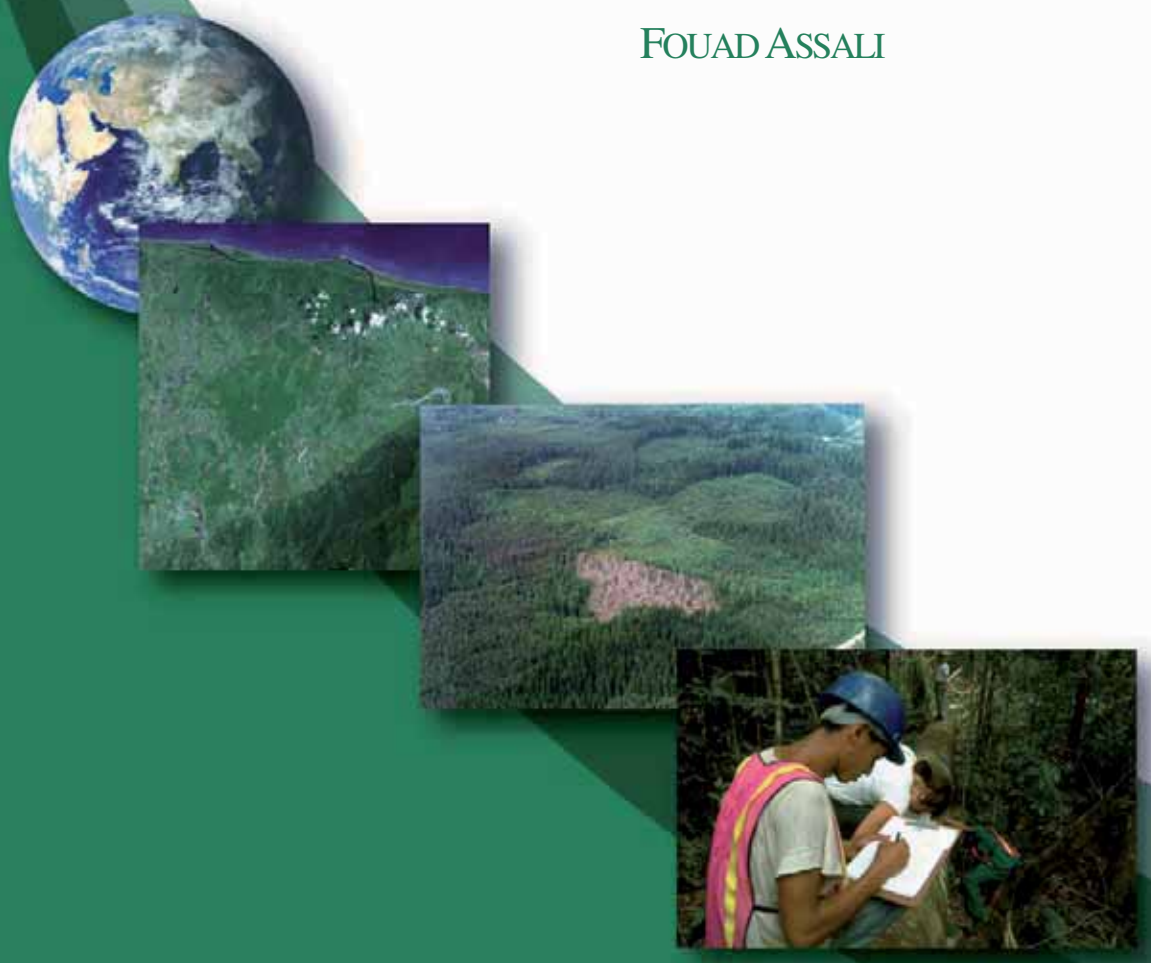
Évaluation des ressources forestières
Document de travail 170

ETUDES DE CAS SUR L'EVALUATION DE LA DEGRADATION DES FORETS

SURVEILLANCE ET SUIVI DE LA SANTE DES FORETS AU MAROC

FOUAD ASSALI



Décembre 2009

Le Programme d'évaluation des ressources forestières

Les forêts gérées durablement ont de nombreuses fonctions socioéconomiques et environnementales particulièrement importantes à l'échelle mondiale, nationale et locale; elles jouent également un rôle crucial dans le développement durable. La possibilité de pouvoir disposer d'information fiable et à jour sur l'état des ressources forestières – non seulement par rapport à la superficie forestière et son changement mais aussi par rapport à des variables telles que le matériel sur pied, les produits forestiers ligneux ou non ligneux, le carbone, les aires protégées, l'utilisation des forêts à des fins récréatives ou à d'autres fins, la diversité biologique et la contribution des forêts aux économies nationales – est essentielle pour les processus de décision des politiques et des programmes forestiers ainsi que du développement durable, et ce à tous les niveaux.

Objectifs

Aider à renforcer la capacité des pays à évaluer, surveiller et communiquer la dégradation forestière en:

- Identifiant les éléments et indicateurs particuliers de la dégradation des forêts et des forêts dégradées
- Classant les éléments et harmonisant les définitions
- Identifiant et décrivant les méthodes d'évaluation existantes et prometteuses
- Élaborant des outils et directives d'évaluation

Résultats et avantages attendus

- Meilleure compréhension de la notion et des éléments de la dégradation forestière
- Une analyse des définitions de la dégradation des forêts et de termes associés
- Des directives et outils techniques efficaces et économiques pour contribuer à évaluer et surveiller la dégradation des forêts
- La capacité accrue à répondre aux besoins actuels et futurs d'établissement de rapports sur la dégradation des forêts

Le Programme d'évaluation des ressources forestières est coordonné par le Département des forêts au siège de la FAO à Rome. La personne de référence est:

Mette Løyche Wilkie
Forestier principal
FAO Département des forêts
Viale delle Terme di Caracalla
Rome 00153, Italie
Courriel: Mette.LoycheWilkie@fao.org

Les lecteurs peuvent également écrire à: fra@fao.org

Pour plus d'informations sur l'Évaluation des ressources forestières mondiales, veuillez consulter: www.fao.org/forestry/fra

Les coordinateurs de ce travail tiennent à remercier les Gouvernements de la Finlande et de la Norvège ainsi que la FAO, le programme du GEF sur le Partenariat relatif aux indicateurs de biodiversité pour 2010 (BIP) et l'OIBT pour leurs contributions financières.

CLAUSE DE NON RESPONSABILITÉ

La collection de Documents de travail de l'Évaluation des ressources forestières mondiales (FRA) vise à refléter les activités et les progrès du Programme de FRA de la FAO. Les documents de travail ne sont pas des sources d'information faisant autorité – ils ne traduisent pas la position officielle de la FAO et ne devraient pas servir à des fins officielles. Veuillez consulter le site web des forêts de la FAO (www.fao.org/forestry/fr) pour avoir accès à des informations officielles.

La collection de Documents de travail de FRA est une tribune importante pour la diffusion rapide d'informations sur le programme de FRA. Pour signaler d'éventuelles erreurs dans les documents de travail ou fournir des commentaires pour en améliorer la qualité, les lecteurs sont priés d'écrire à fra@fao.org.

Département des forêts
Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture

Évaluation des ressources forestières
Document de travail

Etudes de cas sur l'évaluation de la dégradation des forêts

Surveillance et suivi de la sante des forets au Maroc

Fouad Assali

Décembre 2009

Programme d'évaluation
des ressources forestières

Document de travail 170
Rome, Italie, 2009

Résumé

La surveillance de la santé des forêts au Maroc s'est limitée pendant longtemps au suivi de quelques insectes défoliateurs connus (tels que la processionnaire du pin et le bombyx disparate). Le suivi des dommages causés par les autres facteurs biotiques et abiotiques n'a jamais été effectué d'une manière exhaustive, d'où une méconnaissance de l'ampleur des dommages causés.

C'est dans cet objectif que le Maroc (Haut Commissariat aux Eaux et Forêts et à la Lutte Contre la Désertification) a développé avec l'appui de la FAO et la collaboration du Département de la Santé des Forêts de France une stratégie nationale de surveillance de la santé des forêts. La première étape consistait à développer une stratégie dans la zone pilote de la région du Moyen Atlas pour l'étendre par la suite à l'échelle de toutes les régions forestières du pays.

