

Chapitre II : Définitions et méthodologie d'approche de dépérissements

I-Définitions de dépérissements

1-Les spécialistes ont trouvé de grandes difficultés pour donner une définition exacte et universelle du terme, de « dépérissement forestier » ou « Forest decline ». Pour les anglo-saxons et les Allemands, le dépérissement est défini comme étant un phénomène complexe évolutif qui se traduit par un affaiblissement général de la vigueur des arbres et des peuplements forestiers

Une définition restrictive du terme "dépérissement" serait un phénomène qui ne relève pas d'une évolution naturelle des forêts (liée au vieillissement notamment) ou du résultat (même inhabituel) d'un seul facteur naturel". L'usage veut que l'on qualifie de "dépérissement" tout phénomène inhabituel diminuant la vitalité des arbres, quelle que soit la cause. La détection univoque et la quantification du "dépérissement" se sont révélées particulièrement difficiles.

En outre, il est admis que le dépérissement des essences forestières affecte le dynamisme de la forêt en, changeant sa structure et ses ressources physiques à une quelconque échelle spatiale et temporaire.

2-Sont des maladies à éthologie complexe qui se développent lorsque les plantes ont subi un stress dû à l'interaction de plusieurs facteurs adverses abiotiques et biotiques. Il se manifeste de façon différente selon les caractéristiques du biotope, l'âge des plantes concernées et la nature des facteurs adverses impliqués

3- Le « dépérissement » ou « déclin » des forêts est une expression qui marque un phénomène qui se traduit avant tout par une mortalité anormale des feuilles, bourgeons, brindilles et branches, et qui a pour conséquence la réduction de la vitalité et de la vigueur des arbres. Une fois persistant, il induit la mort « isolée » des arbres puis prend de l'ampleur par « tâches » et enfin « massive ou généralisée » des peuplements. Il en résulte une réduction progressive de la productivité ligneuse des forêts et de leur santé

II- Historique de déclin forêts

Les problèmes de dégradation de la santé des peuplements forestiers (feuillus et conifères) sont très anciens et remontent à la fin du 19^{ème} siècle et surtout au début du siècle dernier dans de nombreux pays, notamment d'Europe mais aussi d'Amérique du Nord. L'apparition de phénomènes de déclin plus spectaculaires n'a pris un caractère vraiment inquiétant dans ces forêts qu'au début des années 1980 (DELATOUR, 1983 ; BONNEAU et LANDMANN, 1988).

Depuis, de nombreux protocoles et méthodes ont été mis au point dans différents pays, européens (France) et américains (Canada) et avec un degré moindre d'Afrique du Nord (Maroc) pour évaluer l'état sanitaire des forêts et analyser le phénomène de dépérissement des forêts.

III- Méthodologie d'approche des dépérissements

III.1- Les investigations préalables

L'analyse d'un dépérissement peut se concevoir comme un questionnaire permettant de décrire spatio-temporaire le phénomène en cause, d'appréhender si les paramètres pérennes

conditionnant la vigueur d'un arbre sont à un niveau convenable et enfin si les paramètres « accidentels » plus fugitifs ne sont pas intervenus pour rompre un équilibre.

1-Données descriptives :

qui ? Où ? Quand ? Comment ?

- Quelle essence est atteinte ? (Espèce, âge, dimension)
- D'autres essences sont-elles atteintes ?
- Quelle surface est concernée ? Cartographie,
- Quelle est l'ancienneté du problème ? Enquête et Etude dendrochronologique

La **dendrochronologie** (*dendron*, « arbre », *khronos*, « temps » et logie « discours ») est une méthode scientifique permettant en particulier d'obtenir des datations de pièces de bois à l'année près en comptant et en analysant la morphologie des anneaux de croissance (ou *cernes*) des arbres. Elle permet également de reconstituer les changements climatiques et environnementaux.

