

CARACTERISITIQUES DES PLACETTES DE SUIVI DES IMPACTS DES DEFOLIATIONS PAR LA LIVREE DES FORETS EN ABITIBI

Rapport préparé par

François Lorenzetti



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

et

David Marchand, UQAM

Soumis à :

Yves Mauffette

Professeur, Département des sciences biologiques

Université du Québec à Montréal

Février 2004

RÉSUMÉ

Ce document présente un portrait des caractéristiques d'un réseau de placettes mis en place à la grandeur de l'Abitibi dans le but de déterminer l'impact de la dernière épidémie de la livrée sur les pertes de croissance et les patrons spatio-temporels de mortalité dans les peuplements de peuplier faux-tremble. Ce réseau permet d'évaluer la croissance des tiges, le taux de mortalité et l'incidence de maladie concurrents à cette épidémie. Une des principales constatations de ces premiers résultats est la forte mortalité observée dans deux des trois parcelles où ont eu lieu trois années consécutives de défoliation sévère. L'analyse des résultats de cette première année d'étude permet de dégager plusieurs prévisions concernant la suite du projet, notamment en ce qui concerne la description des trouées nouvellement formées par la mortalité consécutive à la dernière épidémie et l'évolution de la régénération résineuse et de la végétation compétitrice qui y est associée.

INTRODUCTION

Le rôle des épidémies d'insectes dans la dynamique des peuplements feuillus et mixtes est encore à l'heure actuelle très peu documentée. Ce projet de recherche vise en particulier à déterminer l'influence de la livrée des forêts, *Malacosoma disstria* (Lepidoptera : Lasiocampidae) sur la dynamique successionnelle des peuplements en forêt boréale. Ce document présente un portrait des caractéristiques des placettes d'un réseau mis en place à la grandeur de l'Abitibi. Ces placettes, dans lesquelles tous les arbres ont été cartographiés, ont pour but de déterminer l'impact de la dernière épidémie de la livrée sur les pertes de croissance et les patrons spatio-temporels de mortalité dans les peuplements de peuplier faux-tremble.

Rappelons ici que la récente épidémie au Québec a débutée en 1998 dans un triangle dont la base longeait la frontière avec l'Ontario à la hauteur du Lac Abitibi et dont la pointe se situait au nord d'Amos. C'est dans cette pointe que les premières défoliations sévères ont été notées en 1998. Par la suite, l'épidémie a couvert un territoire de plus en plus grand (1999 = 169 258 ha; 2000 = 498 889 ha) pour culminer en 2001 (1 250 198 ha), puis décliner en 2002 (315 853 ha, la majorité dans le Temiscamingue et la Réserve faunique de la Vérendrye)¹.

Dans ce rapport sont présentées les caractéristiques structurales dans les placettes juste avant et juste après la dernière épidémie de la livrée des forêts en Abitibi (1998-2001). Sont aussi présentés les résultats au niveau de la mortalité des tiges et de l'incidence des maladies. Les résultats, pris dans leur ensemble, permettront de mieux planifier les saisons de terrain 2004 et 2005 en fonction des objectifs de recherche fixés.

Le rapport présente également un synopsis des méthodes utilisées et des résultats obtenus dans d'autres études similaires. En relation avec le dispositif mis en place en Abitibi et les caractéristiques des placettes, cette revue de la littérature permet de mieux cibler les prévisions des suivis qui seront mis en place durant les prochaines saisons de terrain.

¹ Source : Ministère des ressources naturelles, de la faune et des parcs du Québec (<http://www.mrnfp.gouv.qc.ca/forets/fimaq/insectes/fimaq-insectes-portrait.jsp>)

MATÉRIELS ET MÉTHODE

1- Choix des placettes d'étude

Sur la base des données concernant les épidémies de la livrée des forêts en Abitibi, récoltées par le Ministère des Ressources Naturelles du Québec, il a été mis en place dans cette région un réseau de douze placettes pour un suivi à court, moyen et long termes des impacts de la livrée des forêts. Afin de déterminer les seuils où différents impacts se manifestent, les placettes sont distribuées de façon à représenter quatre niveaux de défoliation : un traitement témoin correspondant à des peuplements non touchés lors de la dernière épidémie de la livrée durant la période 1998-2000, un niveau de défoliation sévère durant une année (2000), un niveau de défoliation sévère durant deux ans (1999-2000), et enfin un niveau de défoliation sévère durant trois années (de 1998 à 2000). Trois répliquats ont été mis en place pour chaque niveau de défoliation. Les placettes ont été sélectionnées à la fin de l'été 2001 (Fig. 1) et leur cartographie a été effectuée au cours de l'automne 2002 (Annexe 1). Les placettes devaient être assez grandes pour obtenir des estimations fiables de la mortalité, surtout dans les sites les moins touchés par la livrée. Elles devaient également être dominées par le peuplier faux-tremble et être localisées dans les limites de la ceinture d'argile Abitibienne.

2- Délimitation des placettes et cartographie des arbres

Après avoir déterminé le centre de chaque placette de façon à ce que les limites soient éloignées d'au moins 10 mètres d'une route, d'un chemin ou d'un changement abrupt dans la composition en essence de la canopée, des cordes marquées au mètre ont été tendues en direction des quatre points cardinaux (voir Fig. 2). Les limites des placettes ont été arrêtées, le long de chacun de ces axes, au niveau du dixième peuplier faux-tremble de diamètre à hauteur de poitrine (DHP) égal ou supérieur à 10 cm trouvé dans un corridor de deux mètres de part et d'autre de chaque axe. Ces arbres, 40 au total, ont été carottés pour une étude dendrochronologique, la détermination des pertes de croissances et le développement d'un modèle de croissance du peuplier en fonction du DHP propre à chaque placette de façon à

pouvoir déterminer les attributs structuraux à n'importe quelle année avant ou pendant l'épidémie de 1998-2001.

Étant donnée la variabilité de la densité des tiges dans l'axe de chacun des points cardinaux, la forme des placettes est asymétrique et leur superficie varie d'une à l'autre. Les superficies des placettes ainsi déterminées varient de 1000 à près de 10000 mètres carrés.

Afin de cartographier la position de chacune des tiges dans les placettes, chaque quartier défini par les axes perpendiculaires tracés en direction des points cardinaux était divisé en 5 parties égales (voir quartier Nord-Est, Fig. 2), chacune de ces portions étant délimitée à l'aide de cordes marquées au mètre. Le positionnement des tiges contenues dans chacune des portions était noté par deux personnes positionnées chacune le long des cordes marquées au mètre délimitant la portion de parcelle. Lorsqu'un arbre se trouvait entre les deux observateurs, chacun d'entre eux notait la distance à laquelle il se situait par rapport au centre de la parcelle (distances d_1 et d_2 , Fig. 2) et l'un des observateurs mesurait la distance le séparant de l'arbre à l'aide d'un laser de mesure de distance muni d'un inclinomètre (Impulse 200, Laser Technology Inc., Centennial, Colorado, USA). Le positionnement de chaque tige était ainsi déterminé afin de pouvoir, par la suite, cartographier précisément le peuplement constituant chacune des parcelles sur un plan cartésien suivant les axes Nord-Sud / Est-Ouest (voir la cartographie de chacune des placettes en Annexe 1).

Pour chacune des tiges de feuillus dont le DHP était égal ou supérieur à 10 cm et pour toutes les tiges de conifères de plus de un mètre de hauteur, le DHP était mesuré et la position sociale (dominant, codominant, intermédiaire ou opprimé) et le statut (vivant, debout mais mort dans l'année, debout mais mort depuis 1 à 3 ans, debout mais mort depuis plus de trois ans, chicot ou tombé) étaient déterminés. La classification des arbres morts en périodes discrètes de mortalité a été basée sur le niveau de dégradation de la cime. L'évaluation de la période à laquelle la mort de certaines tiges est survenue permet de déterminer si cette mortalité précède l'épidémie (avant 1998) ou survient durant cette dernière (entre 1998 et 2001). Cette datation de la mortalité dans les sites nous a ainsi permis de recréer la structure des peuplements dans nos sites avant la dernière épidémie de la livrée des forêts (Image 1998) et de déterminer la structure de ces mêmes peuplements pendant l'épidémie (Image 2001). La présence de maladies, de

blessures mécaniques et de cassures était également notée. La présence de souches, même décomposées, était notée afin d'estimer l'importance de la coupe de prélèvement (bois de chauffage, etc.).

3- Analyses statistiques

Afin de décrire les peuplements en fonction du niveau de défoliation, nous avons pris en compte, comme variables dépendantes dans nos analyses, la densité et la surface terrière du peuplier faux-tremble, la répartition des tiges de peuplier faux-tremble en fonction de leur statut social, et la structure des DHP. Pour comparer la structure des DHP entre les sites, des valeurs moyennes de DHP ont été calculées pour les centiles 25, 50, 75 et 100 de chaque site. Enfin, l'incidence de mortalité et l'incidence de maladies ont également été comparées entre les différents niveaux de défoliation. Les différences entre les traitements ont été analysées par une analyse de variance à l'aide de la procédure GLM sur NCSS (Hintze, 2001).

RÉSULTATS ET DISCUSSION

1- Composition des peuplements dans les sites à l'étude

La canopée (i.e., les tiges comprises dans les positions sociales dominante, codominante et intermédiaire) dans toutes les placettes de cette étude, est constituée - à plus de 75 % - de tiges de peupliers faux-tremble (Fig. 3). Les figures 4 et 5 décrivent respectivement le nombre de tiges de feuillus autres que le peuplier faux-tremble et le nombre de tiges de résineux présents dans la canopée. La composition des placettes apparaît donc comme étant homogène au niveau de la canopée, cette homogénéité permettant une meilleure comparaison des différents sites afin de déterminer l'impact du niveau de défoliation par la livrée des forêts sur la structure et l'évolution des peuplements. Il est cependant intéressant de constater une tendance vers une plus grande pureté des peuplements (en terme de proportion de peuplier faux-tremble) dans les sites à niveaux de défoliation plus élevés. D'autre part, les essences compagnes du peuplier faux tremble dans la canopée sont principalement des feuillus dans les niveaux de défoliation faibles et des résineux dans les niveaux de défoliation plus élevés. Ceci pourrait avoir des conséquences en terme de pouvoir de régénération au niveau du sous-couvert végétal même si on ne retrouve pas inévitablement les mêmes essences de résineux dans la canopée et le sous couvert végétal (voir Figures 6 et 7).

L'analyse de l'étage opprimé, notamment de la présence de résineux dans cet étage du peuplement (Fig. 7), met en évidence une certaine hétérogénéité entre les sites. Cette présence plus ou moins importante de tiges de résineux dans l'étage opprimé est très intéressante dans la mesure où elle laisse place à une possibilité de voir émerger différents scénarios concernant la dynamique de régénération (en terme de semences disponibles et de patron de luminosité au niveau du sous-couvert) suite à l'ouverture de la canopée occasionnée par une épidémie de livrée.

2- Structure des peuplements avant l'épidémie (Image 1998)

Attributs structuraux des peuplements en fonction du niveau de défoliation:

Les densités de peuplier faux-tremble avant l'épidémie, en nombre de tiges par hectare toutes positions sociales confondues, ne diffèrent pas significativement entre les niveaux de défoliation ($F_{3,8} = 0,29$; $p = 0,83$; Fig. 8). Par contre, une différence a été observée au niveau de la structure des positions sociales : significativement plus de peupliers faux-tremble étaient des dominants dans les niveaux de défoliation plus faibles (0 et 1 vs. 2 et 3; Fig. 9; $F_{3,8} = 6,36$; $p = 0,016$).

La structure des DHP et la surface terrière avant l'épidémie devront être analysées une fois le modèle de croissance des tiges complété (à partir des carottes de croissance prélevées dans les placettes). Il est difficile ici d'extrapoler au sujet de ces variables puisque les croissances radiales ont été affectées à différents degrés selon le niveau de défoliation (résultats préliminaires non présentés).

3- Structure des peuplements après l'épidémie (Image fin 2001)

Attributs structuraux des peuplements en fonction du niveau de défoliation:

Tel qu'observé avant la dernière épidémie de livrée, la densité des peupliers faux-tremble ne varie pas entre les niveaux de défoliation en fin 2001 ($F_{3,8} = 0,60$; d.l. = 3, $p = 0,63$; Fig. 8), bien qu'une forte proportion de tiges soient mortes dans les placettes les plus longuement touchées lors de la dernière épidémie (voir plus loin). Il faut noter qu'il existe une hétérogénéité dans le nombre de tiges entre les placettes pour chaque niveau de défoliation, ce qui diminue la puissance des tests statistiques. Cependant, la surface terrière en fin 2002 diminue de façon significative, et de façon drastique, avec le niveau de défoliation ($F_{3,8} = 6,53$; d.l. = 3, 8, $p = 0,02$; Fig. 10). Il est vrai que de la mortalité additionnelle a été observée en 2002, surtout dans les placettes touchées 3 années consécutives, ce qui a contribué à abaisser encore la surface terrière. Mais il demeure que la surface terrière semble corrélée de façon négative avec le nombre

d'années de défoliation. Il faudra élucider cet aspect une fois que la reconstitution des surfaces terrières aura été complétée à partir du modèle de croissance radiale en développement.

Malgré les différences en surfaces terrières observées pour 2002, la structure des DHP des tiges de peuplier faux-tremble vivants demeure homogène entre les niveaux de défoliation (centile 25; $F_{3,8} = 1,41$; $p = 0,31$; centile 50; $F_{3,8} = 1,61$, $p = 0,26$; centile 75; $F_{3,8} = 0,81$; $p = 0,52$; centile 100; $F_{3,8} = 0,98$; $p = 0,45$).

La différence observée au niveau de la structure des positions sociales en 1998 (i.e., plus de peupliers faux-tremble sont des dominants dans les niveaux de défoliation plus faible (0 et 1 comparé aux niveaux 2 et 3) demeure significative en 2001 (voir Fig. 11; $F_{3,8} = 6,45$; $p = 0,73$).

Incidences de la mortalité pré épidémique et concurrente à l'épidémie

Avant le début de l'épidémie, une tendance se dessine selon laquelle une plus grande mortalité survient dans les sites où par la suite la défoliation a été la plus sévère (niveau 3). Cette tendance n'est cependant pas significative, mais reste près du seuil de rejet d' H_0 (Fig. 12; $F_{3,8} = 3,57$; $p = 0,066$). En 2001, la tendance observée en 1998 devient significative ($F_{3,8} = 6,06$; $p = 0,019$; Fig. 12). Cette mortalité dans les sites de niveau 3 a très fortement augmenté durant l'épidémie (passant de 8,31 % de tiges mortes/ha en 1998 à 40.17% en 2001) alors que la mortalité dans les autres sites demeurait relativement stable.

Les résultats qui précèdent ne permettent pas de conclure immédiatement qu'il y a un lien de cause à effet entre la forte mortalité observée dans les placettes les plus longuement touchées par la livrée et la défoliation elle-même. Il faudra attendre une réévaluation des placettes à l'été 2004, y compris une datation plus précise de la mortalité, avant de pouvoir conclure. Il est bon de rappeler ici que les classes de défoliations (0, 1, 2 et 3 années consécutives) devront être ajustées pour inclure le régime de défoliation en 2001. Celui-ci devra être déterminé une fois que les données digitalisées des cartographies aériennes seront disponibles auprès du Ministère des ressources naturelles, de la faune et des parcs du Québec. À l'examen des cartes papiers cependant, et sauf exception dans quelques placettes contrôles, toutes les placettes ont subi des défoliations allant de modérées à sévères en 2001. Puisque l'épidémie était pratiquement éteinte

en 2002 dans toute l'Abitibi, une réévaluation complète des placettes à l'été 2004, soit à la troisième saison de croissance suivant les défoliations d'importance, permettra de relier les impacts de l'épidémie récente en fonction de classes de durée de 0, 2, 3 et 4 années de défoliations sévères consécutives. La mortalité observée dans certaines de nos placettes durant l'épidémie ne semble cependant pas inhabituelle dans la mesure où d'autres études ont déjà observé une telle situation (Barter et Cameron, 1955; Witter et al., 1975).