Ainsi, trois réseaux de surveillance complémentaires ont été installés, à savoir:

- le réseau systématique (8x8 km) de 54 placettes permanentes dans la région du Moyen Atlas pour donner des informations sur l'évolution interannuelle de la santé des peuplements forestiers**;**
- le réseau de veille phytosanitaire qui donne, en dehors des nœuds de la maille du réseau systématique, l'alerte dès l'apparition d'un symptôme anomal, un dommage ou un dysfonctionnement émergeants;
- les dispositifs spécifiques qui seront installés en fonction du besoin et notamment pour répondre à des questions particulières telles que: l'évaluation d'une maladie nouvelle, espèces invasives, le suivi d'un dépérissement.

Les premiers résultats sont les suivants:

- L'émondage, agression anthropique qui porte préjudice à la vitalité de l'arbre endommagé, est constaté sur plus du quart des arbres observés dans le réseau de suivi avec une augmentation de l'ordre de 3 pour cent entre 2007 et 2008.
- Le déficit foliaire, plus élevé en moyenne chez les feuillus que chez les résineux, montre la présence de signes de déficience physiologique relativement importante et ce notamment pour le cèdre, le chêne vert, le genévrier oxycèdre et le thuya. Dans le futur, l'impact des changements climatiques (réduction des précipitations, augmentation des températures) sera certainement ressenti dans l'évaluation de cet indicateur.
- Plus de 30 pour cent des arbres de chêne zène ont subi une détérioration.
- L'analyse de la cinétique d'évolution du dépérissement du cèdre dans la région du Moyen Atlas (forêt d'Azrou) a montré une amélioration significative de la vitalité des arbres suivis et notamment en 2007 et 2008.

1. Introduction

Dans le cadre de l'intense activité internationale qui s'est développée en faveur de la protection et de la gestion durable des forêts et de la conservation de la biodiversité, le Maroc (Haut Commissariat aux Eaux et Forêts et à la Lutte contre la Désertification) a envisagé dans le cadre du Programme Forestier National (PFN) de mettre en place une stratégie nationale pour la surveillance et le suivi de la santé des forêts.

Selon le PFN, les fonctions prioritaires assignées à la forêt ont été ainsi hiérarchisées:

- la protection des sols et la régulation des eaux;
- le développement socio-économique en faveur des populations rurales;
- la protection de la biodiversité et de l'environnement;
- la production de bois pour l'industrie et l'artisanat;
- la production de services (paysages, détente et loisirs) pour les populations urbaines.

Le maintien de ces fonctions précitées passe inévitablement par la protection des écosystèmes forestiers qui dépend, essentiellement, de leur état de santé et de leur vitalité.

Les principaux objectifs de développement attendus par la stratégie nationale de surveillance et de suivi de la santé des forêts sont les suivants:

- détecter à temps les indicateurs de présence des ravageurs, des maladies, des dépérissements des forêts ou autres dysfonctionnements phytosanitaires susceptibles de mettre en péril la vitalité des peuplements forestiers;
- délimiter et évaluer l'étendue et l'extension de ces déséquilibres;
- prévoir les tendances des phénomènes et les dégâts susceptibles de se produire;
- conseiller et assister les gestionnaires forestiers dans leurs procédés de prévention et d'assainissement appropriés;
- constituer une base de données qui traduit l'histoire et la mémoire de la santé des peuplements forestiers.

La surveillance continue de l'état de santé des forêts constitue une étape importante pour la prévention des déséquilibres phytosanitaires. En effet, la détection précoce de ces derniers et la connaissance de leur évolution rendent plus efficace l'application des mesures de prévention et d'assainissement.

Le Maroc envisage l'installation par étape à l'échelle nationale d'un système de surveillance continue de la santé des forêts. La première étape a comporté le développement, tout d'abord avec l'appui de la FAO, d'une stratégie régionale pilote ciblée au niveau de la région du Moyen Atlas, pour l'étendre par la suite aux autres régions forestières sur le budget propre du pays.

La surveillance sanitaire des forêts au Maroc s'est limitée pendant longtemps au suivi de quelques insectes défoliateurs connus (tels que la processionnaire du pin et le bombyx disparate). Le suivi des dommages causés par les autres facteurs biotiques et abiotiques n'a

jamais été effectué d'une manière exhaustive, d'où une méconnaissance de l'ampleur des dommages causés.

Actuellement, des dépérissements multiples touchent sérieusement plusieurs écosystèmes d'importance au Maroc: cèdre du Moyen Atlas, chêne liège à la Maamora, parmi d'autres.

Les nombreuses interrogations sur l'impact du changement climatique planétaire, plus particulièrement sur les forêts marocaines, imposent désormais au Maroc, comme dans de nombreux pays, la mise en place de dispositifs d'évaluation et de suivi de l'état de santé des forêts permettant d'établir rapidement un état des lieux initial et le suivi successif de son évolution.

La surveillance continue de l'état de santé des forêts constitue une étape importante pour la prévention des déséquilibres phytosanitaires et un outil de gestion durable.

La mise en place d'une stratégie nationale de surveillance et de suivi de la santé des forêts présente un caractère d'urgence pour le Maroc. Cette stratégie lui permettrait de s'intégrer dans des systèmes similaires de surveillance déjà existants, et notamment dans le système européen.

2. Méthodologie

Le dispositif de surveillance de la santé des forêts au Maroc a pour objectif de répondre à plusieurs questions:

- Comment se porte la forêt marocaine ?
- Quelles sont les causes de dommages observés ?
- Quelles sont les stratégies d'intervention applicables pour remédier aux dommages, notamment en ce qui concerne les insectes phyllophages: pourquoi réaliser un traitement insecticide, où, quand, comment ?
- Comment réagir face à l'installation d'un nouveau parasite de quarantaine (insecte ou champignon)? Des plans d'action doivent être établis et adaptés à chaque cas (mise en quarantaine, arrachage, traitement, etc.).

Pour répondre à ces questions, trois dispositifs de surveillance ont été implantés:

- un **réseau systématique** de placettes permanentes;
- un dispositif de **veille sanitaire** permettant de détecter les dommages même à l'extérieur du réseau de placettes permanentes;
- des **dispositifs spécifiques** permettant de répondre à des problématiques locales importantes: dépérissement du cèdre dans le Moyen Atlas, dépérissement du chêne zène, suivi de la santé de la subéraie de la Maamora, etc.

2.1. Réseau systématique 8x8 km

La méthodologie d'installation du réseau (stratégie de spatialisation, types d'échantillonnage) a été largement discutée lors des ateliers de concertation organisés avec l'ensemble des partenaires et services techniques concernés.

2.1.1. Stratégie spatiale et type d'échantillonnage

L'implantation des placettes s'est effectuée aux nœuds d'une maille carrée de 8x8km (échantillonnage systématique simple) superposée à la carte d'inventaire forestier national. Le choix de la maille a été dicté par plusieurs critères, dont:

- la disposition d'une maille carrée dont le côté est un multiple de 2 km en vue d'avoir un réseau de suivi compatible à celui de l'Europe dont la maille fait 16x16km;
- la couverture du maximum d'essences forestières;
- la disponibilité des moyens humains et matériels pour le fonctionnement du réseau;
- la facilité d'extension du réseau à l'échelle nationale à partir de la zone pilote.

Le tableau 1 montre le nombre de placettes issues des mailles carrées 16x16km, 8x8km et 4x4km. La maille 16x16km selon le modèle européen ne donnera que 25 placettes d'observation au niveau de la zone pilote et 207 au niveau national, ce qui a été jugé insuffisant pour représenter le maximum d'essences forestières et pouvoir faire des analyses statistiques fiables au niveau régional et national. La maille de 4x4km est, quant à elle, techniquement et économiquement difficile à concrétiser. C'est ainsi que la maille 8x8km a été adoptée par l'ensemble des intervenants.

Tableau 1: Superficie forestière et nombre théorique de placettes au niveau national et au niveau de la région du Moyen Atlas

		Niveau national	**Région du Moyen Atlas**
Superficie des formations forestières sans alfa et sans matorral (ha)		5 312 000	630 800
Nombre approximatif de placettes pour une maille de	**16x16 km**	172	21
	8x8 km	689	83
	4x4 km	2756	332

2.1.2. Détermination des centres des placettes d'observation

Les placettes du réseau systématique de suivi de l'état de santé des forêts ont été implantées aux nœuds d'une maille carrée de 8 x 8 km sur tout le territoire national. Le nombre total des nœuds à l'échelle du pays est de 11 107 points (hors et en forêt). Tous les nœuds de la maille ont été numérotés en commençant à partir du nord du Maroc.

Les premiers calculs théoriques prévoyaient l'installation à l'échelle nationale d'environ 600 placettes pour l'ensemble des formations forestières marocaines.

