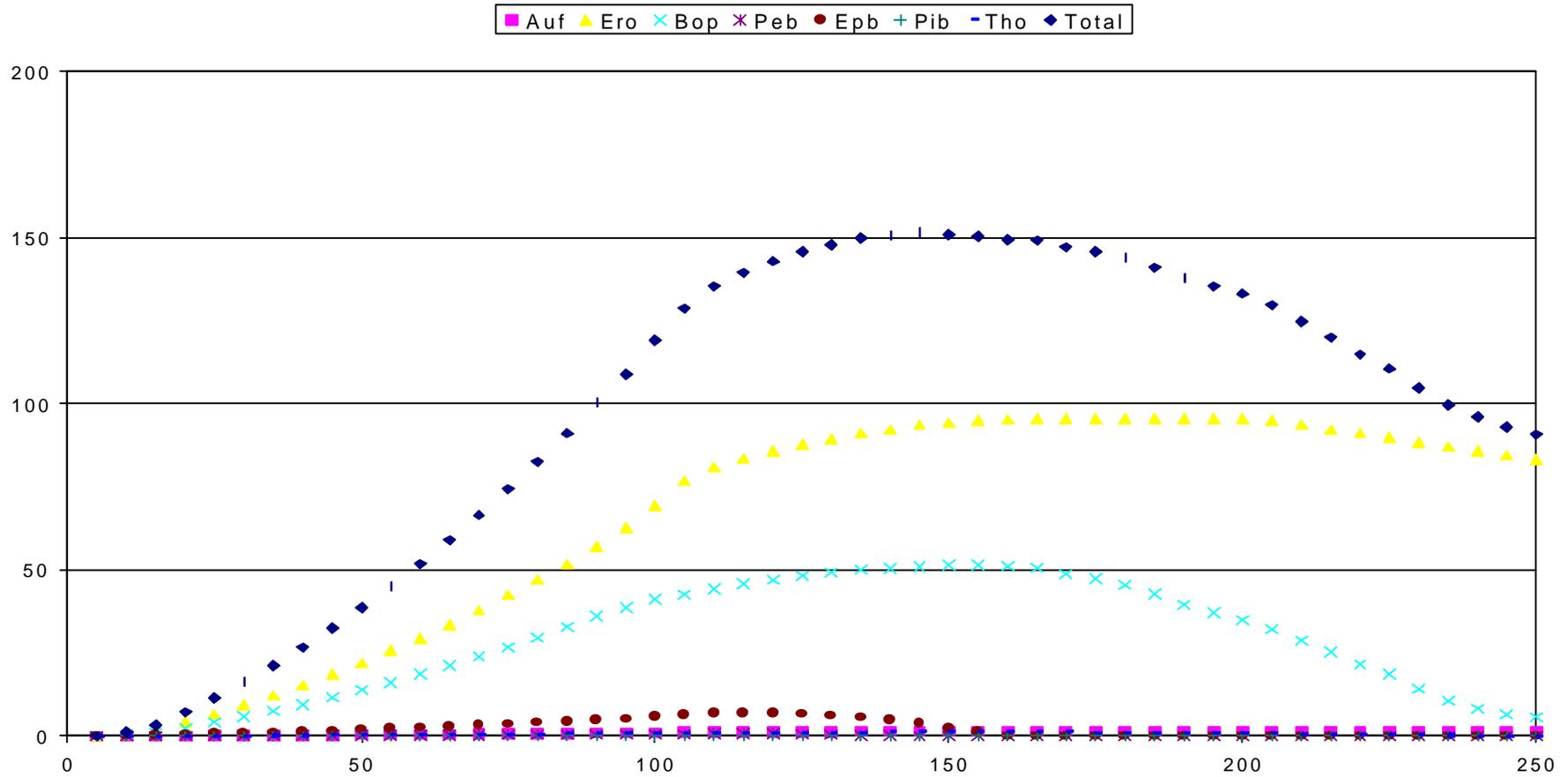
Âge	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	
DHP_moy (mm)	0	38	73	107	147	183	212	236	257	276	293	308	322	339	351	363	375	386	398	410	422	428	434	438	441	446	
H_moy (dm)	0	57	95	118	134	146	157	165	173	179	185	191	195	202	207	211	214	218	222	227	232	237	241	247	253	257	
Habitat	121	121	122	122	123	123	123	124	124	124	124	124	124	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125