4- Patron spatial dans les placettes

Le patron spatial de la mortalité (tiges individuelles ou groupes de tiges) sera effectué lorsqu'une datation plus précise de la mortalité sera complétée. Cependant, notons déjà la présence d'un patron de trouées anciennes dans les placettes (Annexe 1). Une analyse préliminaire de la croissance radiale des arbres en bordure de l'une de ces trouées indique une reprise de croissance correspondant à la fin d'une épidémie précédente (Fig. 13). Il sera donc important de refaire des analyses de croissance (été 2004 ou 2005) afin de comptabiliser les reprises de croissance des arbres en fonction de leur position par rapport aux trouées.

5- Maladies

Les chancres sont les seules maladies observées dans les sites d'études en 2002. Aucune différence dans la proportion de tiges de peuplier faux-tremble vivantes et malades n'a été observée entre les différents niveaux de défoliation ($F_{3,8} = 0,48$; $p = 0,72$). Par contre, il est intéressant de noter que la présence de chancre sur les arbres morts a été observée uniquement dans les sites où la plus récente épidémie de livrée des forêts est survenue (Fig. 14).

CONCLUSION

Les résultats préliminaires présentés ici pour le dispositif de suivi des impacts des épidémies de la livrée des forêts en Abitibi sont mis en relation avec une revue de littérature assez exhaustive sur le sujet (Tableau 1). De cette comparaison, plusieurs observations et prévisions pour les prochaines prises de données (étés 2004 et 2005) peuvent être mises de l'avant.

1- Impact des épidémies sur la croissance du peuplier faux-tremble:

Durant les épidémies de la livrée des forêts, la croissance radiale des tiges est réduite (Bartier et Cameron, 1955; Duncan et Hodson, 1958; Hildahl et Reeks, 1960; Witter et al., 1975). On retrouve le même impact des épidémies lorsque la croissance annuelle est exprimée en gain de matière sèche (Pollard, 1972). Cependant, il apparaît primordial de faire un suivi après une épidémie dans la mesure où un recouvrement de la croissance survient généralement l'année suivant l'épidémie, même après des années de défoliation sévère (Hildahl et Reeks, 1960; Churchill et al., 1964). Ce suivi est d'autant plus important que des années de défoliation sévère peuvent conduire, en fin de compte, à une augmentation de croissance des tiges dominantes ; cette augmentation résultant vraisemblablement d'une plus grande mortalité dans les peuplements atteints par des épidémies sévères (Churchill et al., 1964).

2- Impact des épidémies sur la mortalité du peuplier faux-tremble

Il existe, dans la littérature, une grande variabilité concernant le pourcentage de mortalité associé aux épidémies de la livrée des forêts. Certaines études n'associent aucune mortalité aux épidémies (e.g., Duncan et Hodson, 1958) alors que d'autres y associent des pourcentages de mortalité variant de 2 à 59 % (Churchill et al., 1964; Witter et al., 1975; Anderson et Martin, 1981). L'absence de mortalité associée aux épidémies pourrait être due à la durée des épidémies (seulement 3 à 4 années comparées aux 5 à 7 années d'épidémies durant lesquelles Witter et al., 1975 ont observé de la mortalité). Pourtant, au Nouveau-Brunswick, Barter et Cameron (1955) ont observé de la mortalité associée à une épidémie de 3 années consécutives. Il est aussi important de noter une grande variabilité dans le patron annuel du niveau de défoliation d'une étude à l'autre (e.g., une année de défoliation très légère deux années de défoliation légère suivies d'une défoliation sévère, une année de

défoliation légère suivie de deux années de défoliation modérée à sévère; Hildhal et Reeks, 1960; une année de légère défoliation jusqu'à trois années successives de défoliation sévère; Churchill et al, 1964). Cette variabilité rends parfois difficile la comparaison d'études afin de déterminer l'importance des impacts de différentes intensités de défoliation. Le dispositif de suivi en Abitibi présente des niveaux de défoliation directement reliés au nombre d'années de défoliation sévères (0, 1, 2, et 3 ans). Un tel dispositif est innovateur dans la mesure où il permet de déterminer clairement l'existence ou non d'une relation linéaire entre, par exemple, la mortalité et l'importance de la défoliation.

3- Intervention d'autres facteurs biotiques

On observe également une variabilité entre les différentes études quant à la prise en compte de l'impact d'insectes xylophages et/ou de pathogènes fongiques sur le peuplement pendant ou suite à une épidémie de la livrée des forêts (voir Tableau 1). Or cet impact peut avoir des conséquences importantes sur le taux de mortalité dans un peuplement, surtout la mortalité consécutive à une épidémie (e.g., Barter et Cameron, 1955; Anderson et Martin, 1981; Hogg et al., 2002). Anderson et Martin (1981) ont pu observer de la mortalité associée aux défoliations jusqu'à 14 ans après la fin d'une épidémie.

Prévisions pour le suivi des impacts des épidémies de la livrée des forêts :

Une des principales constatations de ces premiers résultats est la forte mortalité observée dans deux des trois parcelles où ont eu lieu trois années consécutives de défoliation sévère. Il sera nécessaire d'évaluer l'étendue de la mortalité dans d'autres placettes afin de mieux préciser l'impact des épidémies de livrée en Abitibi. Ces placettes pourront être identifiées à l'aide des cartes numérisées des défoliations pour la période 1998-2001. Dans ces placettes, des mesures de croissance de la régénération résineuse pourront également être effectuées dans le but d'obtenir des effectifs suffisants pour chacune des espèces, à la fois pour les tiges du sous-couvert et celles qui se retrouvent dans les trouées nouvellement formées par la mortalité consécutive à la dernière épidémie.

Les mesures suivantes devront aussi être effectuées durant les prochaines saisons de terrain dans les placettes déjà établies, en plus du suivi des mortalités, de l'incidence des maladies, et des dommages causés par les insectes secondaires :

- ? Dater de manière plus précise la mortalité survenue depuis 1998.
- ? Identifier le plus précisément possible les différents pathogènes et les insectes secondaires.
- ? Dater l'âge du peuplement dans chacune des placettes, déterminer les perturbations à l'origine des peuplements et décrire la matrice paysagère autour des placettes.
- ? Dater l'âge des anciennes trouées.
- ? Décrire la composition en espèces et l'occupation de l'espace par celles-ci dans les trouées anciennes et récentes.
- ? Mesurer la croissance de la régénération résineuse et de la végétation compétitrice dans les trouées.
- ? Évaluer la reprise de croissance des tiges dans toutes les positions sociales en périphérie et hors trouées.

Tableau 1 : Revue de littérature sur le suivi des impacts des épidémies de la livrée des forêts

Auteurs	Lieu d'étude	# placettes	Taille des placettes	Période d'épidémie	Période d'étude	Niveaux de défoliation*	Mesures	Résultats	Commentaires
Anderson et Martin, 1981	Minnesota	74	n.d.	1950-1955	1955-1960; 1963;1966; 1969	Nulle vs. sévère	AS, MA MO	Pour les arbres ayant développé un chancre attribuable à la livrée, la mortalité est de 39 à 96 %	Mortalité attribuable à la livrée observée durant toute la durée de l'étude (i.e.14 ans après le début de l'épidémie)
Barter et Cameron, 1955	Nouveau Brunswick	n.d.	n.d.	1949-1951	1951-1955	Sévère	AS	Croissance radiale diminuée de 42, 52, 77% pour les années 1949, 1950, 1951 respectivement. Croissance en 1952 équivalent à celle de la première année de défoliation. 29% de mortalité entre 1949 et 1953. De cette mortalité, 79 % est survenue entre 1951 et 1953. En 1955 la mortalité était de 3%	La mortalité a été associée à l'attaque par des perceurs des arbres préalablement affaiblis par la livrée
Brandt, 1995	Alberta, Saskatchewan, Manitoba, Territoires N-O	n.a.	n.a.	Pic en 1988 Fin en 1991	1988-1992	Nulle à sévère	AS, MO	Perte de croissance en AL, SA et MA sont respectivement de 4 199 000, 3 616 000,et 308 000 m ³ . Perte par mortalité en AL, SA et MA sont respectivement de 4 190 000,8 023 000 et 3 000 m ³ .	Rapport reprenant les résultats de plusieurs études précédentes et faisant des projections. La perte de croissance et la mortalité n'ont pas été calculées pour les peuplements jeunes ni pour les maladies cryptogamiques.
Brandt et al., 2003	Alberta, Saskatchewan, Manitoba	85	De 500 à 2023 m ²	Pic en 1988 Fin en 1991	1992-1994	n.d.	AS, MA MO	La livrée des forêts et l'armillaire contribuent respectivement à 15,9 et 14,6 % de la variation totale dans le pourcentage d'arbres en santé et d'arbres morts et debout.	Étude pendant une période non épidémique. La tordeuse du tremble et le champignon de la carie <i>Peniophora polygonia</i> se retrouvent respectivement sur 15 et 13 % des arbres vivants entre les épidémies.
Churchill et al., 1964	Minnesota	80		1948-1959	1961	Légère à sévère	AS, MA MO,	% de mortalité varie avec l'intensité de défoliation (de 23 à 49%) Le rétablissement de la croissance semble prendre une saison complète dans les cas de défoliation les plus sévères. La croissance des tiges dominantes est augmentée la 3 ^{ième} année après une défoliation sévère de trois ans.	La mortalité « inconnue » est associée à la défoliation dans les étages dominant, codominant et intermédiaire mais pas dans l'étage opprimé.
Duncan et Hudson, 1958	Minnesota	80	80, 202 et 405 m ²	1948-1957	1953 à 1955	Nulle à sévère	AS, MA MO,	Cette étude démontre que la mortalité causée par la livrée est négligeable. La croissance basale est réduite de 16% durant une première année de défoliation légère, de 72% durant une première année de défoliation forte, de 79% pendant une année de forte défoliation suivant une année de défoliation légère et de 87% durant la seconde année d'une défoliation sévère.	Un an après l'épidémie, seulement 9 à 12% des arbres avaient des feuilles de taille normale. Ce % augmente respectivement à 63-88 % et 95-98% deux ans et trois ans après l'épidémie.
Ghent, 1958	Ontario	n.a.	36 arbres de Horan Creek 71 arbres de Gull Bay	1935-1939		Sévère		40% de la mortalité dans la canopée est survenue avant que la défoliation sévère ne survienne. Cette mortalité dans la canopée est due à des tempêtes qui ont cassé les branches durant l'été.	La mort des peupliers dans la canopée a été suivi de l'établissement d'arbustes d' <i>Acer spicatum</i> . Les auteurs infèrent que l'absence de reproduction au niveau des dragons des peupliers est conséquente à l'établissement d' <i>A. spicatum</i> .
Hildahl et Reeks, 1960	Manitoba, Saskatchewan	132	405 m ²	1923-1953	1949-1954	Nulle à sévère	AS, MO	La mortalité était élevée dans toutes les placettes (pas de différence entre les placettes attaquées et non attaquées). Défoliation sur une période de 3 ans. Le degré de défoliation n'était pas assez sévère pour causer une mortalité. Il a entraîné une perte de croissance estimée à 8,4 % de la surface terrière. Recouvrement de la croissance pratiquement complète l'année suivant 3 années de défoliation- (deux légères-modérées suivies d'une sévère)	Série de plusieurs épidémies entre 1923 et 1953 Dernière épidémie dans les années 1950 plus courte que les précédentes. Cette étude n'associe pas la mortalité à un événement en particulier.
Hogg et al., 2002	Alberta	18	20 mètres de diamètre	1958-1964 1979-1990	1997	Modéré à sévère	AS, MA MO,	Pas de corrélation directe entre la défoliation et la mortalité. La défoliation par la livrée et la sécheresse survenue au cours des années 1960 et 1980 ont entraîné une réduction de croissance et prédisposé certains peuplements aux attaques d'insectes xylophages et de pathogènes fongiques dont l'incidence est corrélée au pourcentage de tiges mortes (> 10%).	Deux événements majeurs de défoliation : 1961-1963 : Accroissement des tiges réduit de 75%; 1977-1980 : Accroissement des tiges réduit de 64%. L'épidémie est précédée par une première vague de diminution de la croissance radiale (possibilité d'un effet « double vague »)
Pollard, 1972	Ontario	n.a.	33 arbres	1961-1965	1968	Sévère	AS	Avant une épidémie, la croissance annuelle était de 6 kg de matière sèche pour les plus grosses tiges et de 2 kg pour les plus petites. Au milieu de l'épidémie, elle n'était plus que de 1 kg pour tous les arbres.	
Witter et al, 1975	Minnesota	9	2 ha ou plus	1964-1972	1968-1971	Sévère	AS, MO	La densité des branches et la croissance en surface terrière étaient réduites de 41 et 27% respectivement. La mortalité associée à la défoliation était très variable – de 2 à 59% - et était inversement corrélée à l'élévation des parcelles (en lien direct avec le niveau des nappes phréatiques).	Défoliation sévère durant 5-7 années consécutives contrairement aux 3-4 années consécutives dans les autres études

AS = Attributs structuraux; MA = maladies; MO = mortalité n.d. = non disponible, n.a. = non applicable; * = le niveau de défoliation « nulle » représente des sites « contrôles » non touchés par les épidémies de la livrée des forêts

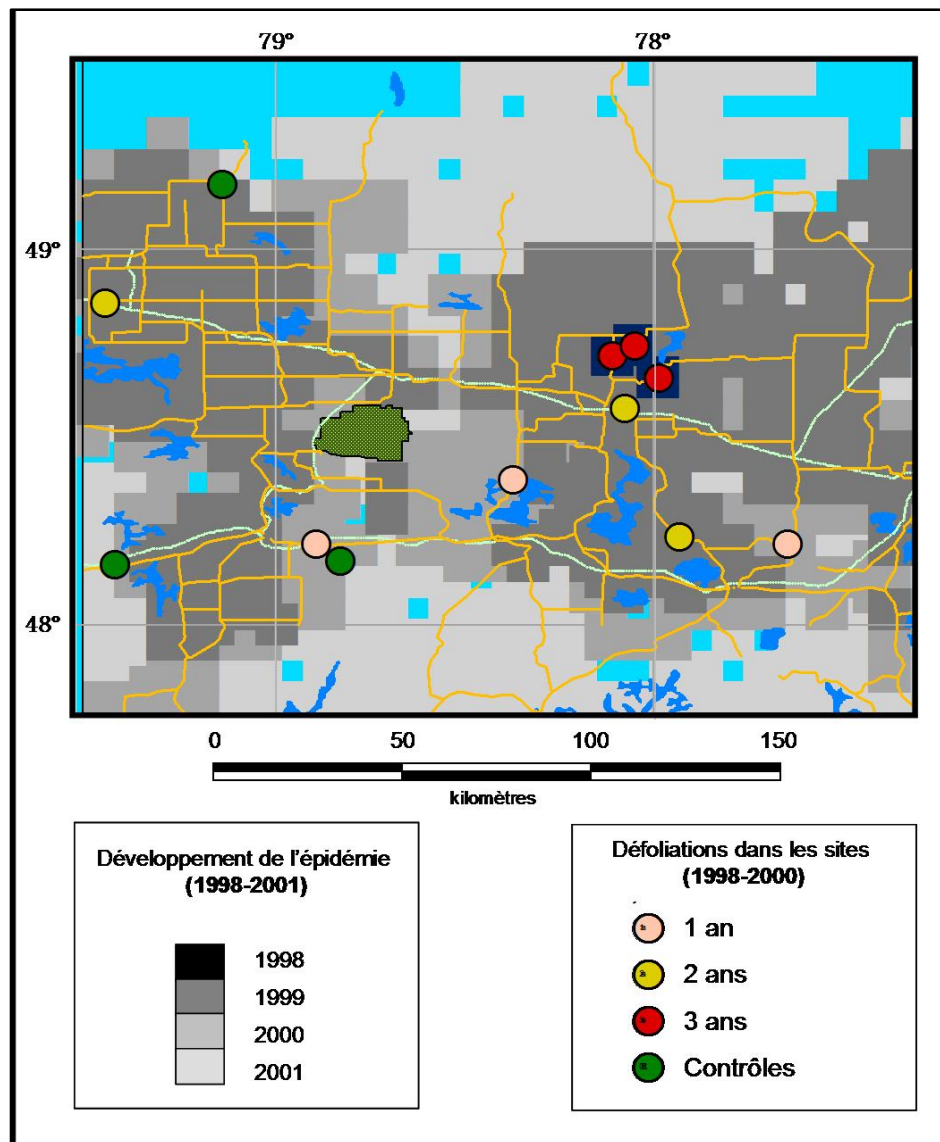


Fig. 1: Localisation des placettes de suivi des impacts des épidémies de la livrée des forêts. Notez que les données sur le développement de l'épidémie 1998-2001 sont rapportées à l'échelle de cellules de 5' x 5' (latitude x longitude), ce qui n'implique pas que les défoliations aient couvert la totalité de la cellule. De plus, elles peuvent comprendre plusieurs niveaux de défoliation allant de faible à sévère.