Pour la totalité de la zone d'action de la région du Moyen Atlas (Meknès El Hajeb, Ifrane, Khénifra et Errachidia), 111 points potentiels situés en forêts ont été identifiés. Il a été jugé peu utile de suivre l'état de santé des nappes alfatières et du matorral. De ce fait, le nombre de placettes d'observation et de suivi a été réduit à 83.

L'opération de l'installation du réseau a abouti à la mise en place effective sur le terrain de 54 placettes (tableau 2) en raison de:

- l'évolution relativement importante des formations forestières, en terme notamment de densité et de superficie, par rapport aux données de base de l'IFN (1986: date de prise des photos aériennes);
- l'inaccessibilité de certaines placettes d'observation données par les nœuds de la maille 8x8 km (par exemple, falaises);
- la non prise en compte des placettes d'observation situées dans la région d'Errachidia (présence de formations forestières dégradées ou éparses).

Tableau 2: Répartition des placettes au niveau des trois services de la région du Moyen Atlas avant et après l'opération d'installation du réseau sur le terrain

Total théorique	111	
Total (non compris les placettes de l'alfa et le matorral)	83	
Total (non compris le Service Provincial des Eaux et Forêts d'Errachidia)	56	
Total après installation	**54**	8 (Provinces de Meknès El Hajeb)
		18 (Province d'Ifrane)
		28 (Province de Khénifra)

L'annexe 1 présente à titre indicatif la carte des nœuds de la maille à l'échelle de la région du Moyen Atlas et où le réseau systématique a été implanté, avant et après l'opération d'installation.

2.1.3. Caractérisation des placettes d'observation

2.1.3.1 Positionnement des centres des placettes sur la carte 1/50 000

Les coordonnées des placettes ainsi identifiées au bureau ont été positionnées sur des cartes au 1/50 000 avant de procéder à leur matérialisation sur le terrain. Les équipes locales chargées de l'installation des placettes ont examiné à l'avance sur les cartes l'accessibilité et les raccourcis pour accéder facilement aux placettes.

2.1.3.2 Localisation des centres des placettes au niveau du terrain

Une fois sur le terrain, le GPS a permis la reconnaissance exacte des points qui sur la carte tombaient en forêt ou à proximité immédiate. Le nombre de satellites pris en charge par le GPS pour détecter le centre de la parcelle, était de quatre au minimum.

Les équipes de terrain disposaient du matériel suivant: un GPS, des bornes pour matérialiser le centre des placettes, la peinture jaune pour marquer les numéros des arbres, les cartes (1/50 000 et autres).

2.1.3.3 Validation des centres des placettes sur le terrain

Afin de pouvoir suivre objectivement l'état de santé des forêts, la validation des placettes à installer doit répondre à des critères stricts. Ces critères sont les suivants:

- **a.** La placette doit se situer en « forêt ».
- **b.** La forêt, où on situe la placette, doit être d'une superficie d'au moins 0,5 ha.
- **c.** Pour installer la placette et constituer l'échantillon d'arbres à observer, il faut la présence dans un rayon de **60** mètres, d'au moins 20 tiges vivant, de toutes essences, de tous diamètres, d'une hauteur supérieure à 1 m, dominantes ou co-dominantes, dont la cime n'est pas brisée, et observables durant une période d'au moins cinq ans.

2.1.4. Choix des arbres échantillons

Le choix est porté sur des placettes à nombre fixe de tiges, principalement à cause, d'une part, de la densité variable entre les peuplements (parfois inexistence du nombre requis des tiges à observer sur une placette à surface fixe) et d'autre part pour satisfaire les exigences relatives au remplacement d'arbres morts et/ou abattus (pas d'opportunité de remplacement de ce type d'arbres sur des placettes à surface fixe).

Le choix des **20** tiges par placette est le fruit d'un compromis entre les exigences statistiques d'avoir un grand nombre d'observations et le temps total qui sera affecté aux observations de la placette par les enquêteurs. Statistiquement, le nombre optimal de tiges à observer doit être compris entre 20 et 30.

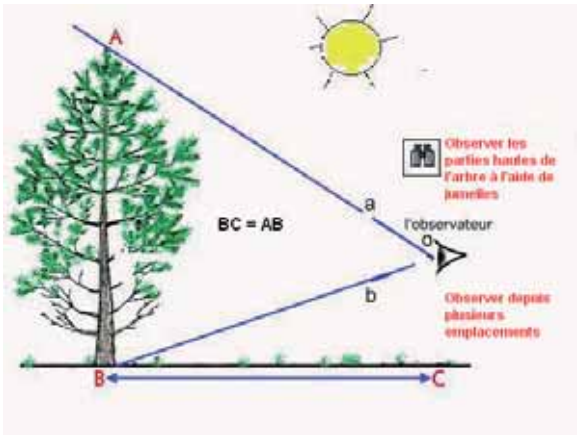
Le premier arbre échantillon choisi (numéro 1) est celui le plus proche du centre de la placette (nœud de la maille). Ensuite, les numéros de 2 à 20 seront affectés aux arbres voisins du premier arbre repéré, en s'éloignant en spirale dans le sens des aiguilles d'une montre.

Les tiges échantillons sont marquées de 1 à 20 à la peinture jaune en plus d'une ceinture de peinture autour du tronc à la hauteur d'homme (sauf dans le cas d'une cépée à plusieurs brins ou pour un arbre à tronc mal individualisé comme le chêne-vert et le genévrier oxycèdre) pour assurer une meilleure visibilité desdits arbres.

Dans les peuplements trop denses, on évitera de choisir des arbres dont la cime n'est visible d'aucun point.

2.1.5. Notation des dommages

L'anticipation sur les déséquilibres phytosanitaires, recherchée à travers le réseau systématique 8kmx8km, est une nécessité absolue dans la gestion courante des espaces forestiers qui sont en perpétuel changement. Dans le dispositif du réseau systématique 8kmx8km, le principe de base retenu est la collecte directe de paramètres simples à apprécier, peu nombreux et dont on sait par expérience qu'ils apporteront une information fiable sur l'état de santé des forêts.



Sur 20 arbres échantillons numérotés d'une placette du réseau systématique (sans effectuer des prélèvements), les signes de dommages visibles influençant la santé de l'arbre sont relevés. Plus spécifiquement, les critères obligatoires à noter sont:

- l'émondage (dû à l'action humaine);
- la mortalité de branches (avec éventuellement, si possible, l'agent causal);
- le déficit foliaire (comme critère intégrateur final après observation de l'arbre entier).

Les critères à noter d'occurrence sont:

- d'autres symptômes tels que: coloration anormale, décollement d'écorce, écoulement de résine;
- les autres causes de dommages d'origines abiotiques (par ex. gel et dégel, sécheresse) et biotiques (par ex. défoliateurs et nécrose).

La notation des indicateurs de dommages s'effectue une seule fois par an de mi-juin à mi-juillet, période qui correspond à la phase de croissance végétative des arbres et de manifestation des principaux ravageurs et maladies. Les observations portent sur des symptômes jugés anormaux par rapport à un arbre estimé en bonne santé (par ex. mortalité de branches et déficit foliaire) et sur la présence de causes de dommages (par ex. champignons ou insectes) susceptibles d'altérer la santé de l'arbre.

Chaque descripteur renseigné est quantifié indépendamment en six classes (tableau 3) à l'aide d'une note qualitative (par ex. intensité et fréquence).

Tableau 3: Classes de notation des indicateurs de la santé des forêts

Note	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
Intensité	Nul	Faible	Modérée	Sévère	Très sévère	Totale
Fréquence	Nulle ou très faible	Faible	Modérée	Importante	Très importante	Toute la partie notée est concernée
Nombre	0 à rares	Quelques à peu nombreux	Assez nombreux	Nombreux	Très nombreux	Total
% équivalent (indicatif)	**0 à 5**	**6 à 25**	**26 à 50**	**51 à 75**	**76 à 95**	**96 à 100**
Fraction	Absence ou trace	Moins de ¼	Entre ¼ et ½	Entre ½ et ¾	Plus de ¾	Totalité

Après une observation détaillée de l'arbre, une notation du déficit foliaire est réalisée. Ce critère est admis comme un critère intégrateur de l'état de santé de l'arbre et doit prendre en compte l'ensemble des observations préalablement effectuées (symptômes et causes). Elle est réalisée par rapport à un arbre de référence à déficit foliaire nul.