Groupe 53: ER, volume faible



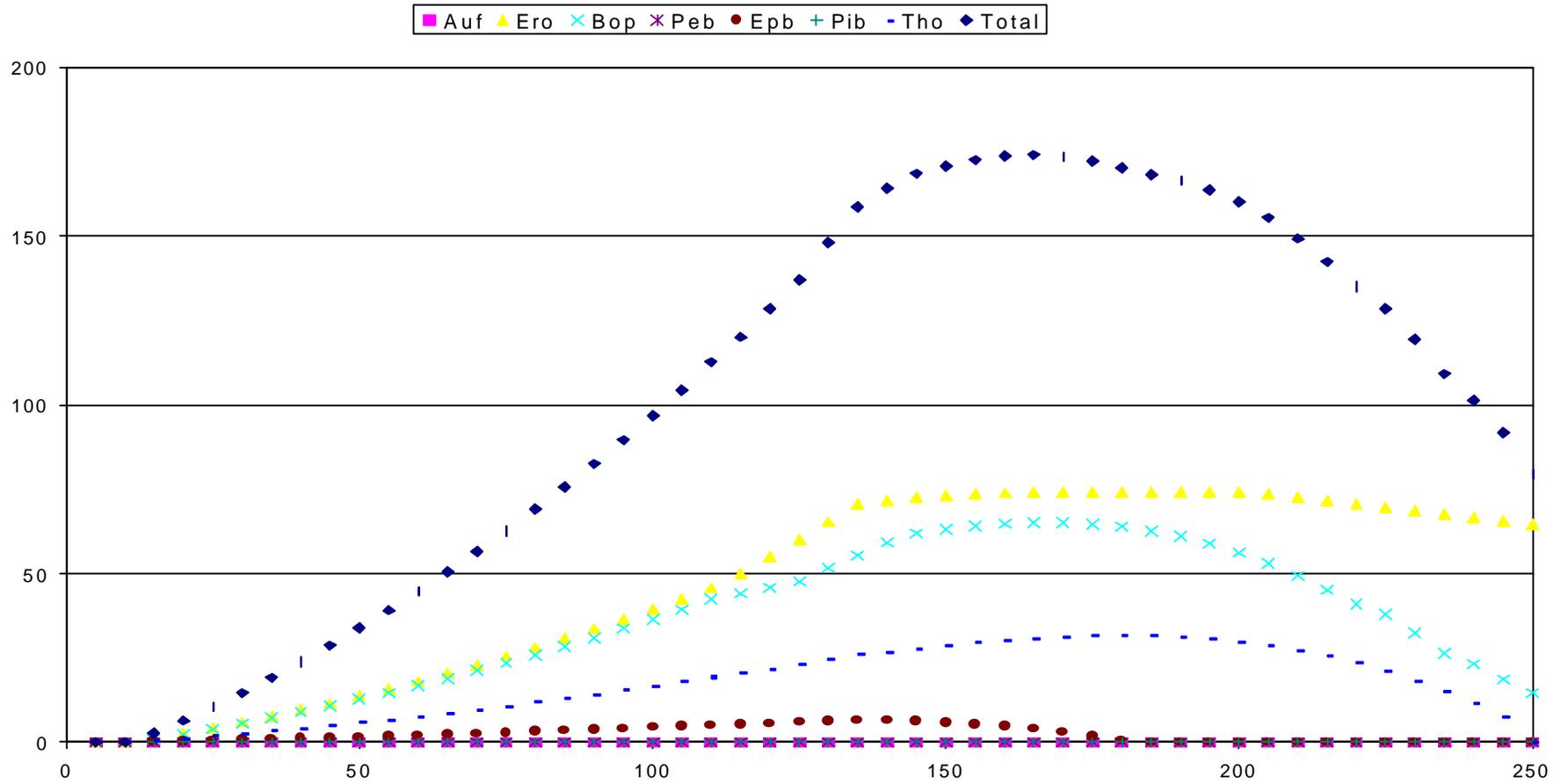
Âge	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	
DHP_moy (mm)	0	37	73	106	146	180	209	233	253	272	288	303	319	334	345	356	368	382	395	402	408	414	420	428	434	440	
H_moy (dm)	0	61	99	121	137	150	160	168	176	182	188	193	199	206	210	214	218	224	230	234	238	242	246	249	251	254	
Habitat	121	121	122	122	123	123	123	124	124	124	124	124	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125