2-Paramètres pérennes

- L'essence est-elle adaptée au climat local, régional ? ----- étude climatique
- L'essence est-elle adaptée à la station ?
 - Etude phytoécologique (pédologie, géomorphologie)
 - Auto-écologie de l'essence
- Quels sont les paramètres sylvicoles qui ont conditionné l'essence ?
-----→ mise en évidence de facteurs prédisposants

3-Paramètres accidentels

- L'essence a-t-elle subi des accidents climatiques ? Etude climatique et dendrochronologique
 - L'essence est-elle- actuellement ou a-t-elle sujette à des attaques de ravageurs ou maladies
 - Etude symptomatologique complète d'arbres échantillons
 - détermination des insectes, de champignons, etc.
 - L'essence a-t-elle soumise à une modification de son environnement abiotique (pollution , changement de niveau de la nappe, drainage, traitements insecticides, herbicides, etc.
 - Analyse foliaire
 - Analyse chimique du sol
- mise en évidence de facteurs déclenchant ou aggravants

III.2- Etude symptomatologique d'un dépérissement

L'analyse symptomatologique permet d'élucider rapidement les cas de dépérissement par mis en évidence des agents biotiques et abiotiques évidents ou non
Les descriptions et les observations permettent d'établir un schéma général des symptômes relevés sur l'essence en question en cas de dépérissement.

1-Au niveau du collet et des racines

On peut noter nombreux cas de nécroses d'intensité diverses allant d'un stade cortical à un stade ultime où le bois est complètement déstructuré par une pourriture fongique,

2- Au niveau du tronc et des branches maitresses

Le tronc constitue un organe intermédiaire entre le système racinaire et la frondaison. Par son anatomie (écorce protectrice, bois riche en vaisseaux ligneux et fibres typiques) et ses fonctions physiologiques, il détermine souvent l'allure des houppiers.

L'examen de cette partie consiste en des observations visuelles sur toute la hauteur (à l'œil nu et l'emploi de jumelles). Chaque tronc est observé et décrit à l'aide d'un certain nombre de paramètres.

Ils sont observés assez fréquemment des décollements d'écorce en bande limitée ou non par des bourrelets cicatriciels actifs, des fentes ou des taches laissant exsuder un liquide noirâtre (écoulements noirâtres), croûtes charbonneuses, des trous et galeries d'insectes, dégâts causés par des animaux (cervidés, sangliers, lapins, etc.) (Abroutissement, Ecorçage, Frottis de frayure et écorçage, etc.), action humaine (coups de haches, mauvaise exploitation du liège, etc).

2.1- Examen de l'Etat du tronc

Cet examen porte un indice qui peut souvent nous renseigner sur l'état de santé des arbres : la présence des crevasses (parties du tronc manquantes correspondant par conséquent à du bois altéré). L'importance de cet indice est évaluée par rapport au fût.

Cas chêne liège : Un tronc est considéré comme fortement crevassé lorsqu'il perd plus du quart de son volume. Ces crevasses constituent des abris favorables aux ravageurs et autres

Un second indice a été considéré par beaucoup de chercheurs comme un symptôme caractéristique du dépérissement de certaines essences comme le chêne-liège. Il s'agit du départ des rejets.

D'autres paramètres secondaires pourront être pris en compte dans la description générale de l'état des troncs. Ce sont notamment les déformations d'origine surtout pathologique (tumeurs en particulier) et l'action de l'homme : déliègeages illicites, blessures diverses et des traces d'incendies

2.2- Observations de l'écorce et la zone sous corticale

L'observation de la surface de l'écorce permet de mettre en évidence la présence de morsures, de trous de sortie ou de pénétration d'insectes xylophages, d'écoulements d'origines diverses, de nécroses et de croûtes charbonneuses d'origine fongique situées dans les anfractuosités.

L'appréciation de la qualité de l'écorce à l'œil nu se fait au toucher reposant respectivement sur sa texture externe et la difficulté avec laquelle il se décolle du liber.

La proportion de surface détruite est déterminée par rapport à la surface totale de la partie du tronc observée. Pour cela, il faut diviser le tronc en unités de 50 cm de haut. Au niveau de chacune d'elles, on estime la part de l'écorce dépréciée, l'ensemble permettant de définir la surface totale détruite. La proportion ainsi obtenue a été enregistrée en utilisant la notation suivante : 1 (0 % de déhiscence : tronc complètement sain), 2 (faible : 1 à 10 % de surface productive perdue), 3 (moyen : 11 à 25 %), 4 (assez fort : 26 à 50 %), 5 (fort : 50 à 75 %) et 6 (très fort : > 75%).