Les observations se réalisent de manière à signaler la présence des symptômes et/ou de dommages anormaux (que la cause soit identifiée ou non) susceptibles d'altérer la santé de l'arbre, par exemple: émondage, mortalité de branches, déficit foliaire, champignons, insectes.

Les observations doivent concerner toutes les parties de l'arbre échantillon: le houppier (feuilles/aiguilles, branches, pousses, bourgeons, fructification), le tronc, le collet et les racines visibles (affleurantes).

Pour chacun des critères susceptibles d'altérer la santé de l'arbre, il sera précisé l'organe affecté, la localisation et le type de symptômes, l'agent causal et la quantification des dommages.

Les causes de dommages correspondent aux facteurs qui sont à l'origine des symptômes observés. Dans le cas de l'impossibilité de faire un diagnostic précis sur le terrain, une confirmation au laboratoire pourra être effectuée à travers le prélèvement d'un échantillon représentatif suivant la procédure générale pour le prélèvement et d'envoi des échantillons au laboratoire.

2.1.6. Démarche de la notation des dommages

La « mortalité de branches » et le « déficit foliaire » sont notés dans le ***houppier notable***, alors que les autres critères sont notés sur tout l'organe affecté (houppier, tronc, collet et racines) voire sur l'ensemble de l'arbre.

Le houppier notable est la partie supérieure du houppier, « à la lumière », excluant les zones inférieures ou latérales soumises à des phénomènes de concurrence. On peut

schématiquement l'appréhender en peuplement en considérant la zone de houppier au-dessus de la ligne joignant les contacts latéraux avec les arbres voisins.

2.1.6.1. Notation de l'émondage (sur l'ensemble de l'arbre)

L'émondage correspond à un ébranchage ou à un écimage, pratiqué en période de disette par les riverains pour satisfaire leurs besoins en bois de feu et/ou en aliments de bétail. C'est un critère à relever obligatoirement car, dans les conditions marocaines, c'est un phénomène assez répandu et on cherche à évaluer son impact sur l'état de santé des forêts.

La position et l'intensité des coupes pratiquées depuis le dernier passage sont relevées. Ce critère est donc évalué en examinant la proportion de la partie manquante (branches récemment coupées) et sa localisation par rapport à l'ensemble de l'arbre.

L'émondage peut avoir plusieurs aspects et la notation en dépend particulièrement. Il y a lieu de préciser que:

- si l'arbre échantillon (futaie ou cépée) est coupé sur une hauteur basse (inférieure à 1,3 m), il est noté en code DEL (délit) et remplacé la même année;

- quelque soit l'intensité de l'émondage, l'arbre continue à être noté jusqu'à la disparition totale du houppier notable;

- dans tous les autres cas, l'émondage est évalué qualitativement par rapport à tout l'arbre en six classes (tableau 3). Il n'est pas pris en compte dans la quantification du déficit foliaire.

2.1.6.2. Notation de la mortalité des branches (dans le houppier notable)

La fiche de notation (annexe 2) prend en compte la mortalité de branches comme critère obligatoire. A l'aide de jumelles, depuis le sol, la mortalité de branches est examinée en vérifiant les conditions suivantes:

- absence d'aiguilles/feuilles en période de végétation;

- absence de bourgeons à l'extrémité des rameaux;

- absence de pousses fines terminales ou latérales;

- écorce altérée: fissurée, traces d'attaque de pics, nécrose, chancre, présence de champignons lignivores, ''écorce déhiscente'', éclatée et dans les cas avancés avec une écorce absente.

2.1.6.3. Notation des autres causes de dommages

Les causes de dommages qui ne sont pas liées à la mortalité de branches ou à la coloration anormale précédemment décrites sont observées sur l'ensemble de l'arbre et décrites à l'aide de trois paramètres: l'organe affecté, la cause de dommage et une note de quantification.

2.1.6.4. Notation du déficit foliaire (dans le houppier notable)

> Toute perte de la surface foliaire par manque (partiel ou total) et /ou diminution anormale de la taille des feuilles ou des aiguilles est qualifiée de **déficit foliaire**.
>
> Le déficit foliaire de l'arbre échantillon est évalué par rapport à un arbre, de même essence, au même stade de développement, ayant un feuillage complet **et se trouvant dans les mêmes conditions stationnelles et sylvicoles**, dit arbre **de référence (0 pour cent de déficit foliaire).**

Au moment de l'évaluation de ce critère, on prend en compte:

- l'absence de feuilles ou d'aiguilles anciennes due:
  - à leur chute;
  - à la chute de rameaux (phénomène de décurtation, dessèchement par le vent, etc.);
  - à une réduction de croissance entraînant une réduction de la ramification;
  - au dessèchement ou à un bris récent de branches ou de rameaux.
- une réduction de la surface foliaire individuelle, due au phénomène de **microphyllie** ou à l'impact d'insectes phyllophages ou de maladies foliaires;
- l'abondance de la floraison.

Ce critère du déficit foliaire est renseigné en dernier lieu. C'est une note intégratrice de toutes les observations préalablement effectuées et qui ont un rapport direct avec la notion de perte en surface foliaire (perte de feuillage, de ramifications, etc.).

Le manque en surface foliaire est évalué par rapport à un arbre de référence à 0 pour cent de déficit foliaire. Des descriptions d'arbres de référence pour différentes essences représentées dans le réseau, à différents âges (jeunes, adultes) et à différents régimes pour les feuillus (futaie, taillis), sont effectuées et consignées dans des fiches d'aide à la description des arbres de référence, accompagnées de photographies de référence (voir exemple dans l'annexe 3).

En pratique, l'arbre de référence pour une essence donnée peut avoir parfois des caractéristiques qui s'éloignent significativement de celles des arbres échantillons présents dans les placettes du réseau. Pour pallier à cette disparité, la notation des arbres échantillons se fera par rapport à un arbre étalon, présent dans la placette (ou à sa proximité) et qui est observé, voire décrit en détail et même, si nécessaire, distinctement par rapport à l'arbre de référence.

Le déficit foliaire est évalué sans référence à une cause (c'est un constat de fait) et estimé qualitativement selon les six classes préalablement définies (tableau 3).

2.2. Réseau de veille sanitaire

En complément aux observations effectuées au niveau du réseau systématique, le dispositif de **veille phytosanitaire** permet de donner, en dehors des nœuds de la maille du réseau systématique 8x8 km, des signalements spontanés et standardisés de problèmes phytosanitaires d'origines biotiques et abiotiques (figure 1).

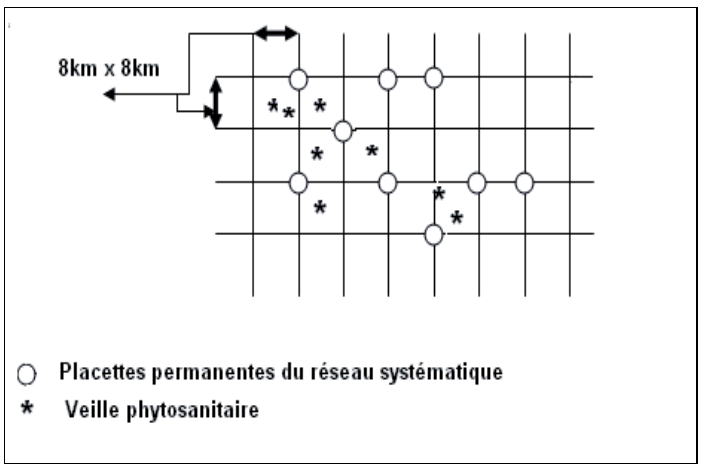


Figure 1 : Schéma illustrant le réseau de veille sanitaire (✱) par rapport au réseau systématique (○)

A l'occasion de la détection au niveau des peuplements forestiers de dommages dus à l'impact d'agents biotiques ou abiotiques et dès leur détection, l'observateur procède à un éventuel diagnostic et à **l'établissement d'une fiche de veille sanitaire (**voir annexe 4**)** qu'il doit avoir en permanence en sa possession lors de ses tournées en forêt. La fiche de veille renferme des rubriques d'information simples à instruire, non redondantes et qui se prêtent à y reporter des observations non compliquées. Une fiche doit être renseignée par essence et par problème.

Le dégât à relever doit correspondre à un dommage, c'est-à-dire toute altération ou trouble fonctionnel d'une partie de l'arbre et qui a des conséquences néfastes sur les capacités de cette partie à remplir ses fonctions. Le dommage peut affecter différents organes de l'arbre et prendre différentes formes.