Groupe 55: ERBJ, volume faible



Âge	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	
DHP_moy (mm)	0	37	71	106	146	181	209	233	254	272	288	302	319	335	349	362	381	391	400	408	416	423	429	433	438	444	
H_moy (dm)	0	63	100	122	138	150	160	169	176	183	189	194	201	207	211	216	221	225	229	233	236	240	243	247	250	253	
Habitat	121	121	122	122	123	123	123	124	124	124	124	124	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125

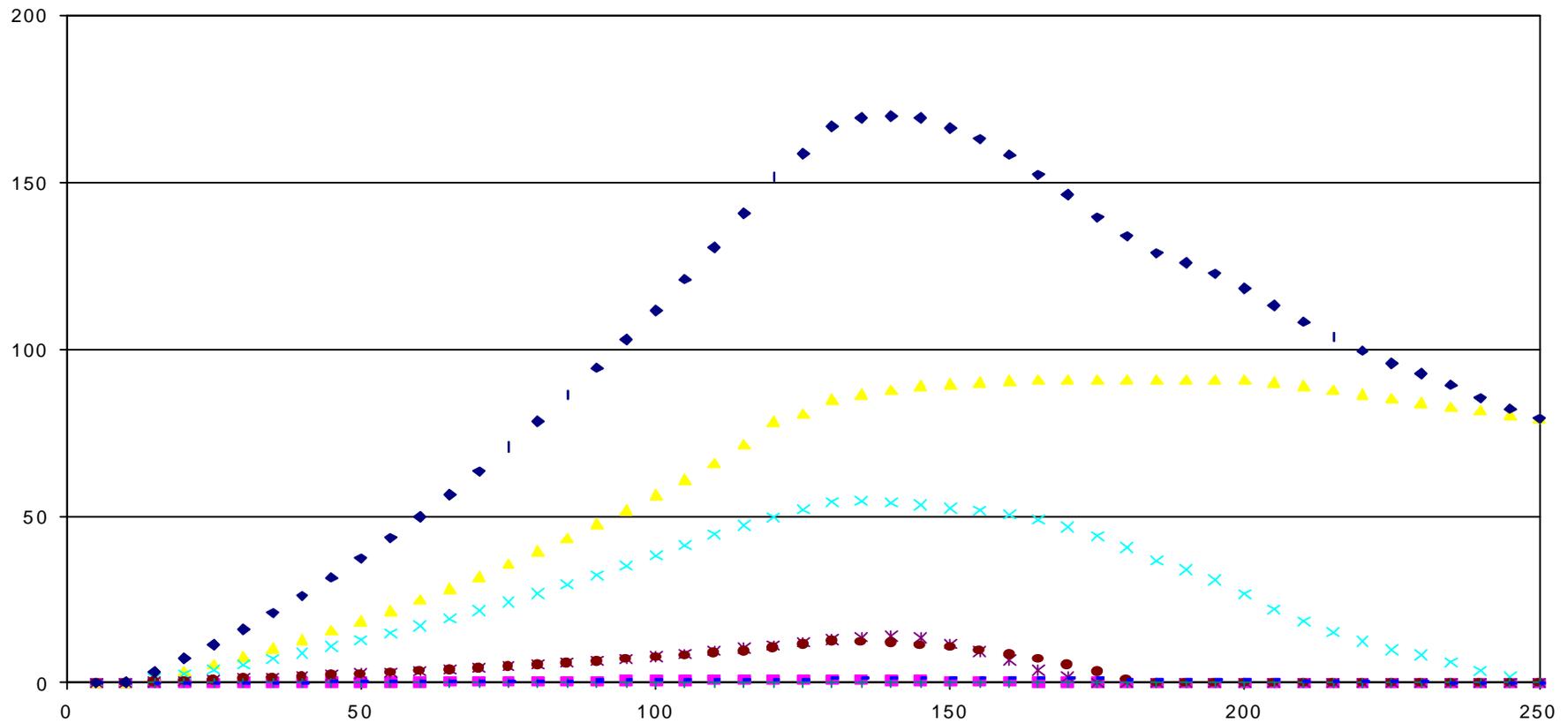
Groupe 56: ERBJ, volume moyen



Âge	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	
DHP_moy (mm)	0	35	69	101	142	179	209	235	257	276	294	309	323	336	349	362	374	385	397	406	414	421	428	435	441	450	
H_moy (dm)	0	49	90	113	130	142	153	162	169	176	182	187	193	198	202	206	210	213	217	220	224	227	231	235	241	251	
Habitat	121	121	122	122	123	123	123	124	124	124	124	124	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125