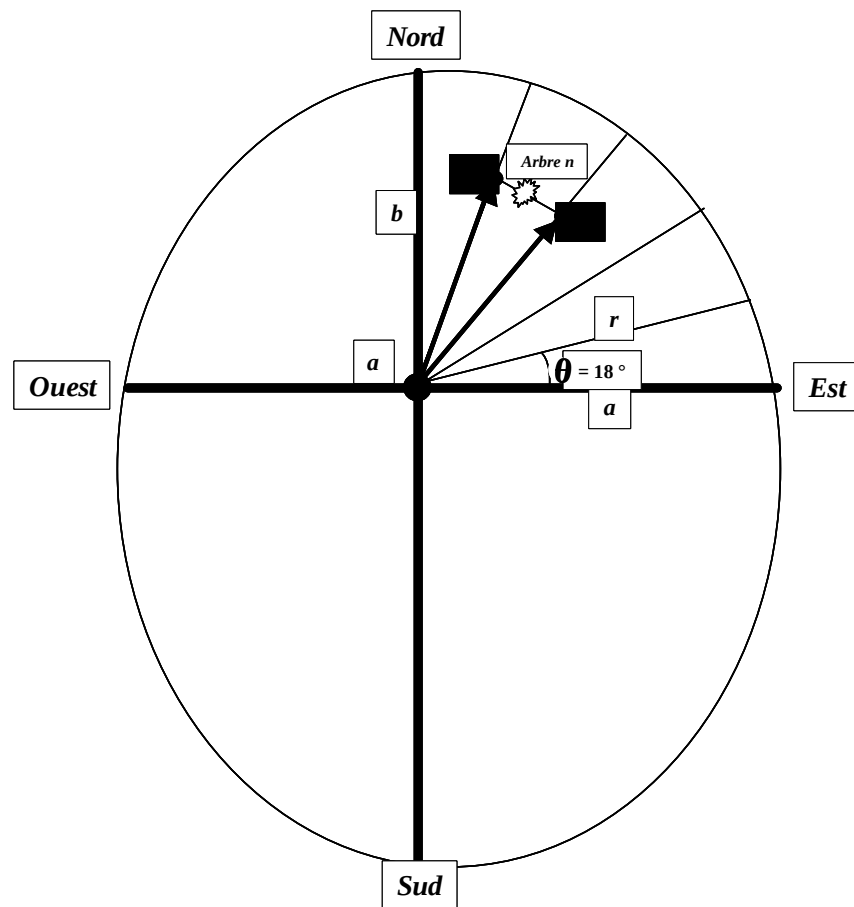


Fig. 2: Méthodologie pour la cartographie des sites

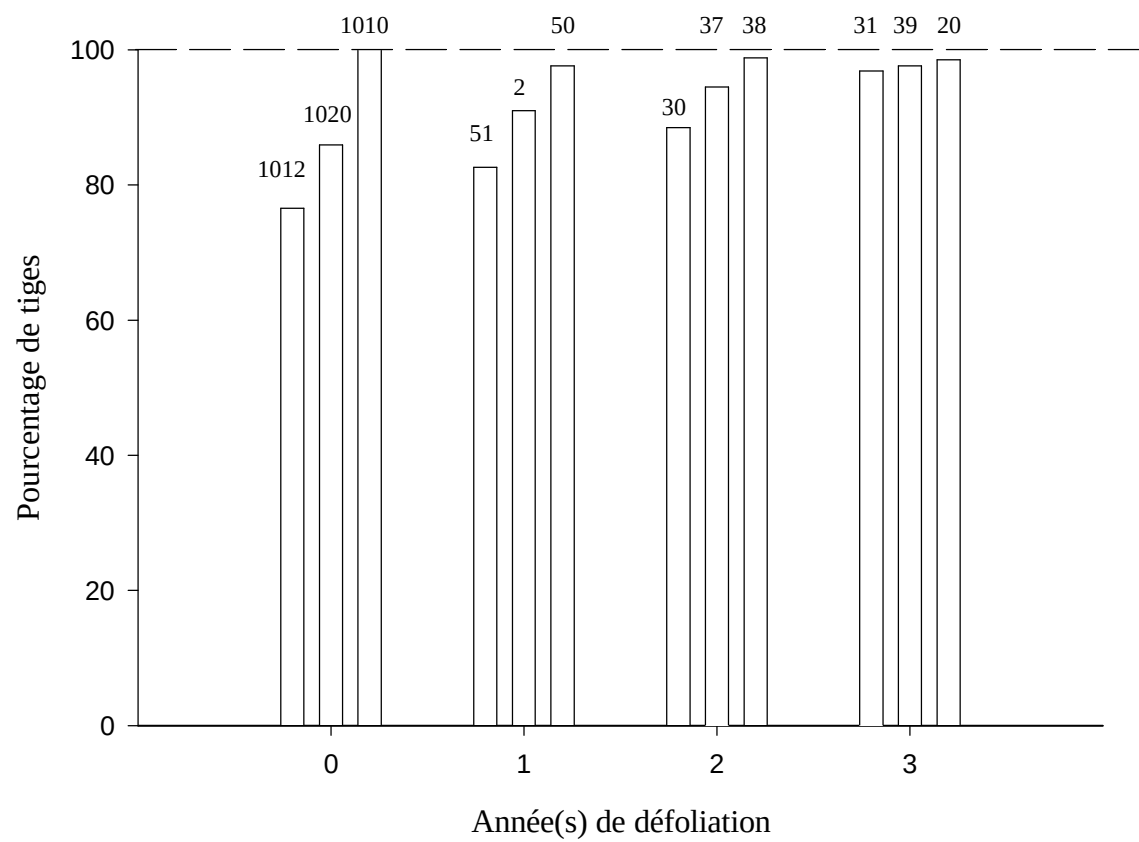


Fig. 3: Pourcentage de tiges de peuplier faux-tremble vivants dans la canopée en 2001. Le nombre au dessus de chaque barre indique le numéro du site.

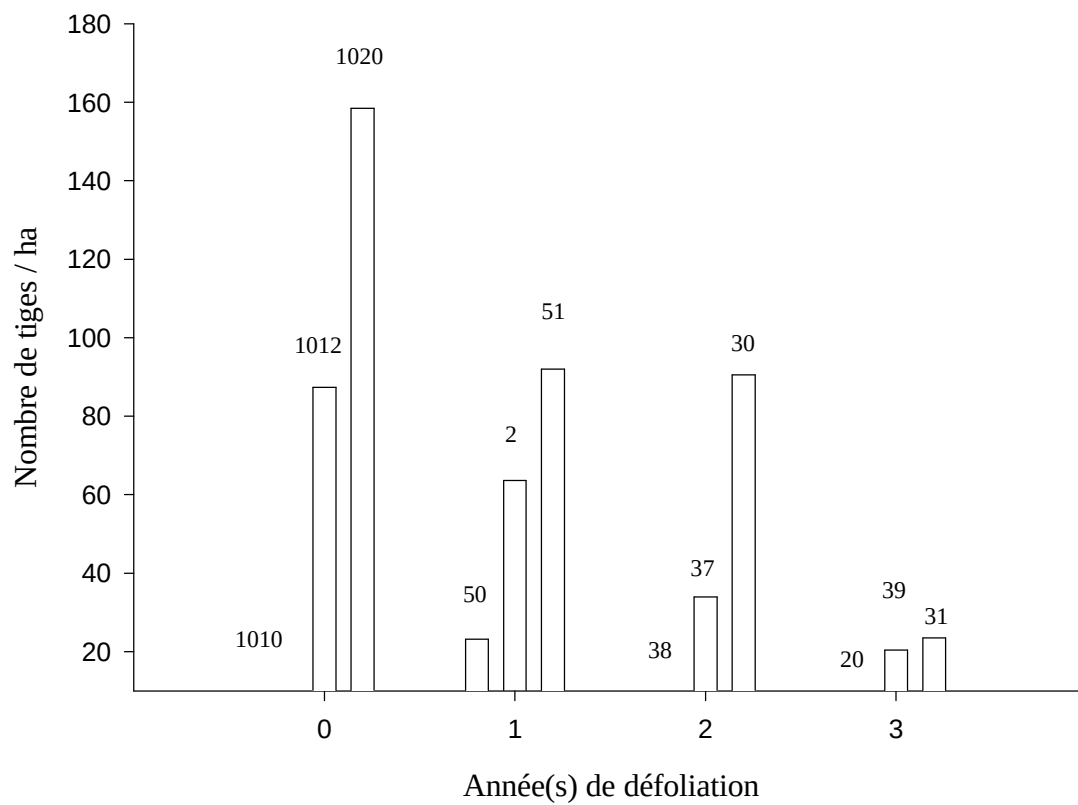


Fig 4: Nombre de tiges de feuillus (autres que le peuplier faux-tremble) vivants dans la canopée en 2001. Le nombre au dessus de chaque barre indique le numéro du site.

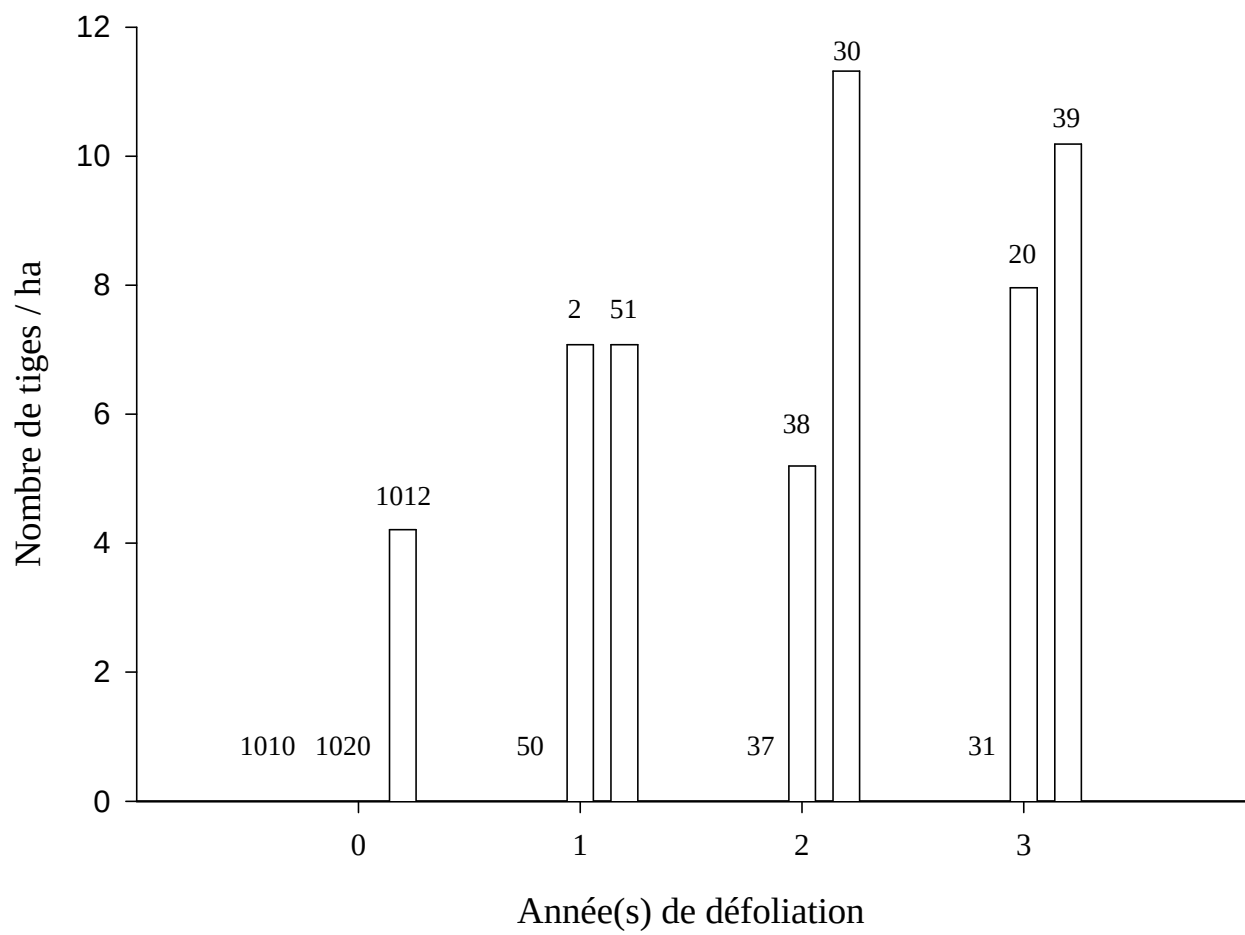


Fig 5: Nombre de tiges de résineux vivants dans la canopée en 2001.
Le nombre au dessus de chaque barre indique le numéro du site.

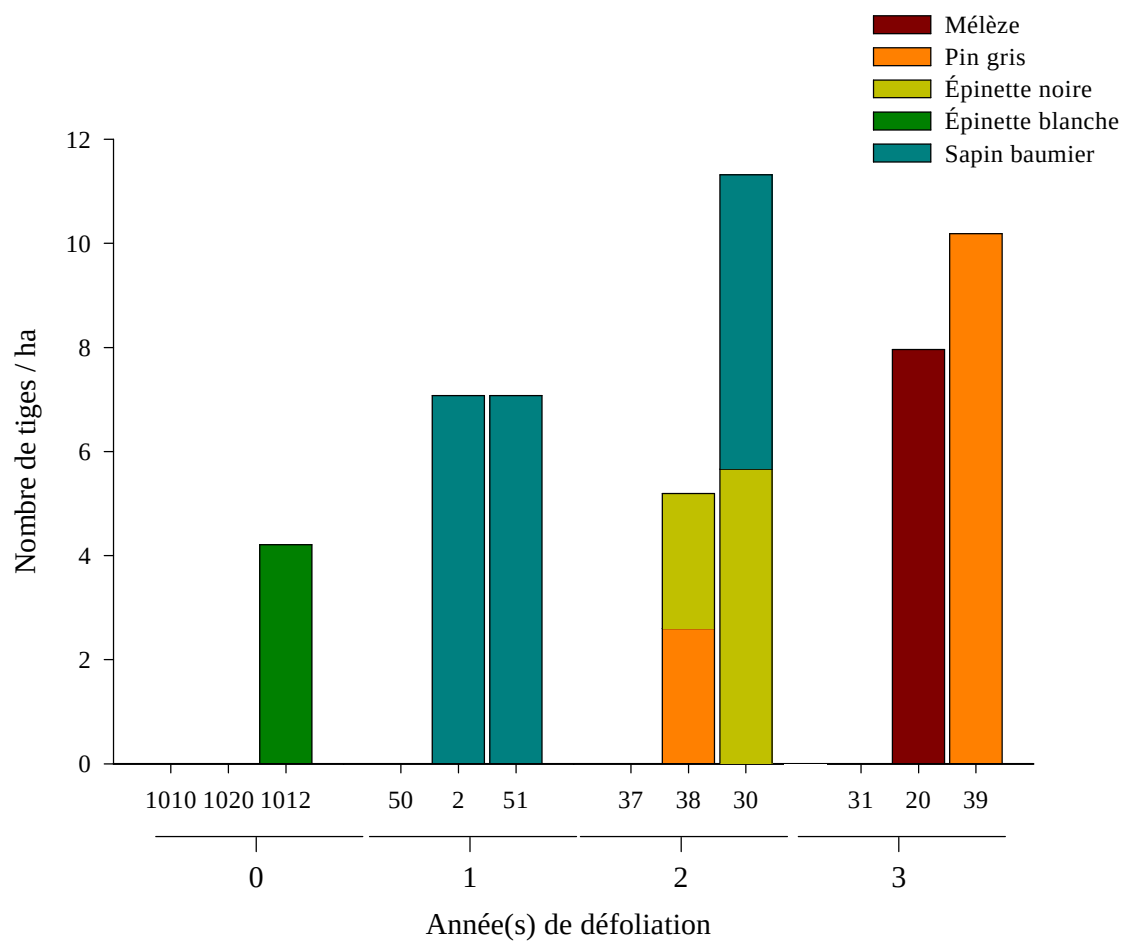


Fig. 6: Nombre de tiges de résineux vivants dans la canopée en 2001
Le nombre sous chaque barre indique le numéro du site.