L'établissement d'une fiche est conditionné par la combinaison de trois critères de veille et d'alerte, à savoir: la **sévérité**, **l'incidence** et la **surface concernée**. Elle permet de définir arbitrairement la sensibilité du système.

Il est jugé nécessaire de renseigner une fiche pour une superficie minimale affectée de 0,5 ha avec une proportion de plus de 50 pour cent de tiges affectées à une sévérité 4 (dégâts bien visibles). A partir de cette superficie minimale, si le dommage sévit à l'état de traces (sévérité « 0 ») sur plus de 50 pour cent des tiges et sur une superficie ≥ à 8 ha, on renseigne également une fiche.

Le tableau 4 présente les surfaces minimales concernées par un dommage pour renseigner une fiche de veille (en grisé) et le tableau 5 rappelle les classes de sévérité.

Tableau 4: Critères indicatifs d'établissement d'une fiche de veille sanitaire

		Classes de sévérité				
		0	1	2	3	4
% d'arbres affectés	0 à 5				8 ha	4 ha
	5 à 25			8 ha	4 ha	2 ha
	25 à 50		8 ha	4 ha	2 ha	1 ha
	Plus de 50	8 ha	4 ha	2 ha	1 ha	0,5 ha

Les cases en rouge doivent déclencher l'établissement d'une fiche de veille sanitaire

Tableau 5: Classes de sévérité

Classes	Sévérité	Description
0	***Sévérité nulle***	*Traces, signes de présence (< 5%)*
1	***Faible sévérité***	*Atteinte très limitée des houppiers (< 25%); ou quelques chancres sur les branches; ou faibles dommages corticaux sur le tronc ou quelques colonies d'insectes visibles sur les troncs*
2	***Sévérité moyenne***	*Atteinte moyenne des houppiers (moins de 50%); ou quelques branches fines mortes dans les houppiers; ou chancres nombreux sur les branches; ou quelques chancres limités sur les troncs; ou dommages corticaux (pourritures, décollements d'écorce) limités sur les troncs; ou colonies d'insectes très visibles sur les troncs*
3	***Problème sévère***	*Atteinte forte des houppiers (de 50 à 75%); ou branches mortes très visibles dans les houppiers (chancres très nombreux sur les branches); ou chancres nombreux sur les troncs; ou dégradations significatives des troncs (pourritures, décollements d'écorce) mais avec un impact économique significatif; ou colonies d'insectes très importantes sur les troncs, et des doutes quant à l'avenir des tiges atteintes*
4	***Problème très sévère***	*Atteinte très forte des houppiers (plus de 75%); ou branches mortes très nombreuses dans les houppiers; ou dégradations importantes des troncs (chancres, pourritures, décollements d'écorce); ou dépérissement avancé ou mortalité*

Il y a lieu de relever que la surface concernée par un problème phytosanitaire donné est la superficie (en hectares) touchée par un dommage qui a des conséquences néfastes sur la vitalité d'une essence forestière déterminée. Cette superficie estimée ne représente que celle réellement prospectée par l'observateur.

La figure ci-après présente différents cas dans la détermination des surfaces affectées par un dommage (en grisé) selon sa répartition (en foyer(s) ou disséminé) dans le peuplement (rectangle):

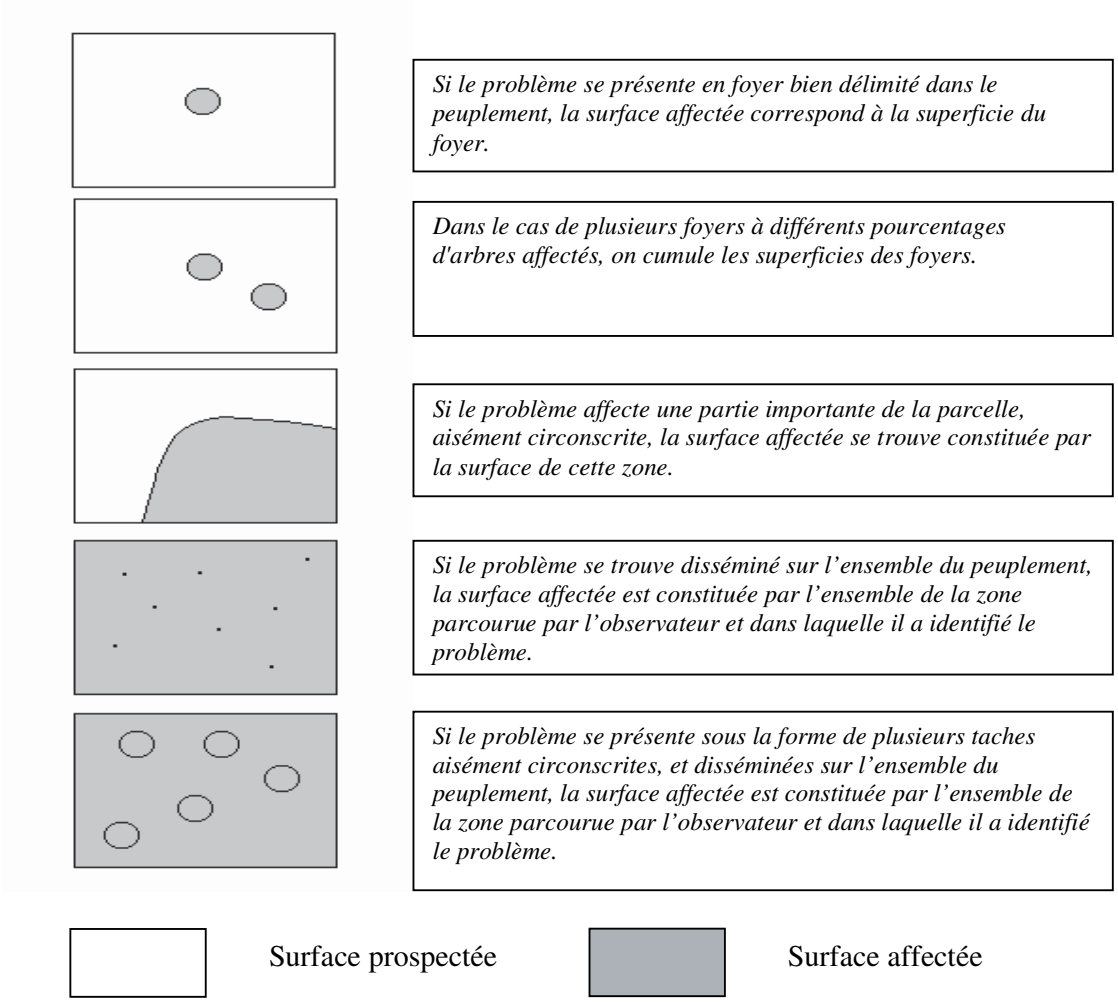


Figure 2 : Détermination des surfaces affectées par un dommage selon sa répartition dans le peuplement

2.3. Réseaux spécifiques

Les réseaux spécifiques sont définis **au cas par cas**. Ils correspondent à des problématiques particulières, la plupart du temps localisées à une échelle infra-régionale. Après identification précise de la problématique, il peut être décidé d'implanter un **dispositif particulier de suivi pour répondre à une question bien identifiée et définie** (par ex. évaluation de la répartition d'une maladie nouvelle, suivi de l'évolution d'un dépérissement géographiquement localisé). Il faut cependant noter que dans un souci de cohérence et de standardisation, des **protocoles d'observations validés nationalement** sont utilisés.

Principalement, trois réseaux spécifiques sont actuellement déjà opérationnels au Maroc: les suivis de la processionnaire du pin et du bombyx disparate (*Lymantria dispar*) en vue du traitement insecticide, et le réseau de placettes de suivi du dépérissement du cèdre en forêt d'Azrou.

L'impact des attaques de défoliateurs classiques comme la processionnaire du pin et le bombyx disparate est décrit dans plusieurs publications internationales. Le **réseau spécifique** de suivi de la dynamique d'évolution du dépérissement du cèdre est présenté ci-après,.

Le cèdre de l'Atlas, traditionnellement l'essence noble du pays, couvre une superficie d'environ 133 000 ha répartie entre le Moyen Atlas, le Haut Atlas et le Rif. Il représente l'essentiel des ressources en bois d'œuvre du Maroc et joue un rôle socio-économique fort appréciable en milieu montagnard.

Le phénomène du dépérissement des cédraies du Moyen Atlas a pris une dimension spectaculaire autour de la ville d'Ifrane, au début des années 2000, et plus précisément dans la forêt d'Azrou et le canton Lalla Mimouna de la forêt d'Ait Youssi Amekla.