La zone sous-corticale est observée après écorçage des arbres (âgés, malades ou dépérissants) présentant déjà un début de décollement.

2.3-Observations du bois après abattage.

Après abattage des arbres (morts ou mourants) , on observe des galeries dans le bois, des colorations noirâtres du duramen, des taches noires dans l'aubier,

2.4- Recherche sur les agents biotiques

La recherche sur les agents biotiques (insectes et champignons) évoluant dans le bois des arbres peuvent être mis en évidence au moyen de plusieurs techniques couramment employées en entomologie ou en microbiologie. Les investigations sur les champignons phytopathogènes sont décelées au moyen des traces sont facilement observées sur les parties ligneuses (suintements noirâtres dus au charbon, Polypores, Armillaires). La flore lichénologique est également à prendre en considération.

3-Examen de la cime

L'aspect de la cime est le critère le plus souvent pris en compte, voire parfois le seul dans l'appréciation visuelle de la vitalité des arbres de nombreuses essences forestières (feuillues ou résineuses) et par conséquent de l'état sanitaire des forêts.

3.1-Chronologie des observations

Les observations ont pour but d'apprécier la capacité des arbres à reconstituer leur feuillage. Elles sont effectuées en été généralement entre 1^{er} juillet et le 31 août, soit longtemps après la fin de la feuillaison.

3.2-Conduite des observations

Le protocole d'observation et de notation repose sur celui adopté dans le réseau CEE. Deux principaux symptômes y sont pris en considération. Il s'agit de :

- la défoliation ou de la perte foliaire
- les décolorations ou des colorations anormales

Ces deux descripteurs qui sont considérés, plus comme des « *indicateurs* » que de véritables mesures de la vitalité, présentent l'avantage principal, de pouvoir être répétés plusieurs fois sur les mêmes arbres sans les endommager.

L'état de la cime des essences est noté par rapport à un arbre de référence. Cet arbre, supposé sain (0% de déficit foliaire), a un houppier normal (morphologie, architecture et densité de feuillage normales) et est placé dans les mêmes conditions stationnelles et sylvicoles que l'ensemble du peuplement considéré. Il est très rare d'en trouver un dans la station ou à proximité mais il peut être reconstitué mentalement.

On peut donc dire qu'il n'existe pas de véritable arbre de « *référence* » commun à toutes les forêts de la même essence étant donné que celles-ci se trouvent dans des situations physiques et forestières différentes. Il revient donc à l'observateur de moduler les caractéristiques de cet arbre en fonction des différentes situations des peuplements étudiés. Plusieurs facteurs peuvent toutefois intervenir sur la variabilité de l'aspect général de la cime de l'arbre sain et par conséquent sur les caractéristiques à prendre en considération dans les notations. Signalons en particulier le climat et l'altitude mais aussi le versant, l'âge ou le stade de développement, la densité et la concurrence apicale des arbres et les travaux sylvicoles qu'ils ont subis.

Ces observations ont nécessité souvent l'emploi d'une paire de jumelles surtout pour l'estimation de la proportion de feuilles décolorées des arbres de grande taille.

1-La défoliation ou déficit foliaire La note de la défoliation traduit la perte éventuelle de feuilles dans la partie fonctionnelle de la cime. Sa notation repose sur l'examen de la ramification (abondance et état physiologique des branches et des rameaux). La démarche à suivre dans cet examen et pour l'estimation de la perte des feuilles consiste à découper la cime de l'arbre en zones homogènes, à estimer les pertes par zone et définir ensuite la note.