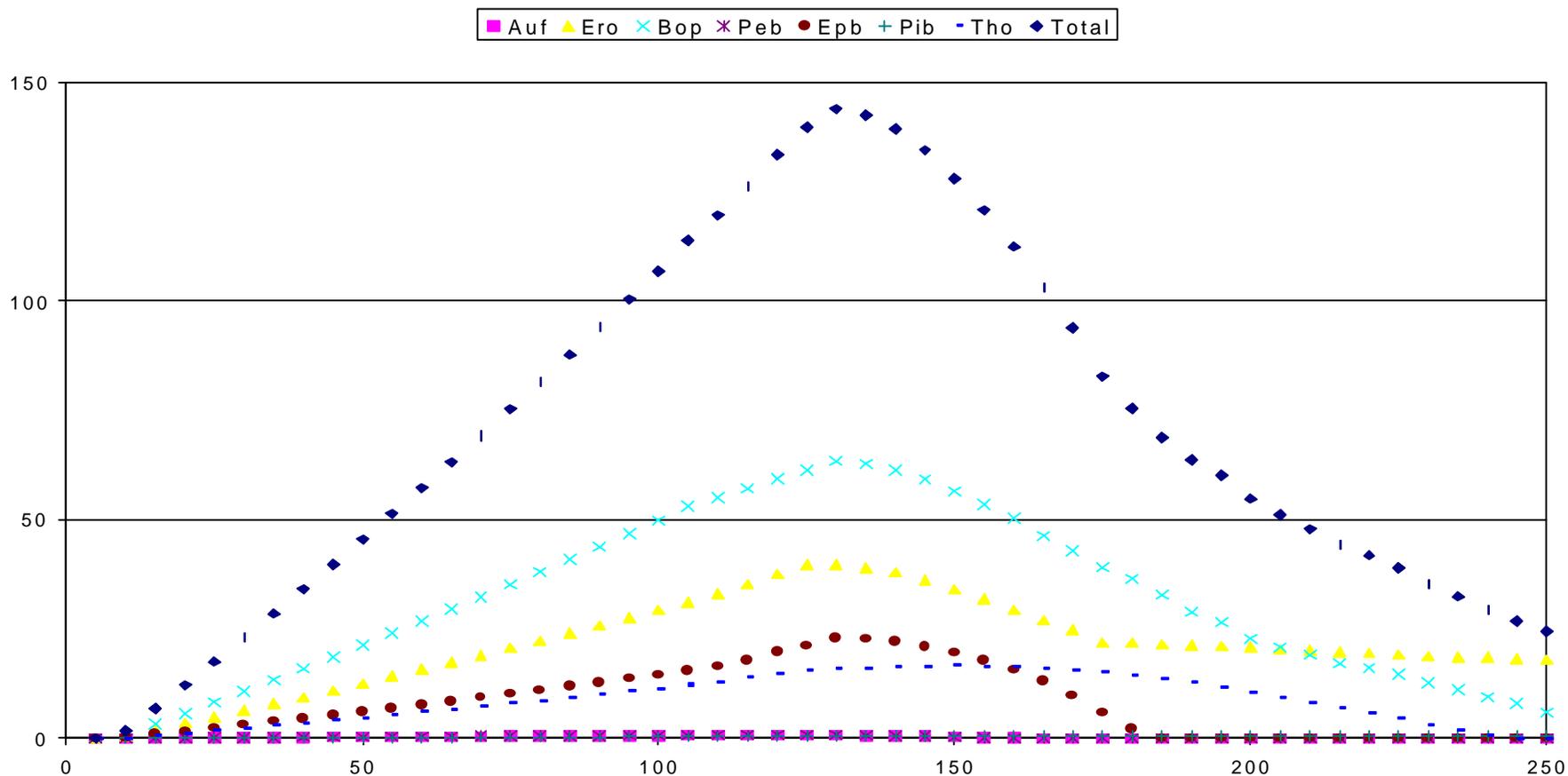
Groupe 57: ERBJ, volume moyen

■ Auf ▲ Ero × Bop ✖ Peb ● Epb + Pib - Tho ◆ Total



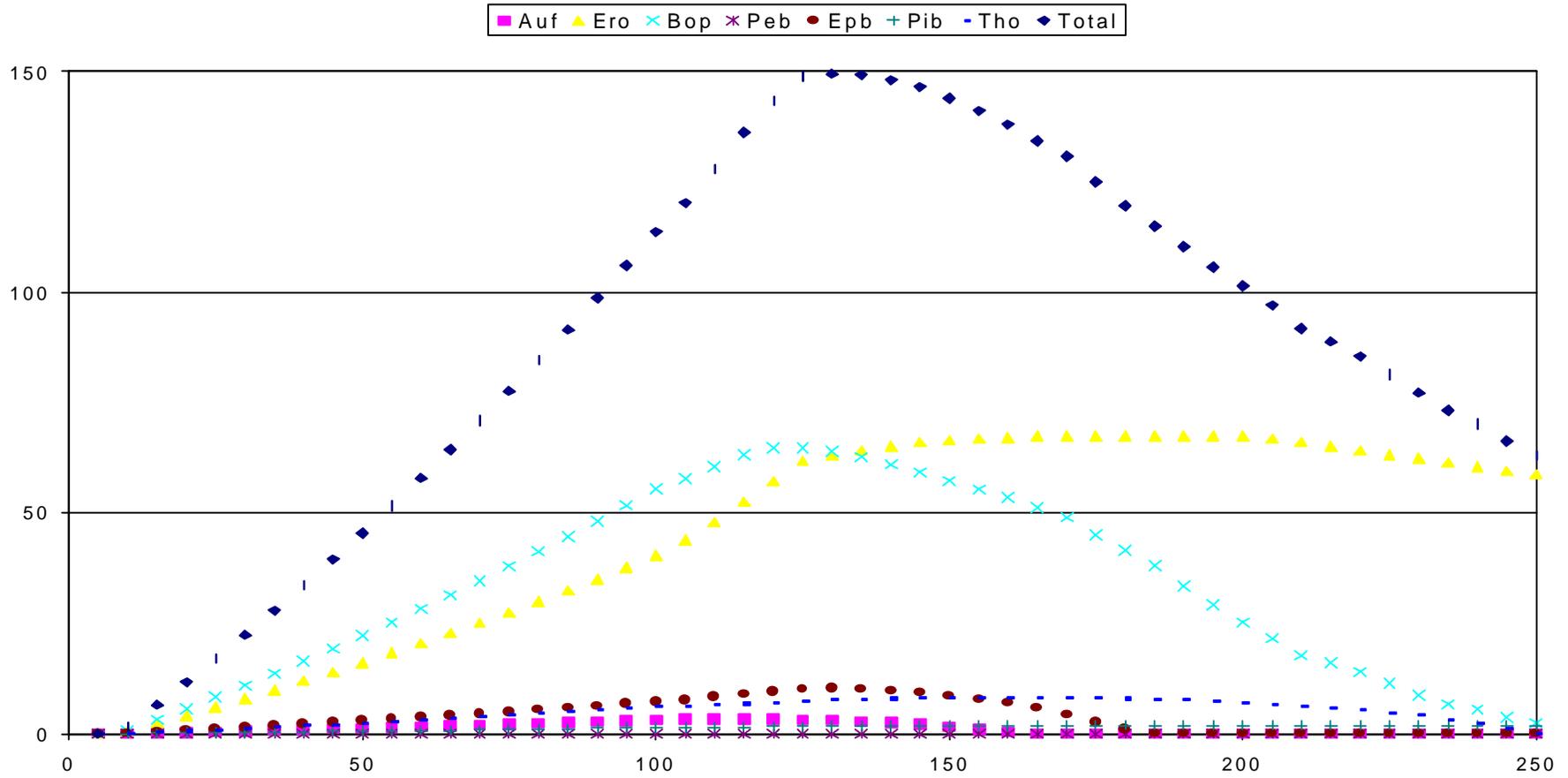
Âge	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	
DHP_moy (mm)	0	39	75	110	150	185	213	238	258	277	294	309	324	339	351	363	374	386	398	407	414	420	425	431	436	440	
H_moy (dm)	0	60	100	123	140	152	163	172	179	186	192	197	204	210	215	219	221	224	228	233	237	241	244	248	251	254	
Habitat	121	121	122	122	123	123	123	124	124	124	124	124	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125

Groupe 58: FTR, volume faible



Âge	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250
DHP_moy (mm)	0	40	76	111	147	179	205	227	246	263	278	291	302	313	327	342	362	376	398	410	417	426	434	442	450	455
H_moy (dm)	0	57	92	113	128	140	149	158	165	171	176	181	186	190	195	200	204	208	214	218	223	227	232	238	245	251
Habitat	231	231	232	233	233	233	234	234	234	234	235	235	235	235	235	235	235	235	235	235	235	235	235	235	235	235