Le réseau spécifique a permis de s'enquérir de l'état sanitaire des peuplements étudiés, de discuter les premiers résultats issus des six années d'observations (2003-2008), et de déceler la **tendence** générale actuelle du dépérissement. En effet, il a fondé une plateforme pour discuter le phénomène et jalonner des indicateurs renseignant sur son évolution dans le temps.

Les principaux termes du réseau sont:

- le réseau d'observation a pour objectif opérationnel le suivi de l'état des houppiers des arbres échantillons de cèdre, notamment la **défoliation** et la **transparence**;
- le réseau est constitué de placettes à surface non définie renfermant 20 arbres de cèdre de différents âges ayant un statut dominant ou co-dominant;
- la placette doit être accessible et située à l'intérieur du peuplement pour éliminer l'effet de lisière;
- le centre de la placette est déterminé sur le terrain par une distance et une orientation convenues au préalable;
- une fois que le centre de la placette est déterminé, le choix des 20 arbres échantillons est fait en partant du centre suivant une spirale. A chaque placette est affecté un numéro et chaque tige échantillon est tributaire d'un numéro marqué sur le tronc à la peinture blanche;
- au mois de septembre de chaque année, les observateurs procèdent à l'appréciation de l'état de la cime. La perte d'aiguilles est estimée et notée en cinq classes (tableau 6)

Tableau 6 : Classes de déficit foliaire

Classe	Déficit foliaire	Evaluation en %
0	Nul ou trace	0 – 5%
1	Faible	6 – 20%
2	Moyen	21 – 50%
3	Fort	51 – 80%
4	Quasi-total	> 80%

- la notation du déficit foliaire est effectuée par des observateurs ayant reçu une formation appropriée et ayant effectué un stage approprié afin de réduire les écarts d'observation;
- les niveaux de défoliation sont estimés visuellement par comparaison avec un arbre de référence identifié par les observateurs et estimé comme arbre normal dans les conditions stationnelles, climatiques et sylvicoles moyennes du massif;
- les arbres morts (secs), récoltés ou disparus sont remplacés par de nouvelles tiges selon la disposition spirale adoptée.

3. Résultats et discussions

3.1. Réseau systématique 8x8 km

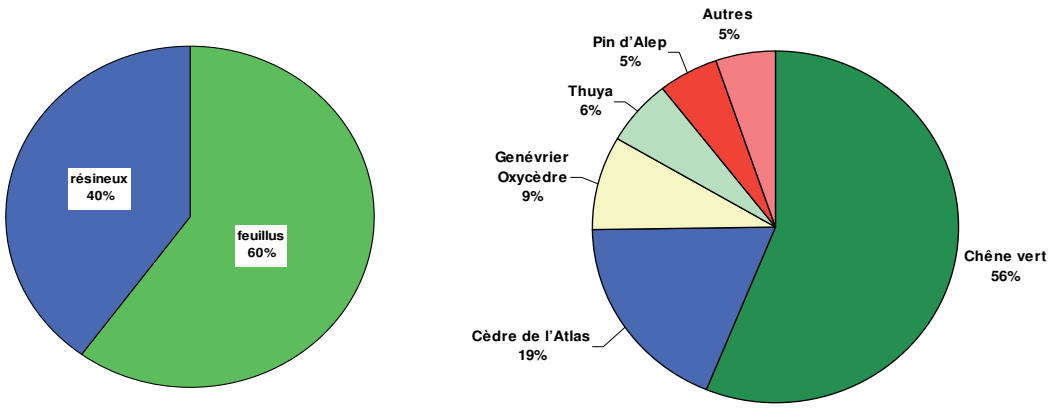
3.1.1. Aperçu sur la répartition des essences notées

Au niveau de la région du Moyen Atlas, l'évaluation de la santé des arbres par la notation sur le réseau systématique s'effectue beaucoup plus sur les feuillus que sur les résineux. Le chêne vert est l'essence qui a le plus grand nombre d'arbres notés, soit 56 pour cent de la totalité des arbres observés. En deuxième position, on trouve le cèdre de l'Atlas, avec 19 pour cent des arbres observés, puis le genévrier oxycèdre avec 9 pour cent, et le thuya avec 6 pour cent.

Tableau 7 : Répartition des arbres échantillons du réseau systématique au niveau de la Direction Régionale des Eaux et Forêts du Moyen Atlas

Type d'essence	Nom Essence	Nombre	Pourcentage (%)
Feuillus	Chêne vert	606	56
	Chêne zène	15	1
	Chêne liège	10	1
	Oléastre	2	0
	Arbousier	1	0
	If	1	0
Résineux	Cèdre de l'Atlas	200	19
	Genévrier oxycèdre	94	9
	Thuya	66	6
	Pin d'Alep	58	5
	Pin maritime de montagne	12	1
	Genévrier thurifère	6	1
	Cyprès d'Arizona	4	0
	Pistachier de l'Atlas	4	0
	Cyprès de l'Atlas	1	0
Total		**1080**	**100**

Figure 3: Répartition des arbres échantillons du réseau systématique de la région du Moyen Atlas



3.1.4. Evaluation des critères obligatoires: <u>déficit foliaire</u>

Le déficit foliaire est un critère intégrateur de l'état de santé de l'arbre et doit prendre en compte l'ensemble des observations préalablement effectuées (symptômes et causes). Il est réalisé par rapport à un arbre de référence à déficit foliaire nul.

32% et 55% respectivement des arbres résineux et feuillus présentent un déficit foliaire modéré à très sévère

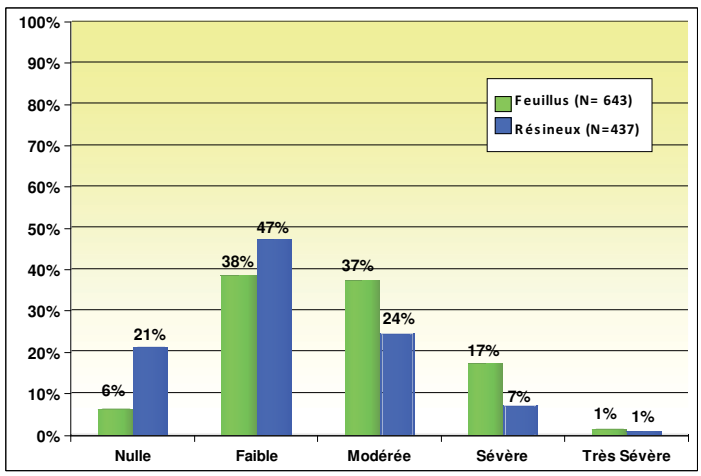


Figure 9: Répartition des arbres résineux et feuillus pour les 5 classes de déficit foliaire (2008)

L'évolution du déficit foliaire entre 2007 et 2008 montre que:

- **plus de 60% des arbres surveillés sont restés stables;**
- **en terme de balance, 10% des arbres feuillus ont subi une détérioration et 11% des résineux ont connu une amélioration.**

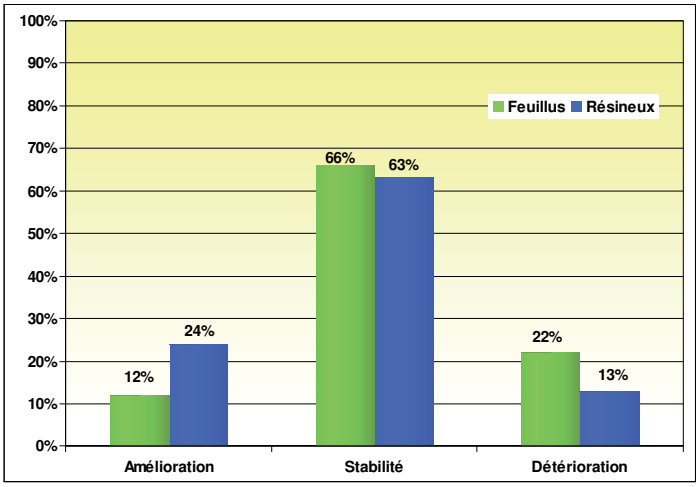


Figure 10: Evolution entre 2007 et 2008 des essences feuillues et résineuses en fonction de l'évolution de leur déficit

L'évolution du déficit foliaire pour le chêne vert et le thuya entre 2007 et 2008 montre que:

- **plus de 65% des arbres surveillés sont restés stables;**
- **en terme de balance, 10% et 12% respectivement des arbres de chêne vert et de thuya ont subi une détérioration.**