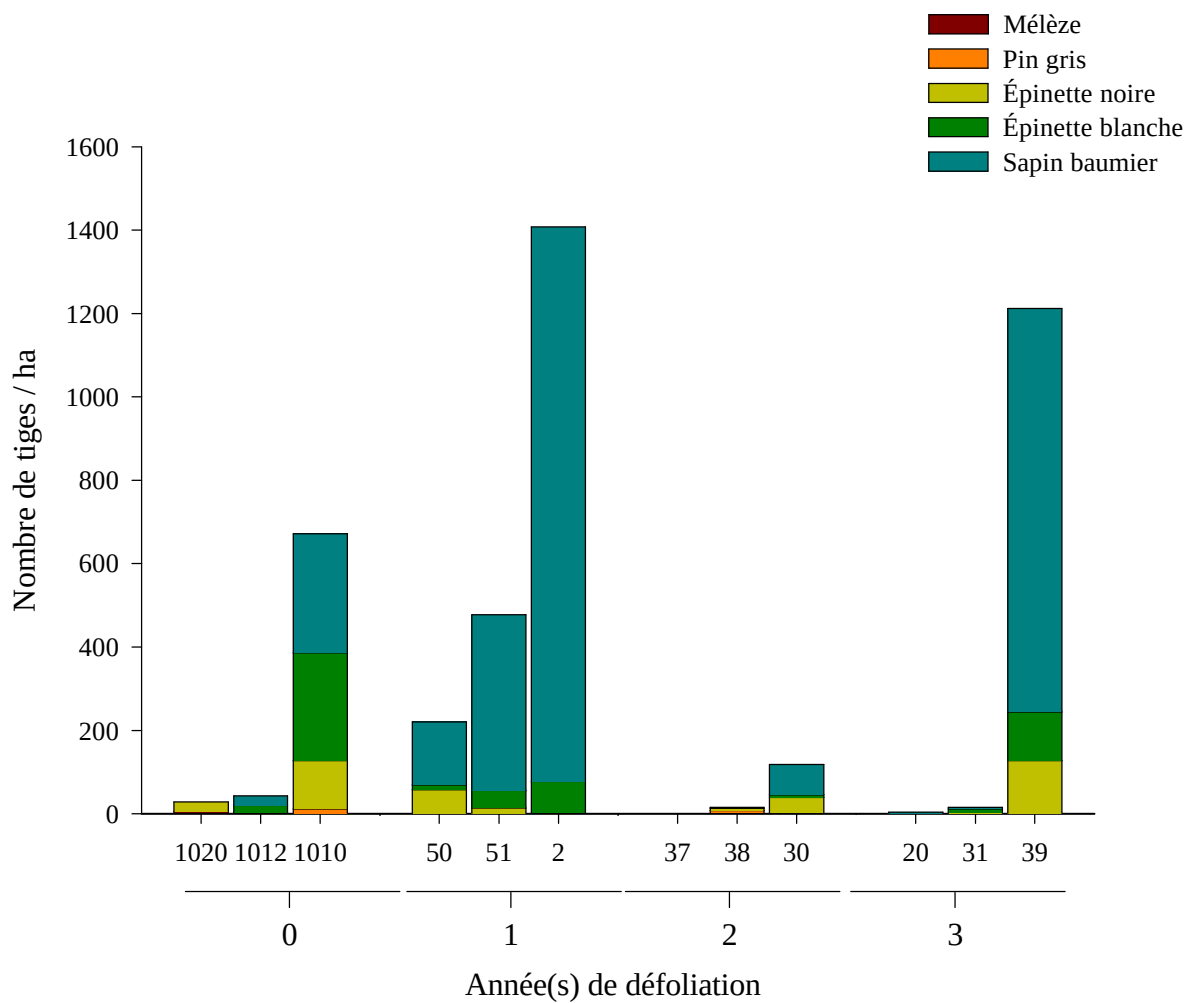


Fig. 7: Nombre de tiges de résineux vivants dans l'étage sous-couvert opprimé en 2001. Le nombre sous chaque barre indique le numéro du site.

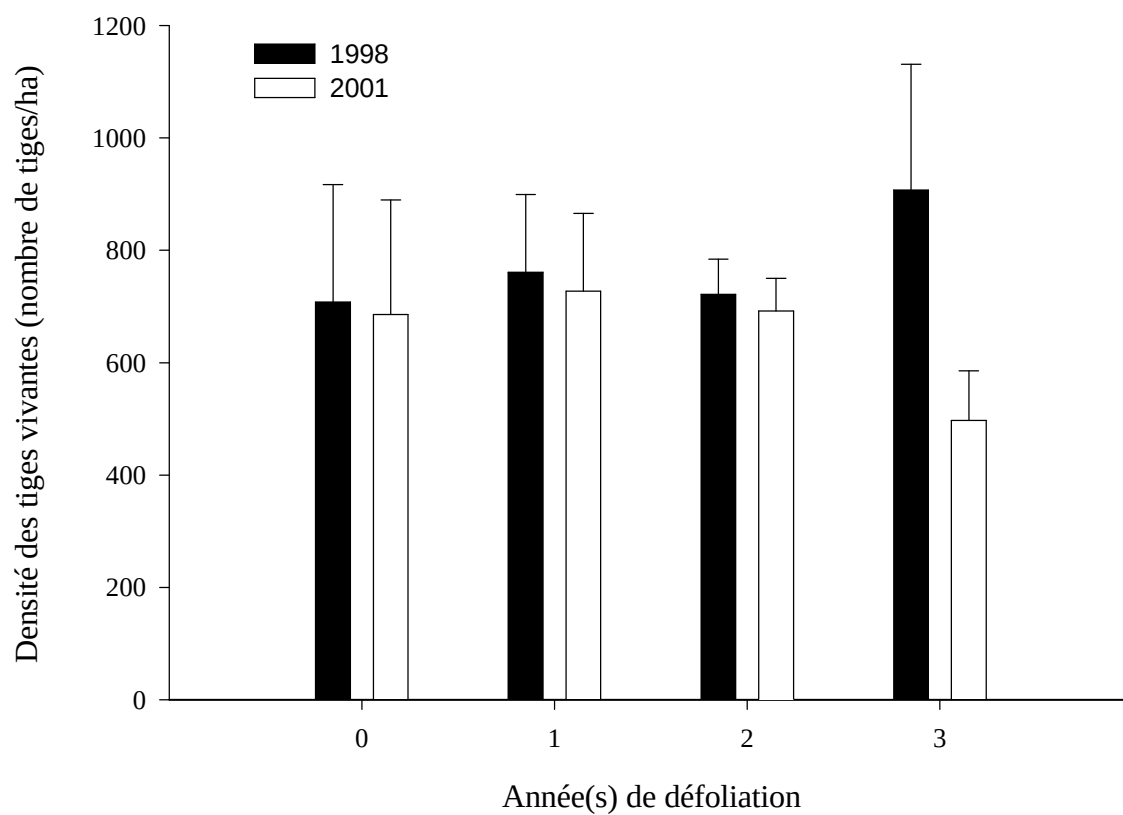


Fig. 8: Densité du peuplier faux-tremble dans le peuplement (toutes positions sociales confondues)

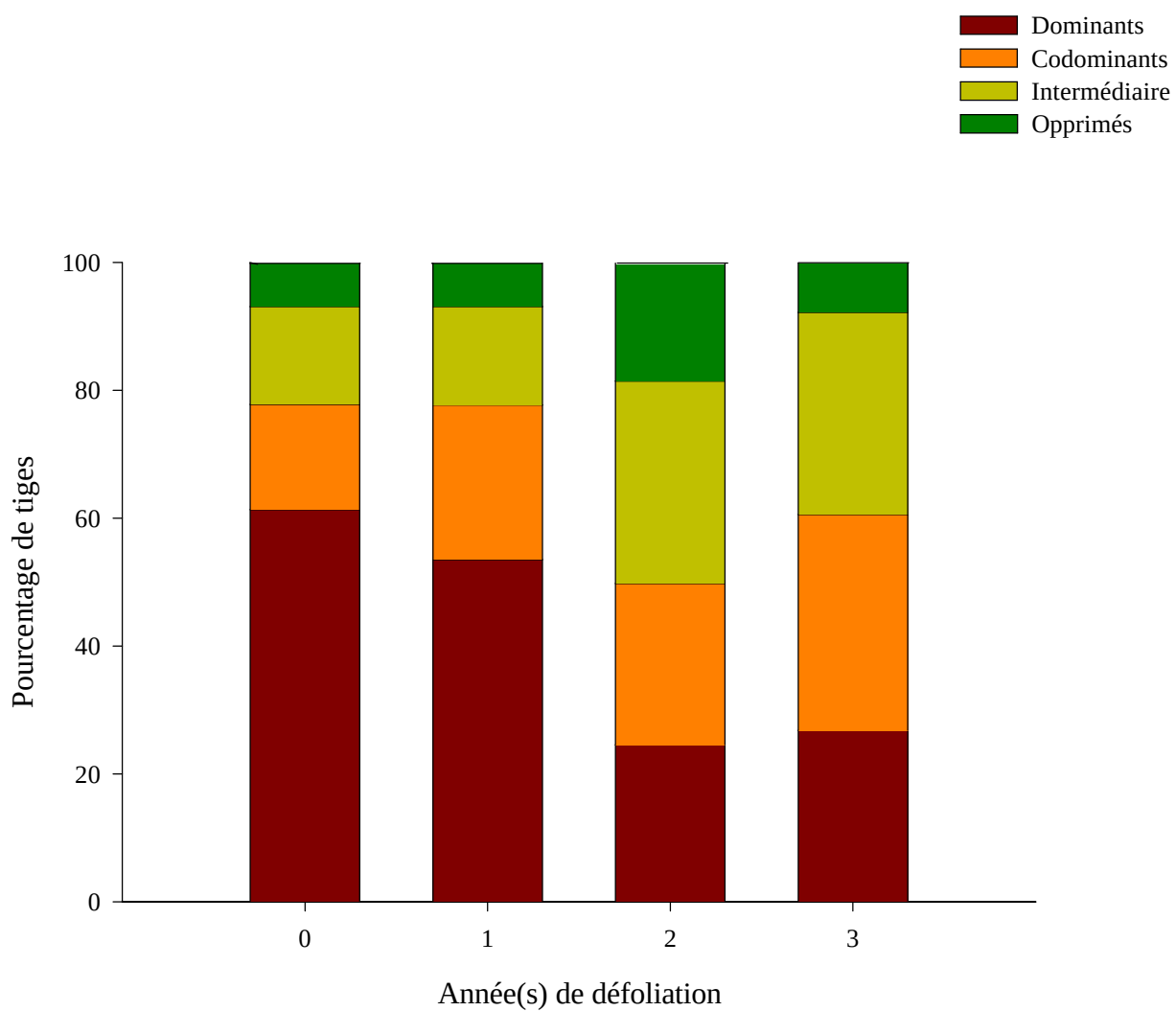


Fig. 9: Position sociale des tiges de peuplier faux-tremble en 1998

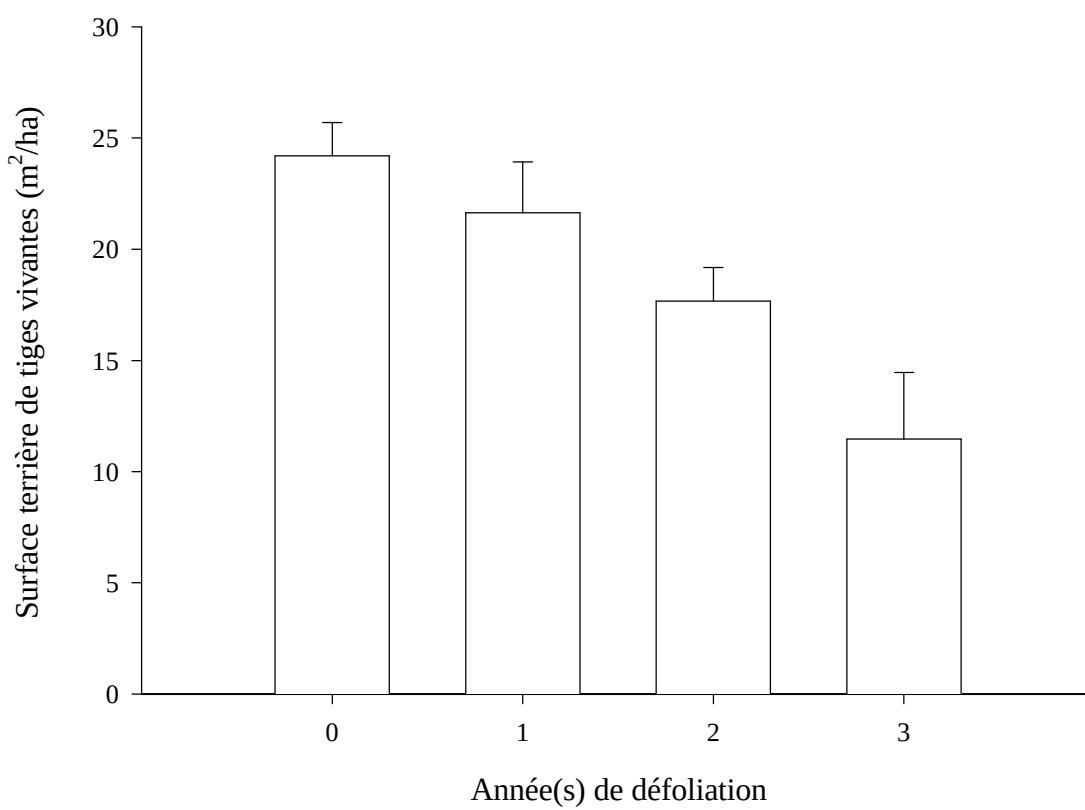


Fig. 10: Surface terrière du peuplier faux-tremble dans le peuplement en 2002 (toutes positions sociales confondues)