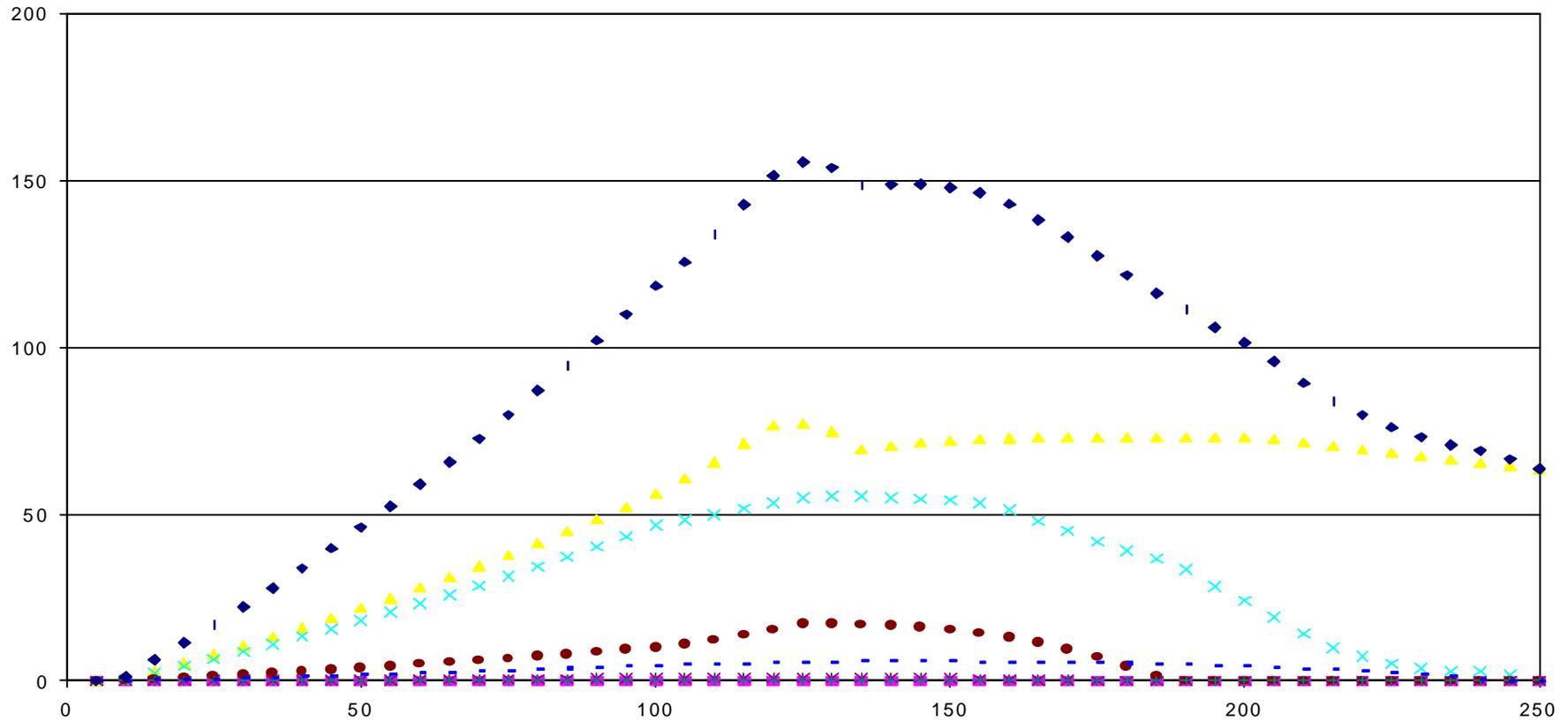
Groupe 59: ERBJ, volume faible



Âge	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	
DHP_moy (mm)	0	37	73	108	147	182	210	234	254	273	289	303	319	333	345	356	375	388	400	408	415	420	427	432	439	445	
H_moy (dm)	0	57	95	117	133	145	155	163	171	177	183	188	195	201	206	210	215	220	225	229	234	238	241	245	250	255	
Habitat	121	121	122	122	123	123	123	124	124	124	124	124	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125