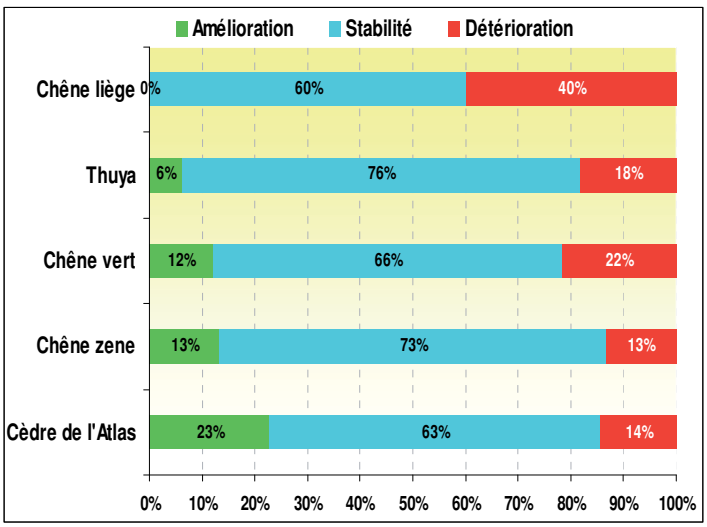


Figure 11: Evolution du déficit foliaire entre 2007 et 2008 par principale essence forestière

3.1.5. Evaluation des critères d'occurrence: répartition des symptômes et des autres causes de dommages pour les différentes essences notées

Au cours de l'année 2008, un nombre de 1 397 symptômes et causes de dommages ont été signalés, dont 139 (10 pour cent) avec une intensité variant du niveau modéré à très sévère. Pour ce niveau d'intensité, les symptômes les plus fréquemment signalés ont été principalement: la coloration anormale (avec 32 pour cent), les dommages causés par la consommation des feuilles par un défoliateur (avec 30 pour cent) et les symptômes de microphyllie (avec 10 pour cent) (tableau n°7).

Tableau 8 : Pourcentage de symptômes et causes de dommages dont l'intensité est modérée à très sévère (2008)

Symptômes	% de signalement
Coloration jaunâtre totale	23%
Consommation partielle par un défoliateur	20%
Totalement consommé	10%
Microphyllie	10%
Rougissement à brunissement totale	9%
Trace d'insecte / nid, tissage	5%
Blessure / écorçage	4%
Déformation	4%
Aspect cuivré, couleur bronze. / partout	3%
Fente	2%
Rougissement à brunissement partiel	2%

Tableau 9. Pourcentage de répartition des symptômes et causes de dommages entre les différents organes des arbres-échantillons dont l'intensité est modérée à très sévère (2008)

Organes	% de signalement des symptômes et causes de dommages
Branches	12 %
Feuilles	81 %
Tronc	7 %
Total	**100 %**

81 pour cent des symptômes et causes de dommages sont signalés au niveau des feuilles (coloration anormale, consommation par un défoliateur, microphyllie) (tableau 8).

Symptômes les plus fréquemment signalés par essence

Tableau 10 : Causes de dommages les plus fréquemment signalés par essence

Essences	Symptômes	% signalements
Cèdre de l'Atlas	Jaunissement total des feuilles	18%
Chêne vert	Consommation partielle des feuilles	12%
Chêne zène	Consommation partielle des feuilles	8%
Genévrier oxycèdre	Rougissement total des aiguilles	8%
Pin d'Alep	Jaunissement total des aiguilles	3%
Thuya	Rougissement total des aiguilles	2%
Chêne liège	Jaunissement total des feuilles	2%

On constate que les feuillus (généralement les chênes) sont beaucoup plus concernés par les consommations des feuilles par un défoliateur, alors que les résineux sont beaucoup plus touchés par les colorations anormales (cèdre de l'Atlas, genévrier oxycèdre et thuya).

3.2. Réseaux spécifiques: cas du réseau spécifique du dépérissement du cèdre.

L'analyse de la cinétique d'évolution du déficit foliaire pour les arbres échantillons du réseau spécifique de suivi du dépérissement du cèdre de l'Atlas au niveau du canton de Michelifen et de Boutrouba (Forêt d'Azrou – Région du Moyen Atlas) a montré que:

- entre 2003 et 2005: les arbres de cèdre ont subi une détérioration en passant des classes de déficit foliaire nul à faible vers les classes modérée à sévère (de 8 pour cent et 47 pour cent respectivement pour les classes nul à faible en 2003 vers 2 pour cent à 28 pour cent pendant l'année 2005). Les arbres qui ont montré un déficit foliaire modéré à sévère sont passé respectivement de 37 pour cent et 7 pour cent en 2003 à 55 pour cent et 10 pour cent en 2005 (tableau 10 et figure 12);
- à partir de 2006, 2007 et 2008, des améliorations de la vitalité des arbres de cèdre ont été enregistrées, en passant des classes sévère et modéré vers la classe à faible déficit foliaire. Cette amélioration a été attribuée aux précipitations et à l'enneigement qu'a connu la région depuis l'année 2006 (tableau 10 et figure 12).

Tableau 11 : Pourcentage des arbres de cèdre touchés par les dépérissements de 2003 à 2008

	Pourcentage par année des arbres de cèdre touchés par le déficit foliaire					
Année	**2003**	**2004**	**2005**	**2006**	**2007**	**2008**
Classe d'évaluation						
Nulle (0 - 5% de perte foliaire)	8	3	2	4	5	5
Faible (6 - 25% de perte foliaire)	47	37	28	26	34	53
Modérée (26 à 50% de perte foliaire)	37	48	55	55	44	31
Sévère (sup à 50%)	7	8	10	12	12	8
Très sévère (houppier rouge ou sec)	2	3	4	4	4	3
Total	**101%**	**99%**	**99%**	**101%**	**99%**	**100%**

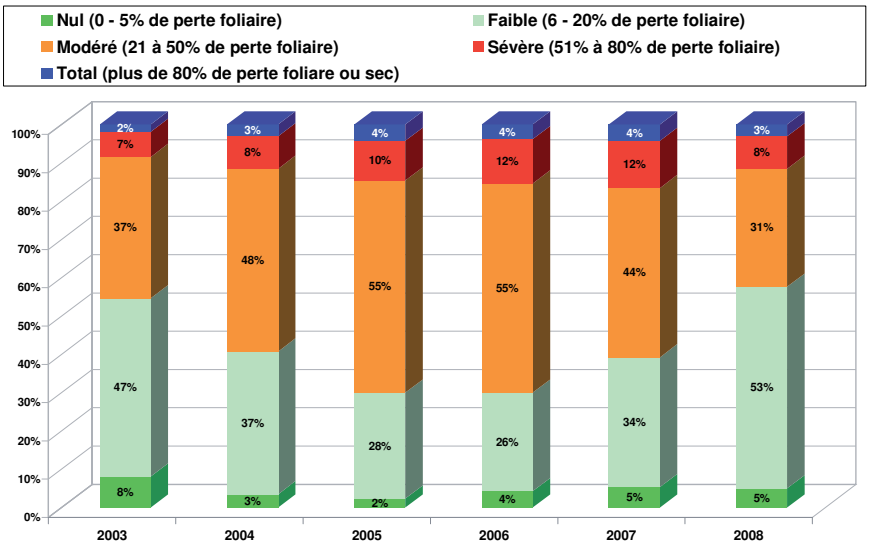


Figure 12 : Evoultion du déficit foliaire de cèdre de l'Atlas au niveau du réseau spécifique au dépérissement du cèdre (cantons de michlifen et Boutrouba)

4. Conclusions

Les principales conclusions des résultats obtenus entre 2007 et 2008 pour le réseau systématique de la région du Moyen Atlas sont présentées ci-dessous.