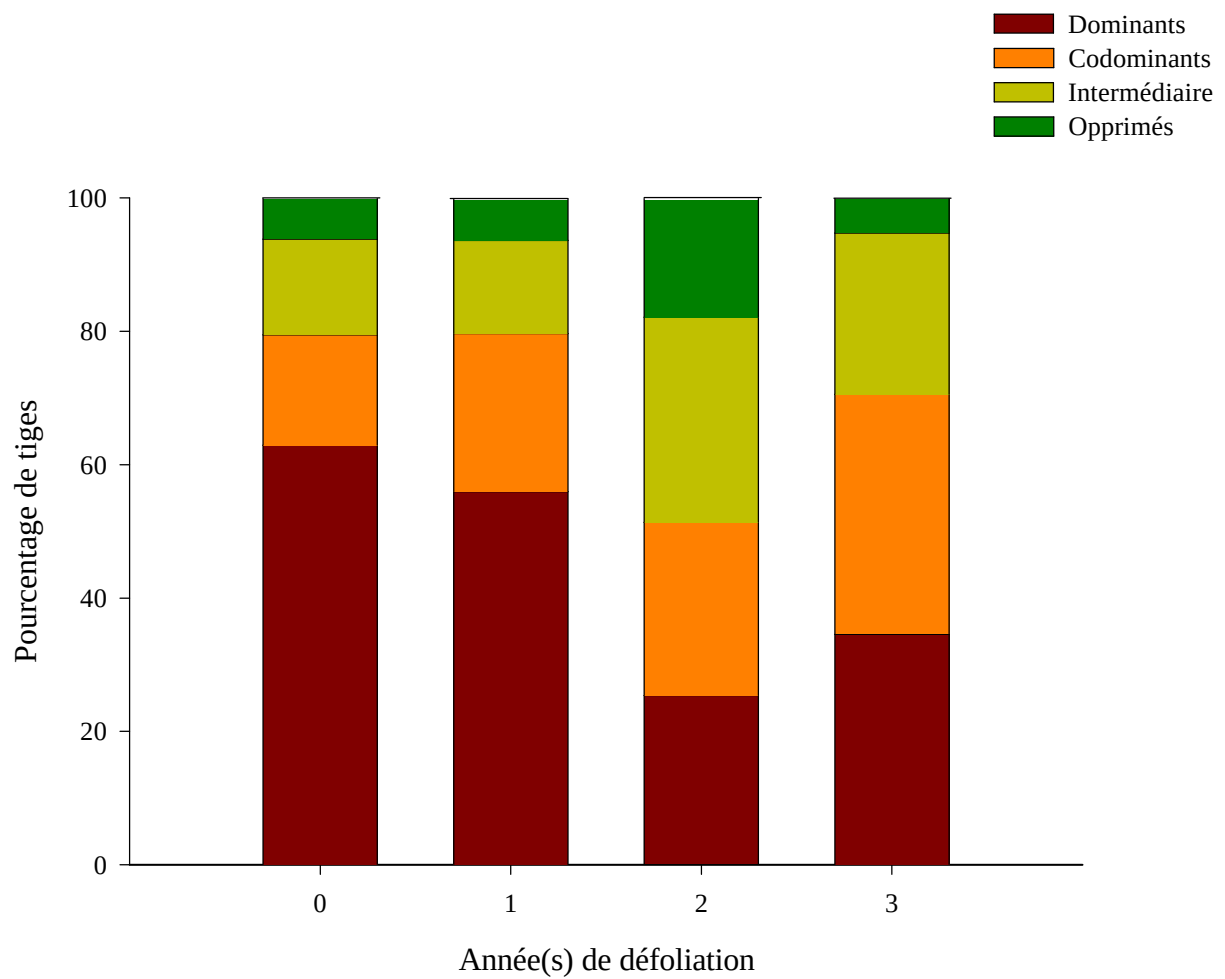


Fig. 11: Position sociale des tiges de peuplier faux-tremble en 2001

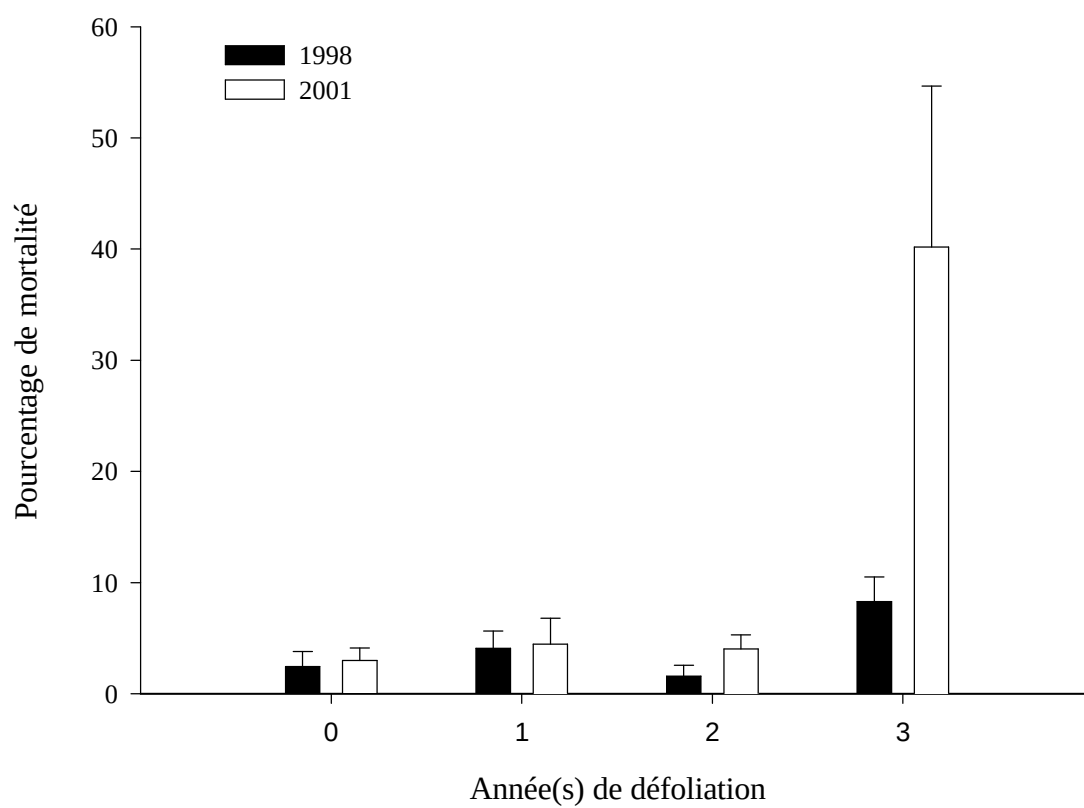


Fig. 12: Mortalité du peuplier faux-tremble avant et après la dernière épidémie de *M. disstria*

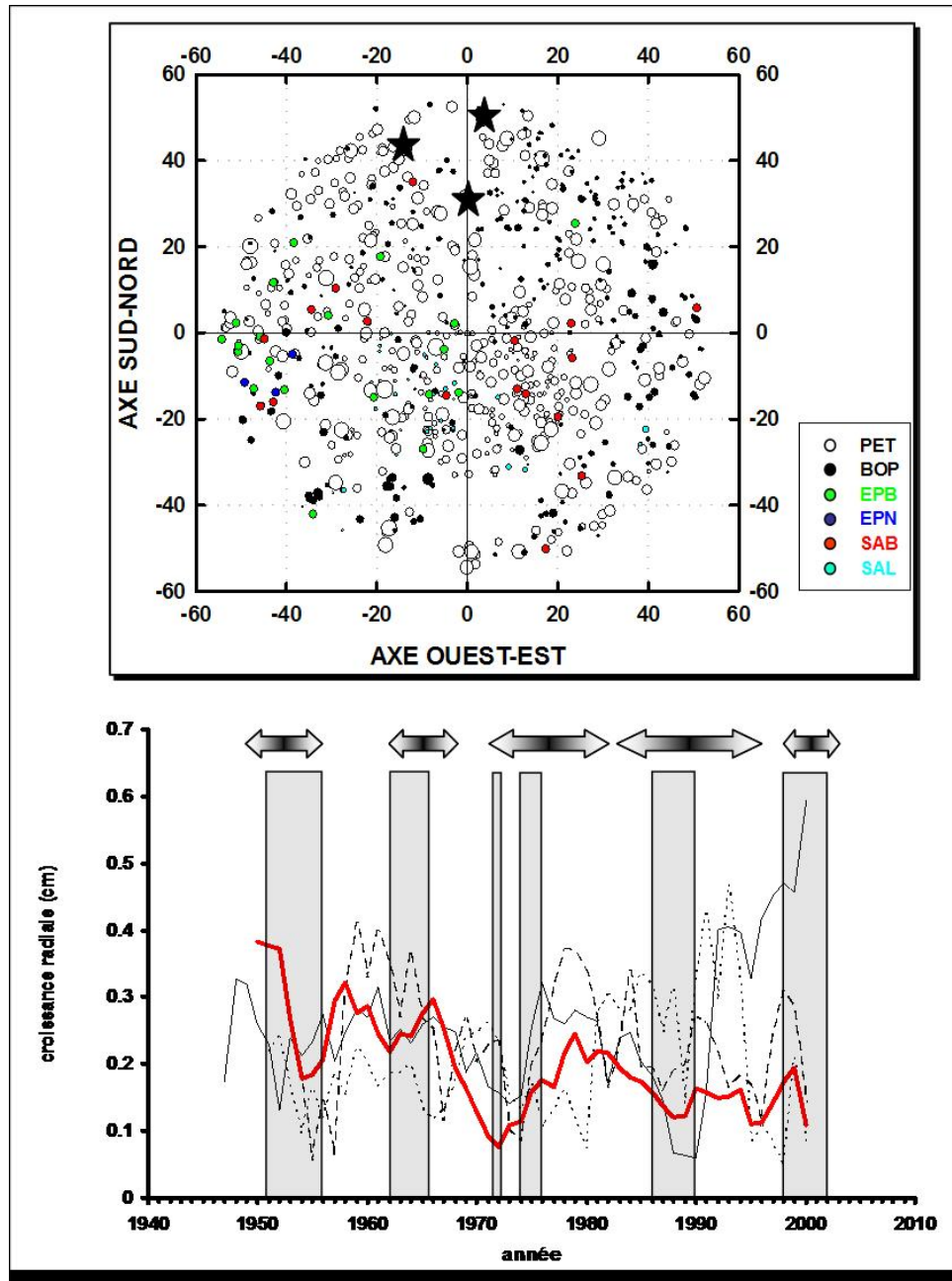


Fig. 13. Panneau du haut : Cartographie d'une parcelle montrant plusieurs trouées; les trois étoiles indiquent des arbres carottés en bordure d'une de ces trouées. Panneau du bas : Chronologie moyenne de la croissance radiale pour la placette (en rouge), et chronologies individuelles des trois arbres carottés; les doubles flèches indiquent les épidémies notées à l'échelle provinciale par le Relevé des Insectes et des Maladies des Arbres (R.I.M.A.). Les barres verticales indiquent les périodes épidémiques pour l'Abitibi. Les données historiques semblent incomplètes pour la décennie 1960.

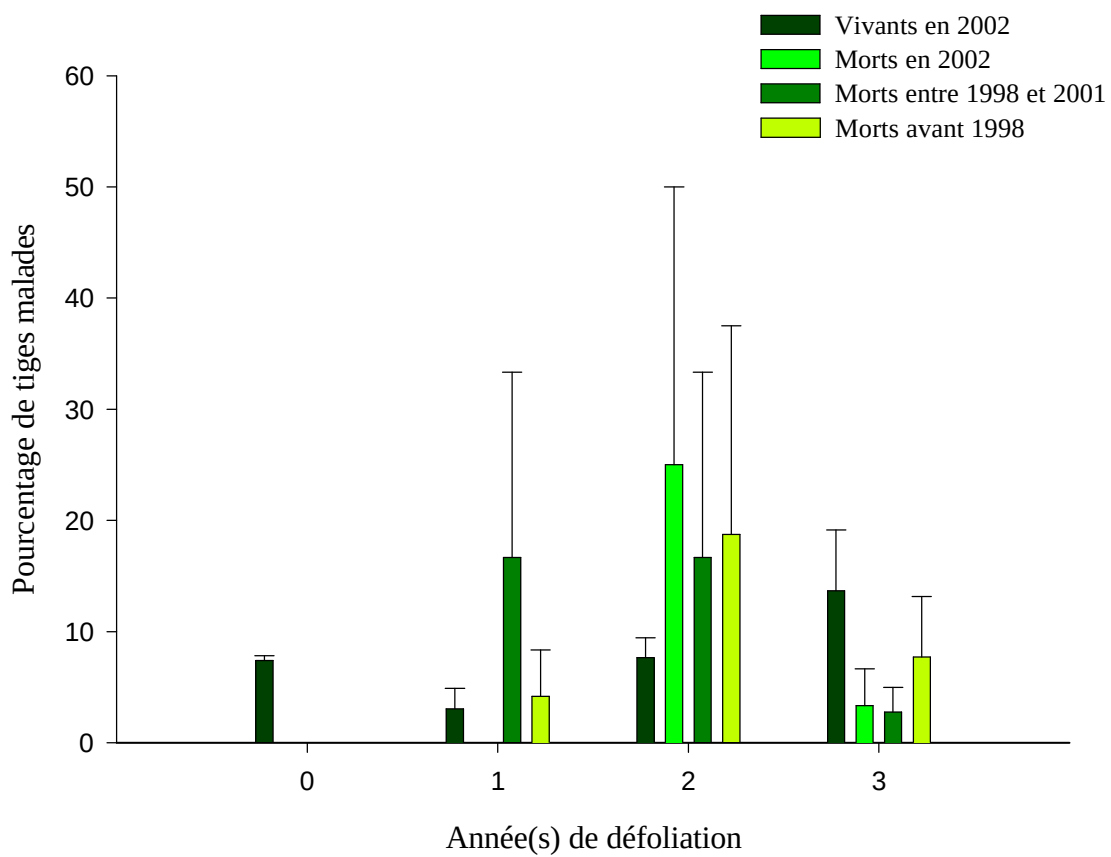


Fig. 14: Pourcentage de tiges de peuplier faux-tremble malades en fonction du niveau de défoliation. Les pourcentages ont été calculés par rapport aux classes de mortalité.

RÉFÉRENCES

- Anderson, G.W. et M.P. Martin. 1981. Factors related to the incidence of *Hypoxyylon mammatum* cankers in aspen, *Populus tremuloides*, and survival of cankered trees. *Forest Science* 27: 461-476.
- Barter, G.W. et D.G. Cameron. 1955. Some effects of defoliation by the forest tent caterpillar. Bi-Month.. Progr. Rep. Div. For. Biol. Dep., 11.
- Brandt, J.P. 1995. Forest insect- and disease-caused impacts to timber resources of western-central Canada: 1988-1992. Canadian Forest Service, Ed., Alta. Inf. Rep. NOR-X-341.
- Brandt, J.P., H.F. Cerezke, K.I. Mallett, W.J.A. Volney et J.D. Weber. 2003. Factors affecting trembling aspen (*Populus tremuloides* Michx.) health in the boreal forest of Alberta, Saskatchewan, and Manitoba. *Canada Forest Ecology and Management* 178: 287–300.
- Churchill, G.B, H.H. John et A.C. Hodson. 1964. Long-term effects of defoliation of aspen by the forest tent caterpillar. *Ecology* 45: 630-633.
- Duncan, D.P. et A.C. Hodson. 1958. Influence of the forest tent caterpillar upon the aspen forests of Minnesota. *Forest Science*. 4: 71-83.
- Ghent, A.W. 1958. Mortality of overstory Trembling Aspen in relation to outbreaks of the forest tent caterpillar (*Malacosoma disstria*) and the Spruce budworm (*Choristoneura fumiferana*). *Ecology* 39: 222-32.
- Hildahl, V. et W.A. Reeks. 1960. Outbreaks of the forest tent caterpillar, *Malacosoma disstria* Hbn., and their effects on stands of Trembling Aspen in Manitoba and Saskatchewan. *Canadian Entomology* 92: 199-209.
- Hintze, J. 2001. NCSS and PASS. Number Cruncher Statistical Systems. Kaysville, Utah, USA. (www.ncss.com).
- Hogg, E.H., J.P. Brandt, P. James et B. Kochtubajda. 2002. Growth and dieback of aspen forests in northwestern Alberta, Canada, in relation to climate and insects. *Canadian Journal of Forest Research* 32: 823-832.
- Pollard, D.F.W. 1972. Estimating woody dry matter loss resulting from defoliation. *Forest Science* 18: 135-138.
- Witter, J.A., W.J. Mattson et H.M. Kulman. 1975. Numerical analysis of a forest tent caterpillar [*Malacosoma disstria*] (Lepidoptera: Lasiocampidae) outbreak in northern Minnesota [*Populus tremuloides*] *Canadian. Entomology*. 107: 837-854.