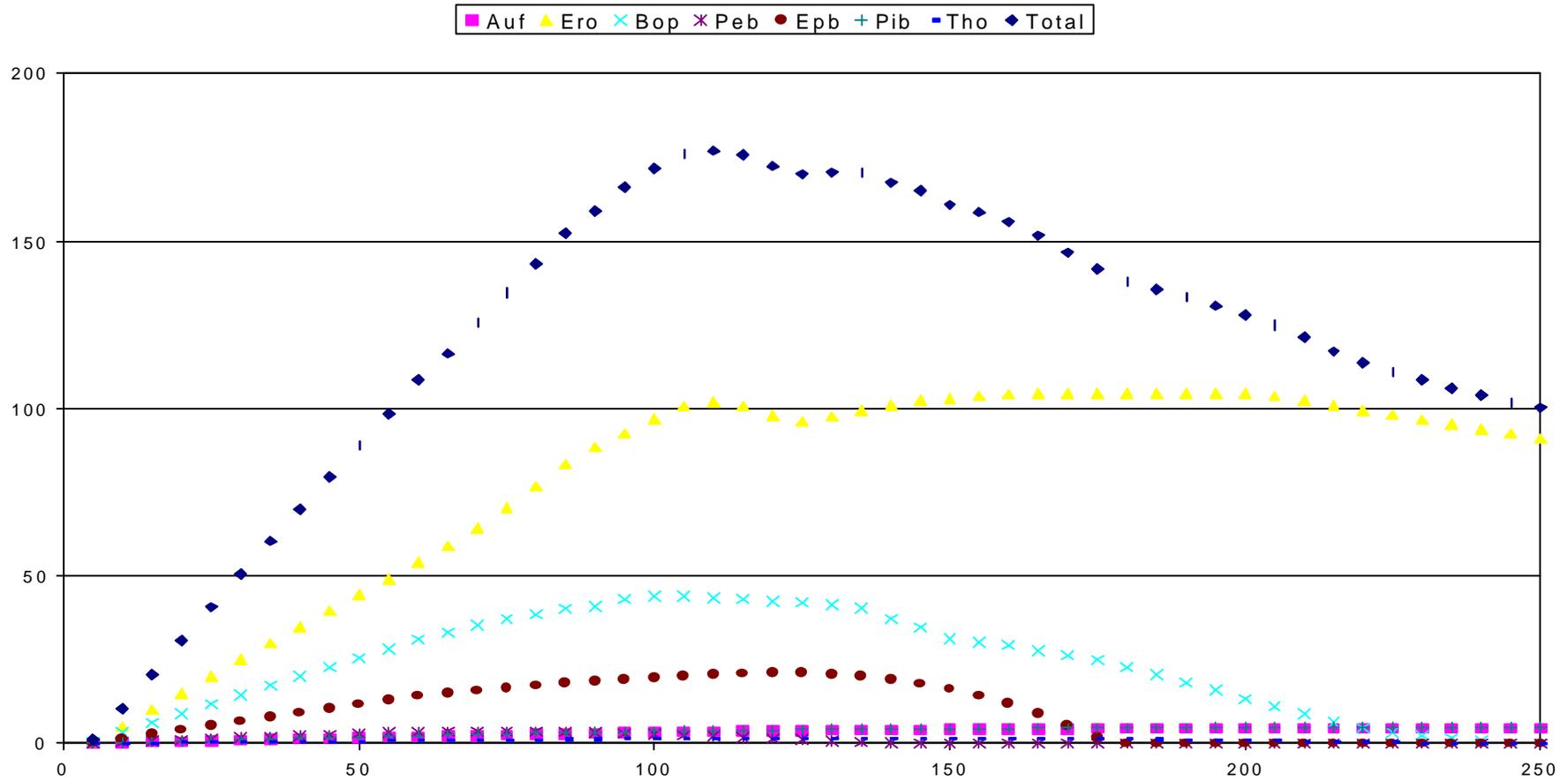
Groupe 60: ERBJ, volume faible

Auf Ero Bop Peb Epb Pib Tho Total



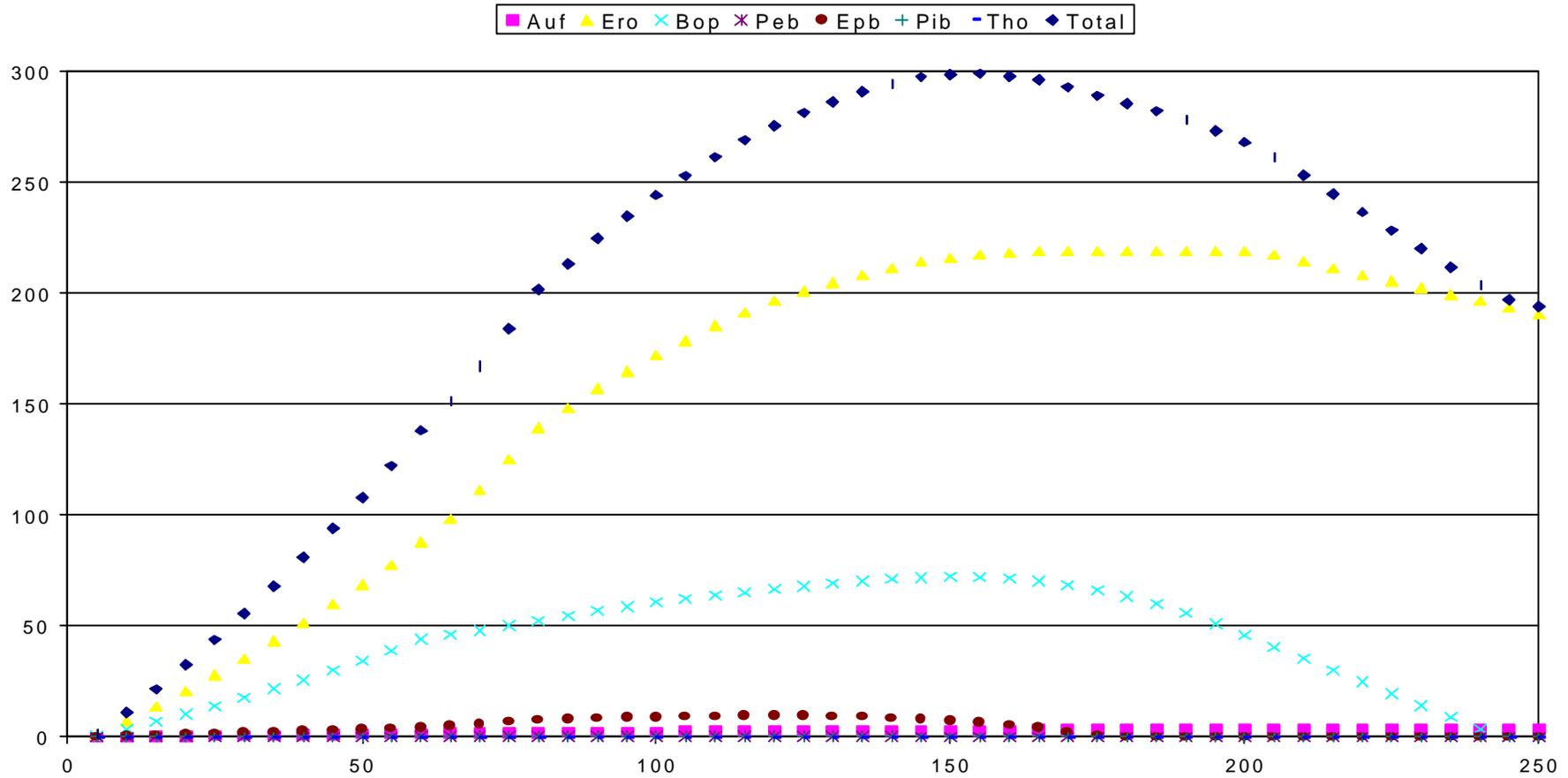
Âge	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	
DHP_moy (mm)	0	39	75	110	147	180	206	228	248	265	280	295	311	324	335	347	365	380	394	408	413	418	423	428	435	440	
H_moy (dm)	0	61	97	119	134	146	155	163	170	177	182	189	196	201	205	209	214	219	225	230	234	239	243	247	251	254	
Habitat	121	121	122	122	123	123	123	124	124	124	124	124	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125

Groupe 62: ER, volume moyen



Âge	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250
DHP_moy (mm)	0	41	78	114	150	181	207	228	246	263	277	290	307	322	334	348	365	382	396	404	411	418	425	431	438	444
H_moy (dm)	0	62	99	121	137	149	159	167	175	181	187	192	199	205	210	215	221	227	233	237	241	244	248	251	254	257
Habitat	121	121	122	122	123	123	123	124	124	124	124	124	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125

Groupe 63: ER, volume élevé



Âge	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	
DHP_moy (mm)	0	35	69	103	144	180	209	234	254	273	290	305	319	332	345	358	374	385	396	404	411	417	423	429	433	439	
H_moy (dm)	0	62	101	124	141	153	164	173	181	188	194	199	204	209	213	218	223	227	231	234	238	241	245	248	251	254	
Habitat	121	121	122	122	123	123	123	124	124	124	124	124	124	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125