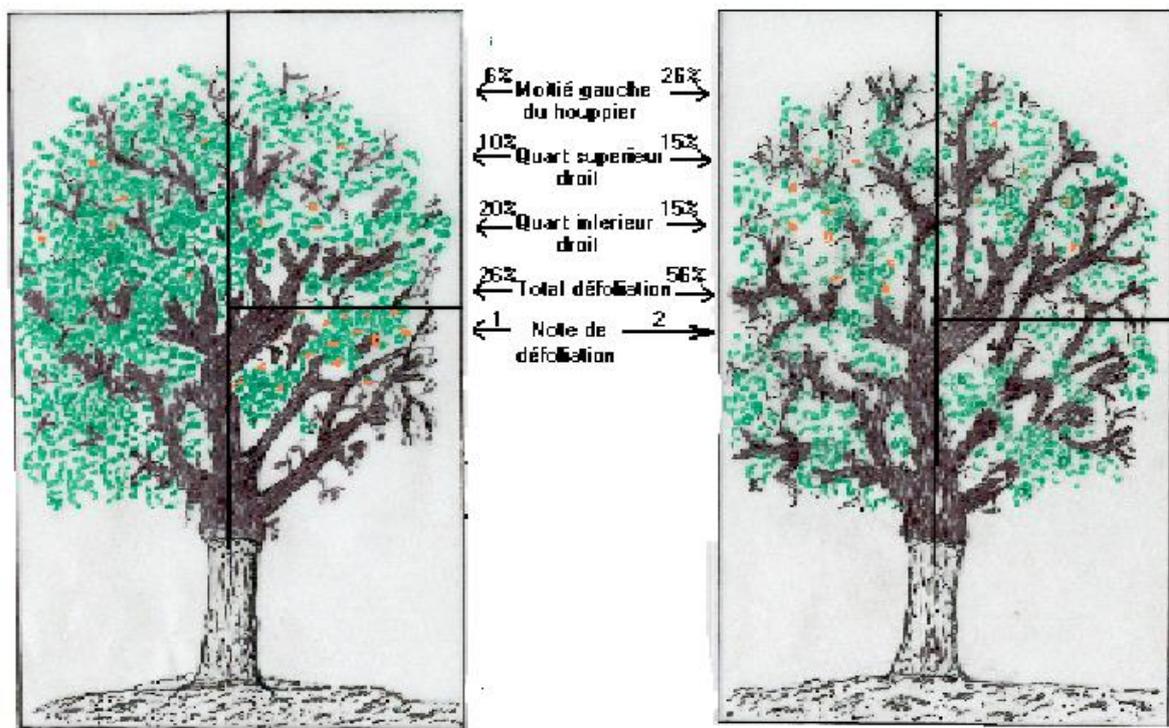
Les différentes notes ainsi obtenues sont regroupées en 5 grandes classes harmonisées dans le réseau CEE.

Tableau : Classes de notation de la défoliation et les principales catégories sanitaires des arbres

Classes (CEE)	Proportions de feuillage affecté	Signification des classes
0	0-10%	Arbre non défolié

1	15–25%	Arbre faiblement défolié
2	30–60%	Arbre modérément défolié ou modérément dépérissant
3	65–95%	Arbre fortement défolié ou dépérissant
4	Mort (100%)	Arbre mort ou sec

La notion d' « *arbre atteint* » a été longuement discutée par les spécialistes chargés du suivi des différents réseaux. Il ressort en effet que la classe de défoliation significative (seuil de perte d'accroissement) qui n'est pas la même pour chaque essence n'est pas non plus la même pour une essence donnée dans tous les pays européens. Ces pays sont cependant unanimes sur la signification de la classe 2 qui correspond aux arbres ayant perdu plus de 25 % de leur feuillage. On considère qu'une perte foliaire jusqu'à 25 % correspond à un seuil facilement évalué à l'œil nu et qui peut être dû uniquement aux phénomènes naturels.



Les risques d'erreurs de notation pouvant peser sur la fiabilité des résultats sont considérés dans ce cas comme négligeables. La seconde catégorie renferme les arbres « affaiblis » ou moins fortement atteints correspondant à la classe d'alerte. C'est à partir de la classe 3, que les sujets sont qualifiés de « gravement atteints ou dépérissants » et correspondent à un seuil d'irréversibilité de l'atteinte.

2-La décoloration : Elle traduit un changement par rapport à la coloration habituellement observée sur le feuillage de l'essence considérée. Elle est notée par rapport au feuillage présent en procédant de la façon suivante): on découpe le houppier en 4 zones égales, on estime quelle proportion du feuillage de chaque zone présente une coloration anormale, et on fait la somme des 4 zones pour définir la note.

Tableau : Classes de décoloration.