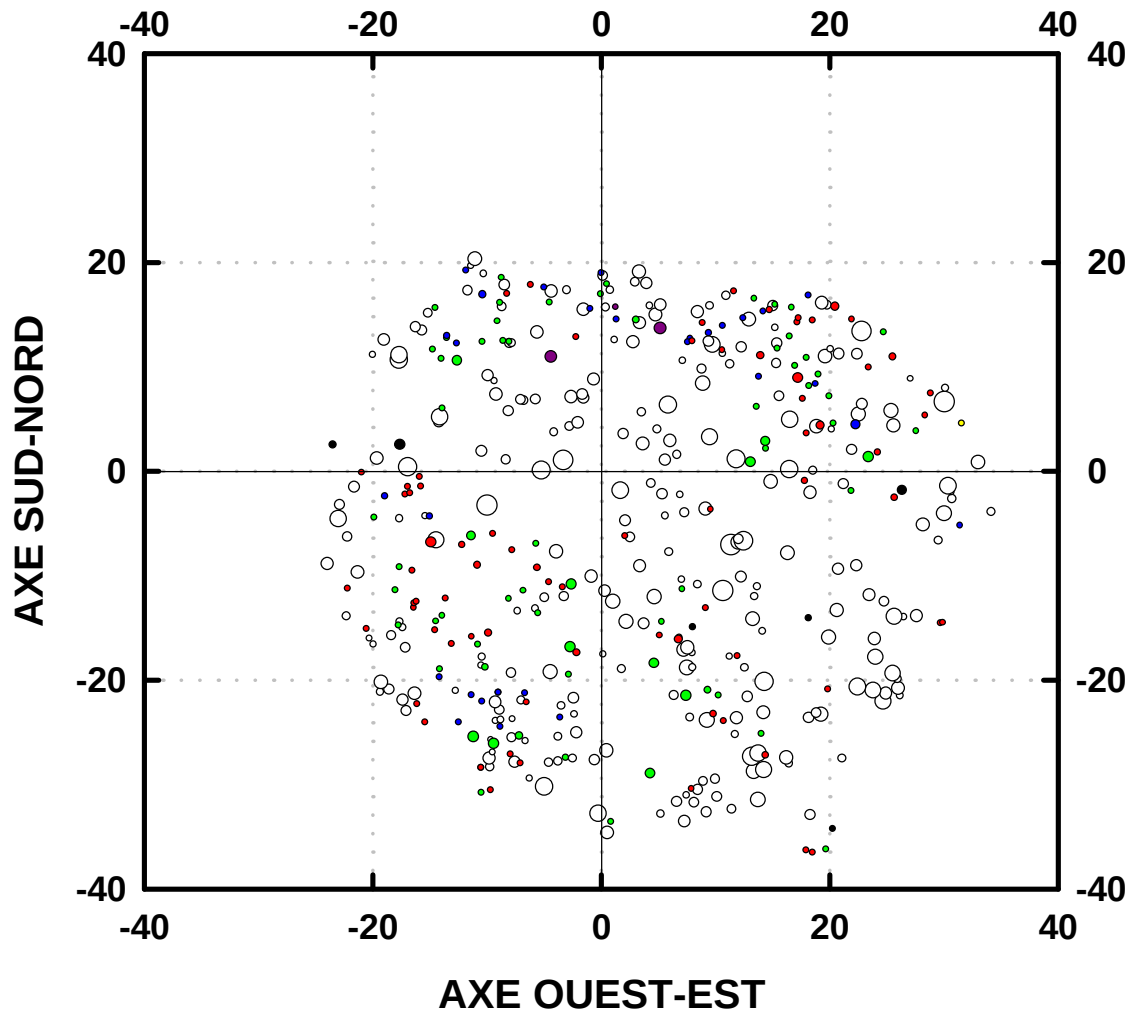
ANNEXE 1

CARTOGRAPHIE DES SITES EN 2002

Cette cartographie des placettes prend en considération les tiges de toutes les essences, de toute position sociale (Dominant, Codominant, Intermédiaire ou Opprimé) et de statut « Vivant » ou « Mort et encore debout (sauf les chicots) »

Le diamètre des cercles est proportionnel au DHP des tiges. Cependant, pour les tiges dont le DHP est inférieur à 10 cm, le diamètre des cercles a été fixé à un diamètre équivalent à un DHP de 10 cm (i.e., les plus petits cercles) afin que ceux-ci apparaissent sur les graphiques.

Site 1010



○ PET ● BOP ● CEP ● EPB ● EPN ● PIG ● SAB

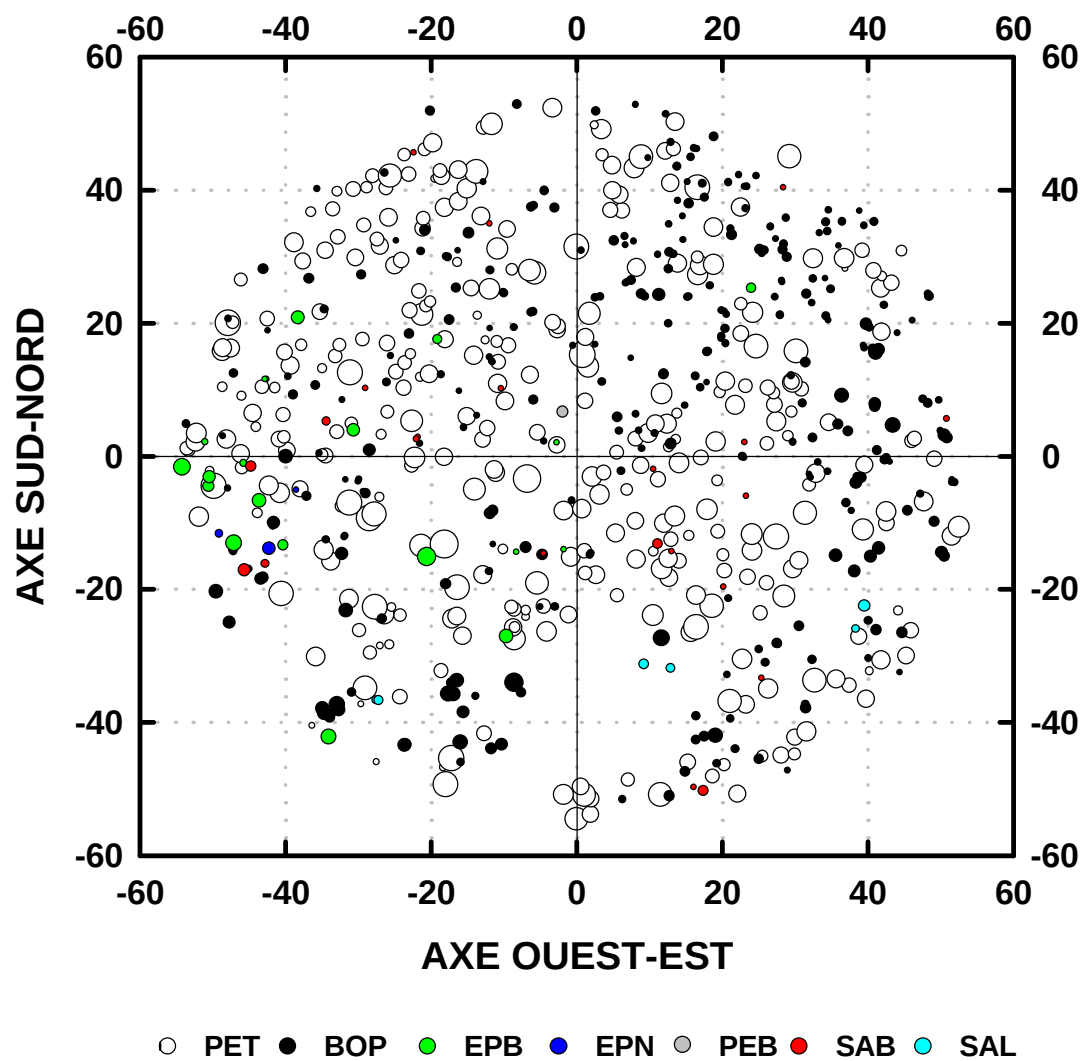
Année(s) de défoliation: 0

Latitude: 48 ° 10 ' 15,6 "

Longitude: 78 ° 50 ' 6,9 "

Superficie: 2591.81 m²

Site 1012



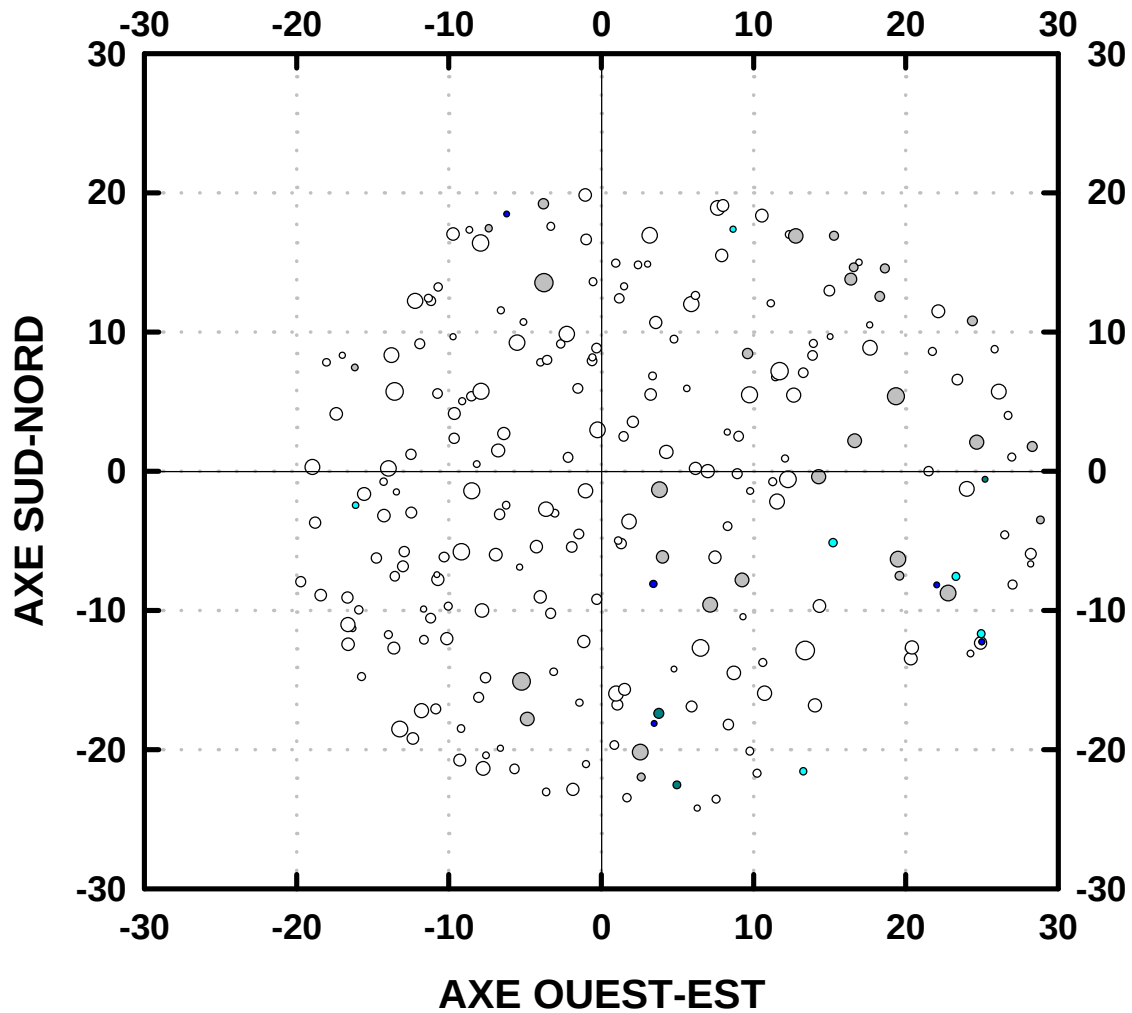
Année(s) de défoliation: 0

Latitude: 48 ° 9 ' 25,5 "

Longitude: 79 ° 25 ' 50,7 "

Superficie: 9503.32 m²

Site 1020



○ PET ● EPN ● MEL ● PEB ● SAL

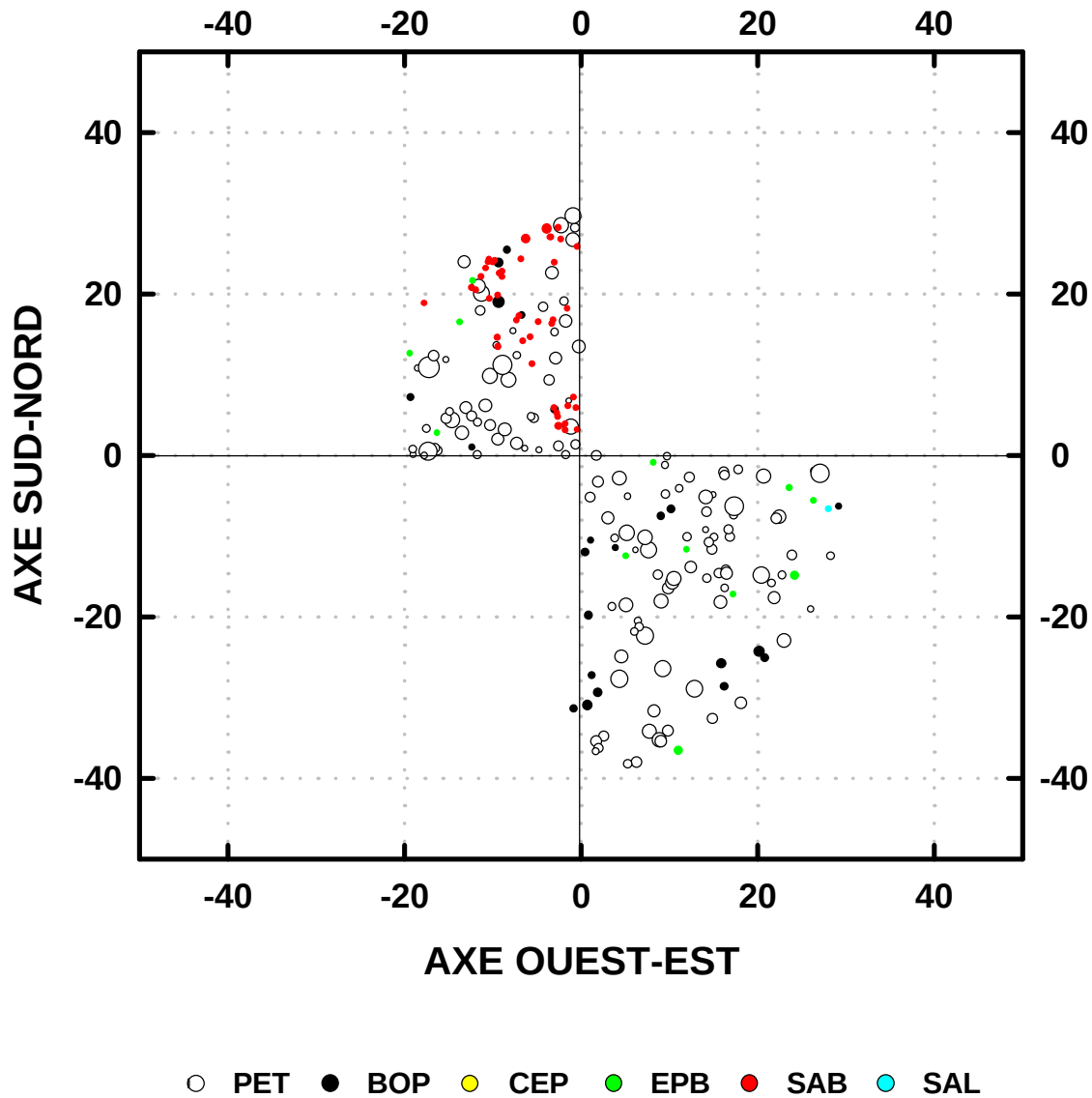
Année(s) de défoliation: 0

Latitude: 49 ° 10 ' 8.7 "

Longitude: 79 ° 08 ' 46.2 "

Superficie: 1767.15 m²

Site 2



Année(s) de défoliation: 1

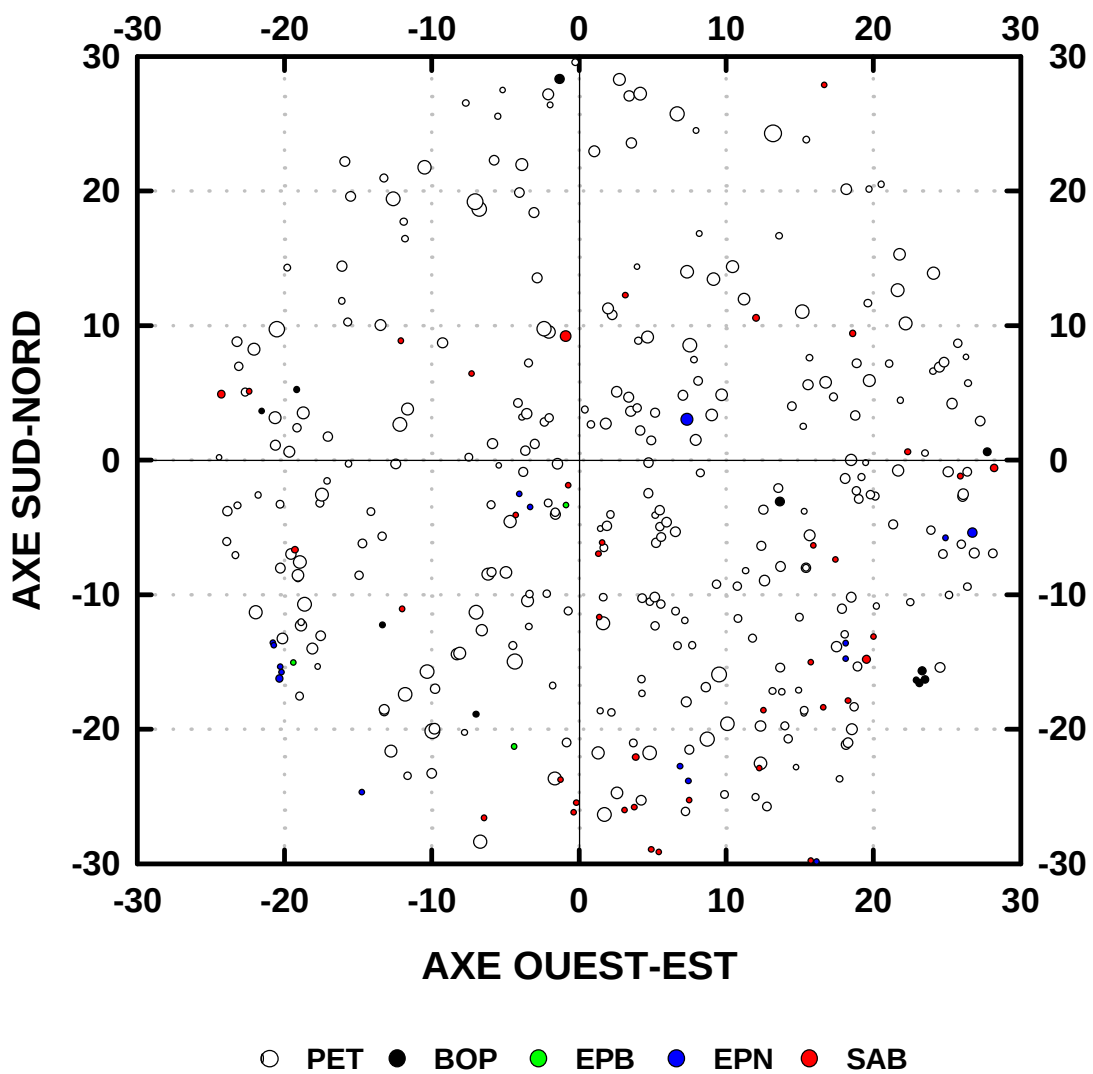
Latitude: 48 ° 23 ' 6.4 "

Longitude: 78 ° 22 ' 31.6 "

Superficie: 1413.72 m²

Note: La cartographie n'a pas été complétée pour ce site car un niveau de coupe trop important a été constaté.

Site 50



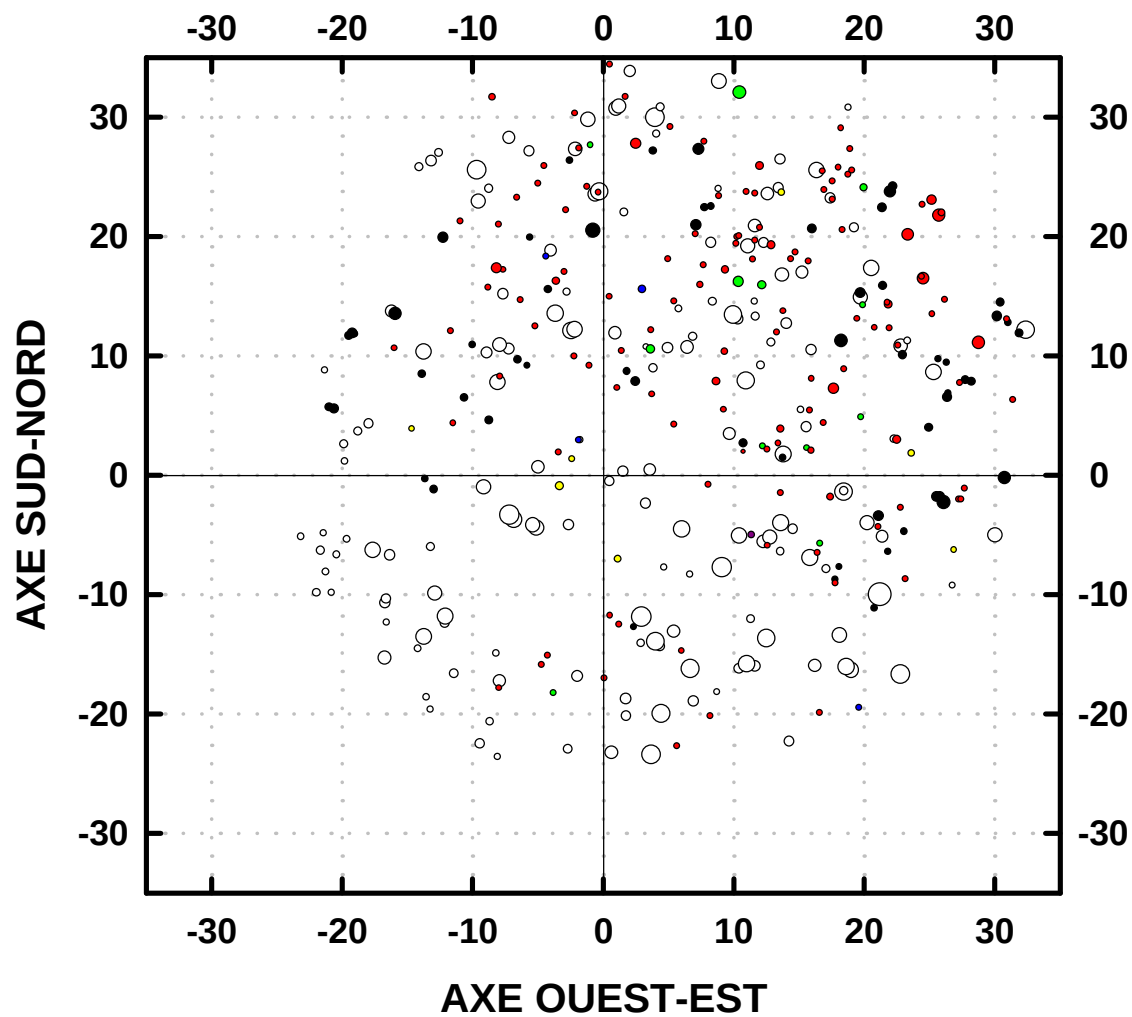
Année(s) de défoliation: 1

Latitude: 48 ° 12 ' 52.7 "

Longitude: 78 ° 53 ' 43.9 "

Superficie: 2591.81 m²

Site 51



○ PET ● BOP ● CEP ● EPB ● EPN ● PIG ● SAB

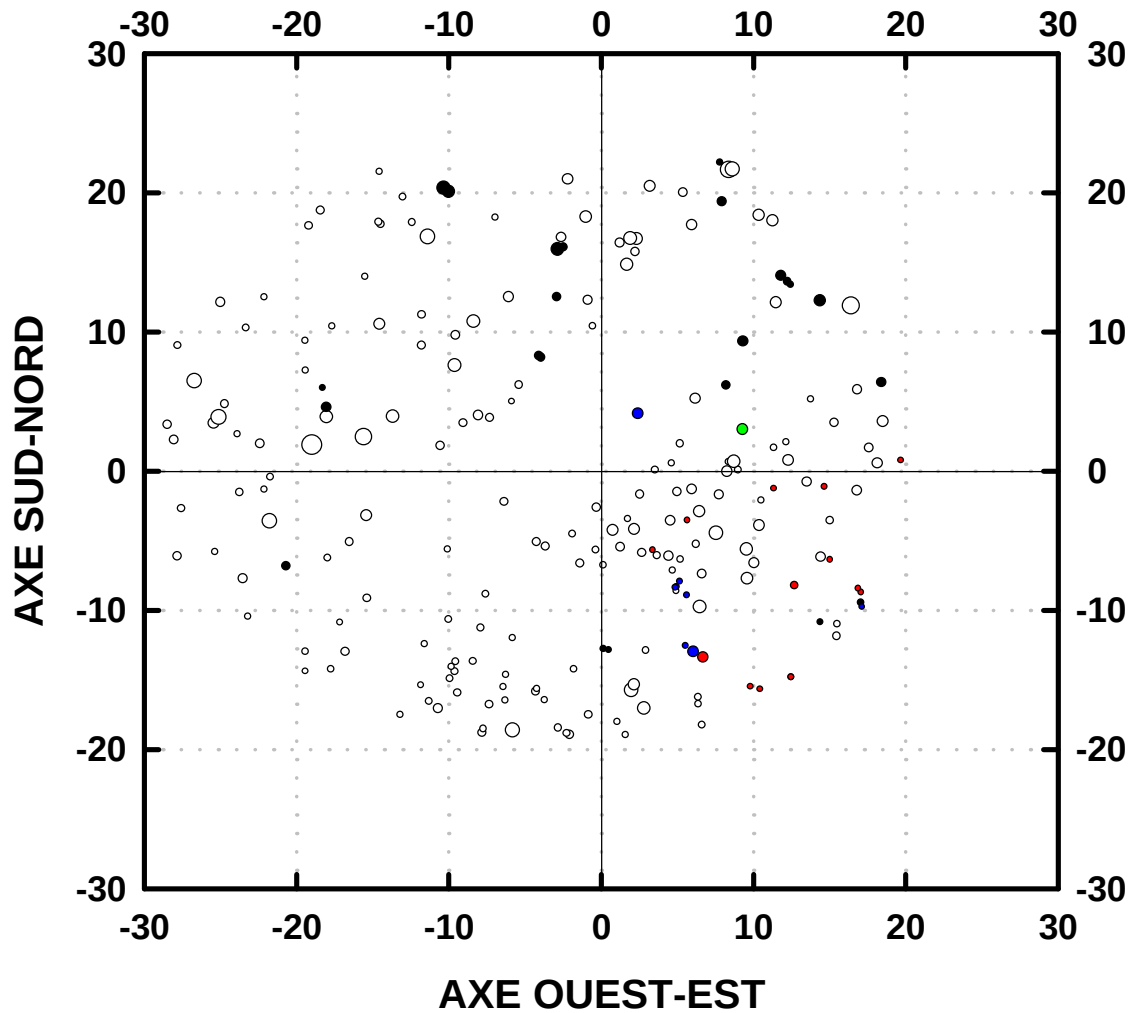
Année(s) de défoliation: 1

Latitude: 48 ° 12 ' 52.7 "

Longitude: 77 ° 38 ' 53.9 "

Superficie: 2827.43 m²

Site 30



○ PET ● BOP ● EPB ● SAB ● SAL

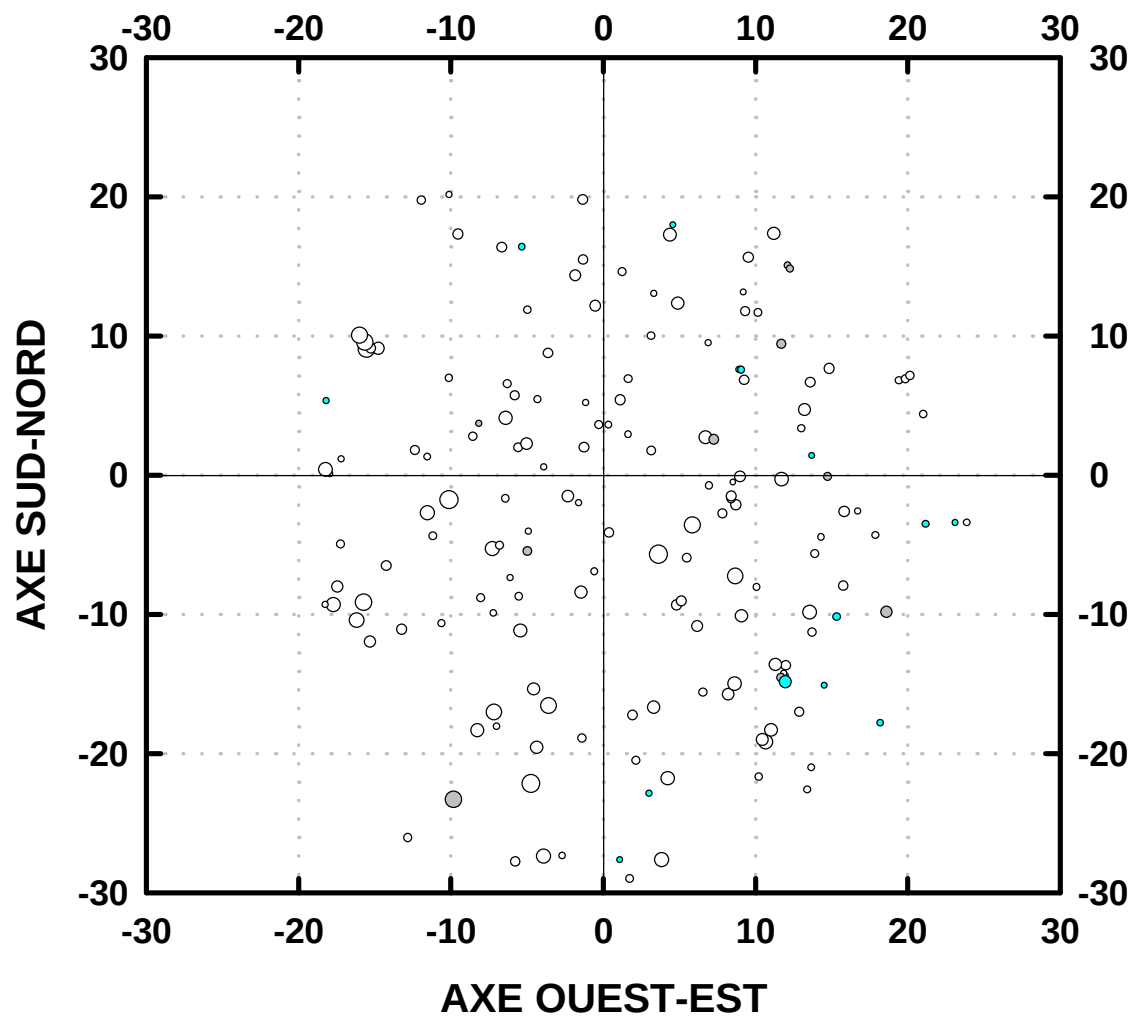
Année(s) de défoliation: 2

Latitude: 48 ° 14 ' 2.1 "

Longitude: 77 ° 56 ' 0.9 "