Classes	Proportion de feuillage décoloré	Signification des classes	Catégorie de coloration
0	1-10 %	Pas de décoloration	Coloration normale
1	15-25 %	Faiblement décoloré	Coloration anormale
2	26-60 %	Modérément décoloré	
3	> 65 %	Gravement décoloré	
4	100 %	Très gravement décoloré	

La proportion significative de coloration anormale est indiscutable et elle a été considérée dans le réseau CEE comme telle depuis le début du suivi des dommages forestiers en 1988. Elle correspond à une perte de plus de 15 % de coloration du feuillage et concerne les arbres à partir de la classe 1.

3-L'indice de Dépérissement (ID) ou Indice de santé (Is) : Il permet d'exprimer de façon directe l'état général du peuplement à partir de l'ensemble des arbres pris individuellement. Cet indice qui a été déjà utilisé pour le Sapin et l'Épicéa est calculé à partir de la formule proposée par BOUVAREL (1984) :

$$I_s = \frac{(n_1 \cdot P_1) + (n_2 \cdot P_2) + (n_3 \cdot P_3) + (n_4 \cdot P_4) + (n_5 \cdot P_5)}{N}$$

- n_i : Nombre d'arbres de la classe i
 P_i : Poids de la classe i (1 si $i=1$, 2 si $i=2$ etc.)
 N : Effectif total d'arbres observés dans la station

Cette formule ne prend en considération que les classes de déficit foliaire, étant donné que la manifestation extérieure de l'affaiblissement de l'arbre réside plus dans la perte de ses feuilles que dans la décoloration du feuillage. On distingue 3 niveaux de dépérissement en fonction des valeurs obtenues

Tableau : Principales catégories de dépérissement du peuplement forestier en fonction de l' « ID » calculé. Les valeurs entre parenthèses sont données par BOUVAREL (1984) pour le Sapin et l'Épicéa.

Indice de dépérissement «ID »	Statut sanitaire ou catégorie de dépérissement du peuplement
$I_s < 1.5$ ($I_s < 1$)	non dépérisant ou Sain
$1.6 < I_s < 2.0$ ($1 < I_s < 2$)	en début de dépérissement
$2.1 < I_s < 2.5$ ($2 < I_s < 3$)	en dépérissement assez grave
$I_s > 2.6$ ($I_s > 3$)	en dépérissement grave ou fortement dépérisant

Dans l'étude, sur le chêne liège l'application de cette formule avec les « poids » attribués traditionnellement aux différentes classes donne des indices dont les valeurs sont contradictoires (trop fortes) et ne reflètent pas la réalité. C'est pourquoi on a adapté la formule

pour que les valeurs obtenues confirment l'appréciation visuelle de l'état de vigueur des chênes-lièges.

Deux possibilités ont été envisagées qui donnent exactement les mêmes résultats :

- 1- soit on attribue les poids « P » de 0 à 4 respectivement aux 5 classes CEE alors que ceux préconisé dans la formule vont de 1 à 5.
- 2- soit on attribue les poids « P » de 1 à 4 respectivement aux 4 classes prises en compte.

La proportion d'arbres atteints dans le peuplement exprime directement l'« intensité du dépérissement » de ce peuplement. Elle est autant plus importante que les arbres fortement défoliés appartenant aux classes 4 et 5 sont plus nombreux et donc que l'indice est plus élevé.

Le code d'observation est le suivant : Perte d'aiguilles dans la cime = 20 à 59 % ; Note 3 (Poids 3).

Perte d'aiguilles dans la cime = 0 à 9 % ; Note 1 (Poids 0). Perte d'aiguilles dans la cime = 60 à 99 % ; Note 4 (Poids 4).

Perte d'aiguilles dans la cime = 10 à 19 % ; Note 2 (Poids 1). Perte d'aiguilles dans la cime = 100 % (sec) ; Note 5 (Poids 5).

Un « indice de dépérissement » (ID) est calculé pour chaque placette :

$$ID = (n, P_i) + (ng P_g)/N$$

ID < 1 : les indices de dépérissement sont douteux.

1 < ID < 2 : début de dépérissement

n₁, n₂... n₅ : nombre d'arbres notés dans la classe de note 1, 2... 5.

P₁, P₂... P₅ : poids de cette note.

N : nombre d'arbres de l'espèce (Sapin ou Epicéa) dans la placette.

2 < ID < 3 : dépérissement grave

ID > 3 : dépérissement très grave.