Superficie: 1767.15 m²

Site 37



○ PET ● PEB ● SAL

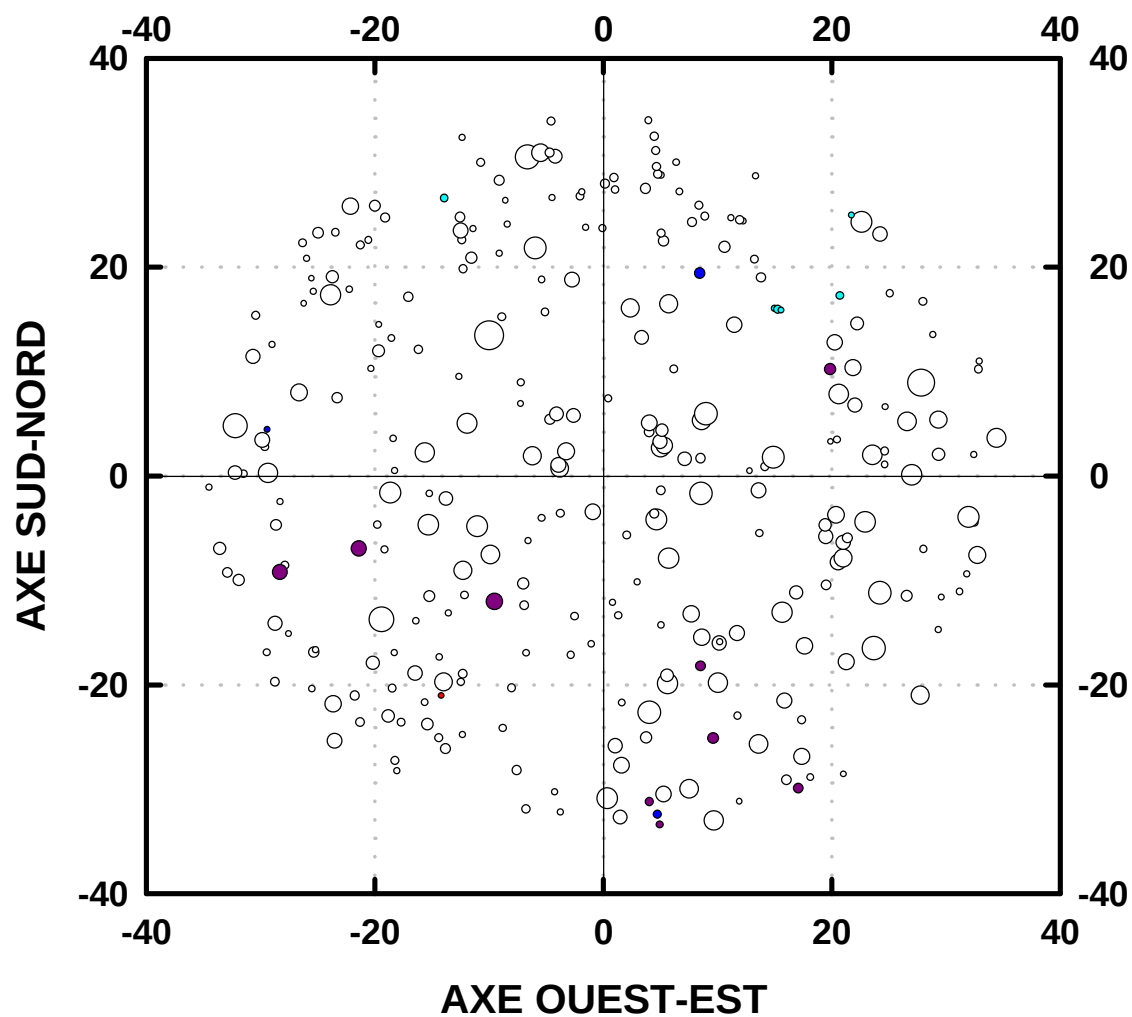
Année(s) de défoliation: 2

Latitude: 48 ° 51 ' 25.6 "

Longitude: 79 ° 27 ' 23.3 "

Superficie: 1767.15 m²

Site 38



○ PET ● EPN ● PIG ● SAB ● SAL

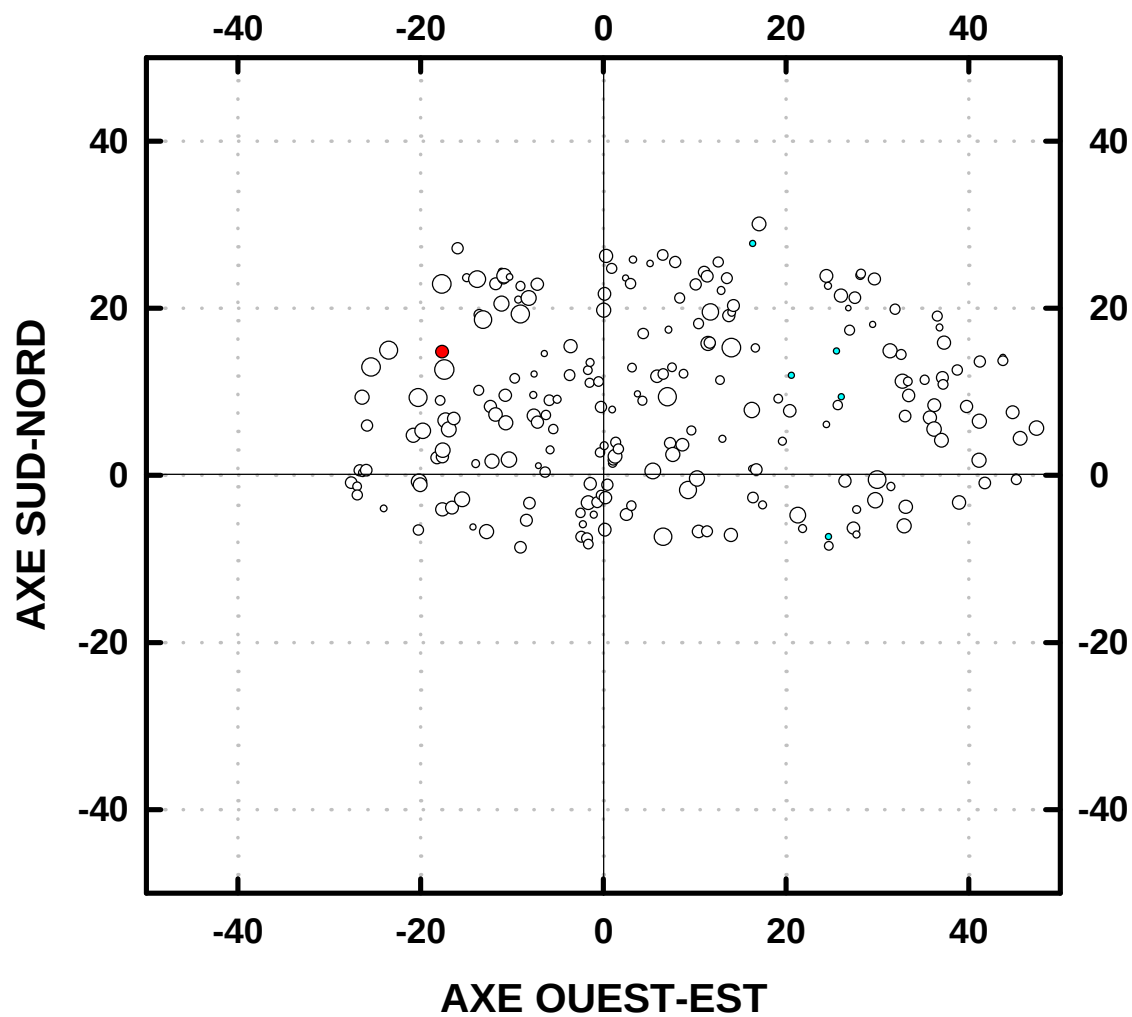
Année(s) de défoliation: 2

Latitude: 48 ° 34 ' 27.2 "

Longitude: 78 ° 4 ' 43.8 "

Superficie: 3848.45 m²

Site 20



○ PET ● SAB ● SAL

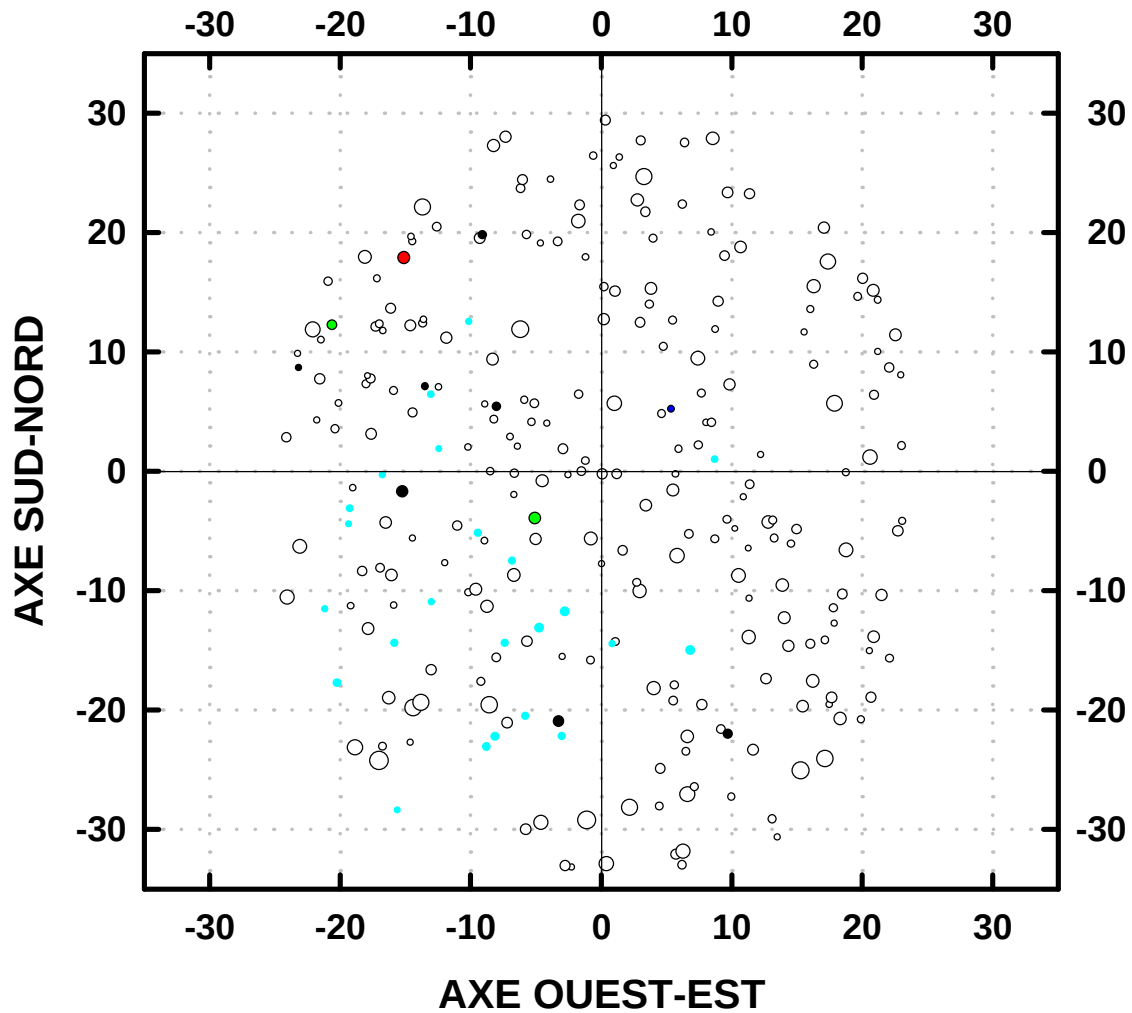
Année(s) de défoliation: 3

Latitude: 48 ° 42 ' 52.6 "

Longitude: 78 ° 6 ' 48.5 "

Superficie: 2513.27 m²

Site 31



○ PET ● BOP ● EPB ● EPN ● SAB ● SAL

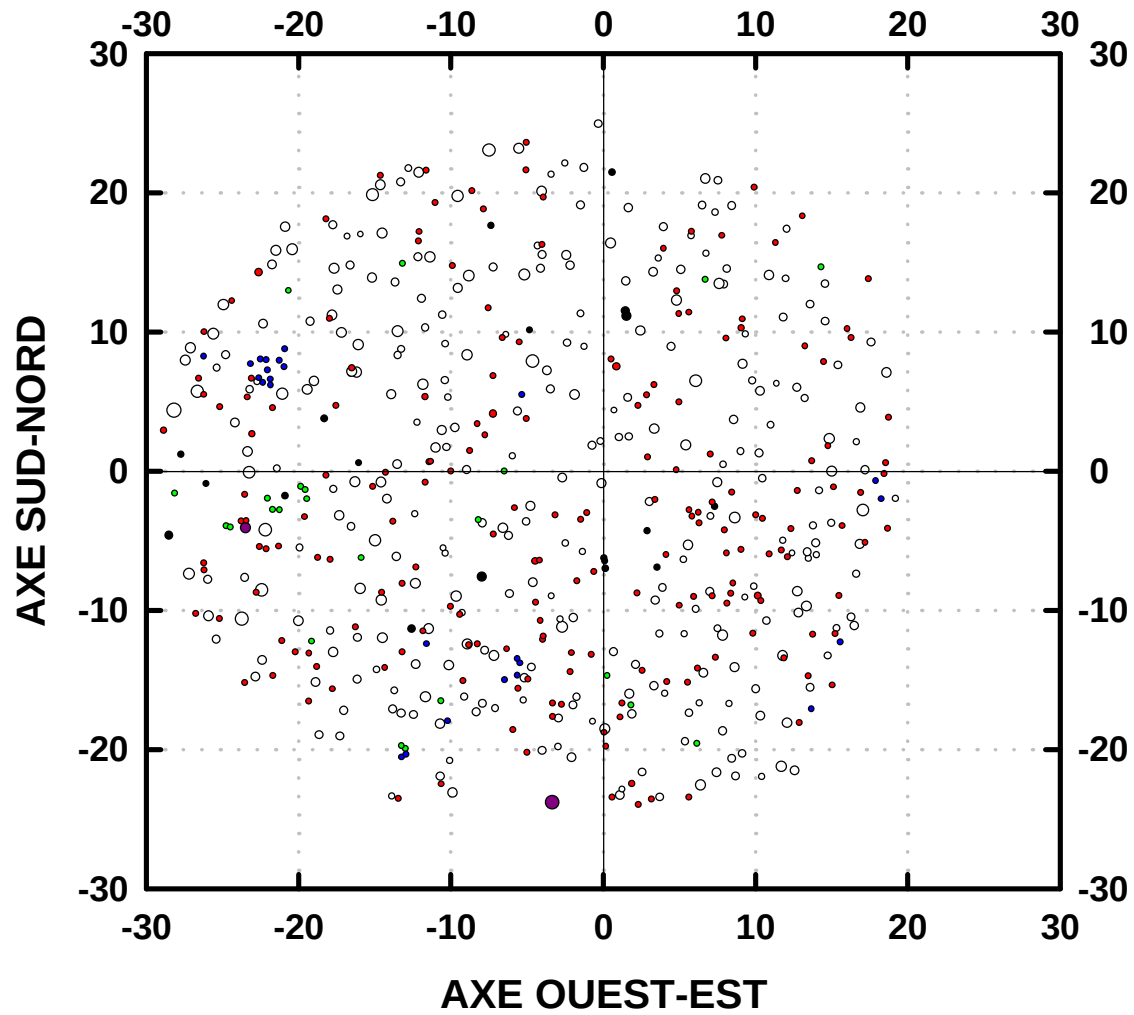
Année(s) de défoliation: 3

Latitude: 48 ° 39 ' 16.7 "

Longitude: 77 ° 59 ' 17.1 "

Superficie: 2552.54 m²

Site 39



○ PET ● BOP ● EPB ● EPN ● PIG ● SAB

Année(s) de défoliation: 3

Latitude: 48 ° 44 ' 26.4 "

Longitude: 78 ° 3 ' 7.7 "

Superficie: 1963.49 m²