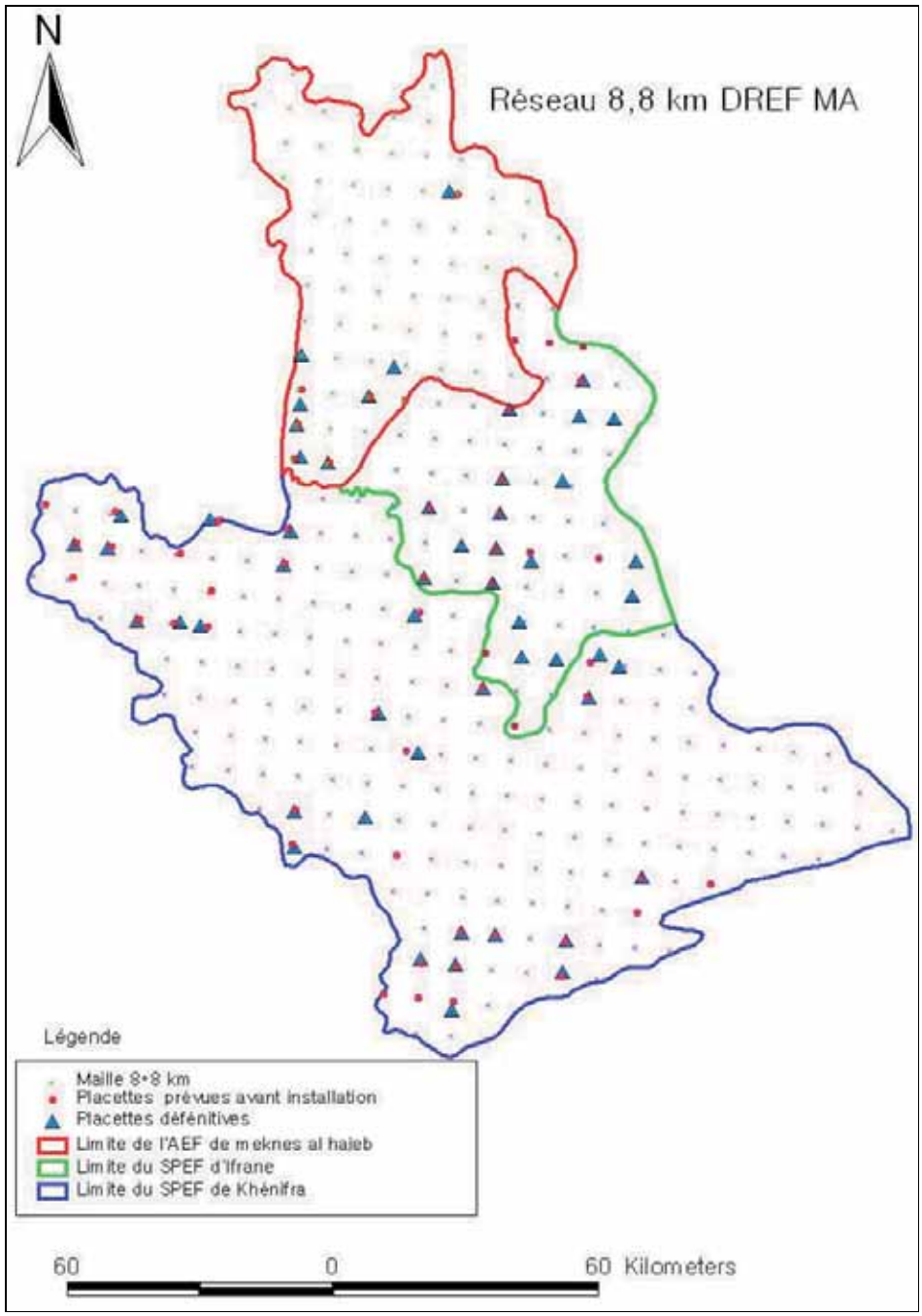
- L'émondage, agression anthropique qui porte préjudice à la vitalité de l'arbre endommagé (diminution de la photosynthèse et constitution de portes d'entrées d'agents parasitaires), est constaté sur plus du quart des arbres observés dans le réseau de suivi avec une augmentation de l'ordre de 3 pour cent entre 2007 et 2008.
- L'évaluation de l'indicateur du déficit foliaire, plus élevé en moyenne chez les feuillus que chez les résineux, montre la présence de signes de déficience physiologique relativement importante et ce notamment pour le cèdre, le chêne vert, le genévrier oxycèdre et le thuya. Dans le futur, l'impact de la réduction des précipitations et de l'augmentation des températures (changements climatiques) sera certainement ressenti dans l'évaluation de cet indicateur.
- La nécessité de surveiller de prés une éventuelle gradation prochaine des populations de la processionnaire du pin (les signalements d'attaque de ce ravageur sont passés de 4 pour cent en 2007 à 5 pour cent en 2008).
- Plus de 30 pour cent des arbres de chêne zène ont subit une détérioration. A ce titre, il a été conseillé d'installer au niveau de ce type de forêts un réseau spécifique en vue de suivre la dynamique spatiotemporelle de ce dysfonctionnement et en déceler les causes.

Les mesures prises, eu égard à ces premiers résultats, sont:

- l'augmentation de la surveillance au niveau des forêts touchées, toute en s'approchant de la population riveraine limitrophe, pour s'enquérir des réalités locales, à l'origine des dégâts d'émondages constatés, et ce en vue de trouver des solutions durables et concertées avec les différents départements impliqués (amélioration des sources de revenues de la population riveraine);
- le redimensionnement des approches et pratiques d'aménagements forestiers en vue de les adapter aux défis des changements climatiques et notamment en ayant recours au suivi périodique de la vitalité et la vigueur des peuplements forestiers.

En plus des analyses statistiques effectuées, il a été procédé pour la région du Moyen Atlas à la spatialisation des principaux dysfonctionnements physiologiques rencontrés sur un fond cartographique afin de mieux sensibiliser les décideurs et orienter les équipes d'intervention au niveau des zones à risque. A titre d'exemple, dans l**'annexe 5** les cartes montrant les zones forestières les plus touchées par les problèmes de l'émondage, de la mortalité des branches et du déficit foliaire sont présentées.

Annexe 1: Carte des placettes du réseau systématique 8x8 km du Moyen Atlas avant et après l'opération d'installation.



Annexe 2: Modèle de fiche de notation

Réseau Systématique de Surveillance et de Suivi de la Santé des Forêts (8x8 km) 2009

DREF **Placette** **Date**

Commune **Triage**

Age du peuplement **Observateur 1:** **Observateur 2:**

Arbre n°	Essence	Emondage		Mortalité de Branches				Problème 1					Déficit Foliaire
		Localisation	Note	Organe	Localisation	Cause	Note	Organe	Localisation	Symptômes	Cause	Note	Note
1													
2													
3													
…..													
…..													
19													
20													
Arbres de Remplacement													

Annexe 3 : Fiche d'aide à la description des arbres de référence

ESSENCE: Pin maritime de montagne*: Pinus pinaster maghrebiana*

LOCALISATION: Forêt de Jâaba, Amandaline,

CONTEXTE ECOLOGIQUE:

- Etage bioclimatique: subhumide,
- Sol: profond limono-sableux,
- Topographie: bas-versant,
- Exposition: Nord
- Altitude: 1 712 m
- Pente: 15%
- Arbre à croissance libre et en lisière

FORME DU HOUPPIER

- Conique

ARCHITECTURE

- 1/3 supérieur du houppier: tronc non visible avec une bonne ramification
- 2/3 supérieur du houppier tronc rapidement visible

COUVERT TRANSPARENCE

- 1/3 supérieur du houppier compact
- Transparence diffuse

FEUILLAGE

- 2/3 supérieur du houppier: 3 années d'aiguille
- Longueur d'aiguille: 12 à 14 cm

FRUCTIFICATION/FLORAISON

- Non prise en compte

AUTRES OBSERVATIONS

Voir photo

Annexe 4 : Modèle de fiche de veille phytosanitaire

FICHE D'OBSERVATION DE LA SANTE DES FORETS

OBSERVATEUR ET LOCALISATION

Nom, prénom et qualité de l'observateur		**CDF / District /Triage**	

Nom forêt/canton/périmètre		**N° parcelle ou lieu_dit**		**Date**	
Coordonnées du point	**Long. (x)**		**Lat. (y)**		**Alt.**(m)

DESCRIPTION LOCALE DU PEUPLEMENT

Essence dominante		**Description du peuplement**	futaie	mélange taillis futaie	écoulement	
Essence d'accompagnement			reboisement	futaie sur souches	Autres (à préciser) ……	
Age	jeune / adulte / vieux / variable	**Interventions (de moins de 5 ans)**	coupe de régénération	élagage	nettoiement phytosanitaire	démasclage
			dépressage	éclaircie	traitement phytosanitaire	Autres (à préciser) ……

ARBRES AFFECTES ET IMPORTANCE DES DOMMAGES

Essence concernée		**Organes affectés**	tout l'arbre	pousses	branches/rameaux	collet
			bourgeons	feuillages/aiguilles	Tronc	racine
Dommages constatés sur les organes affectés			consommation	changement de couleur	chancre, nécrose, pourriture	chute	écoulement
			déformation	dessèchement	trou/galerie	décollement écorce	Autres (à préciser) ……

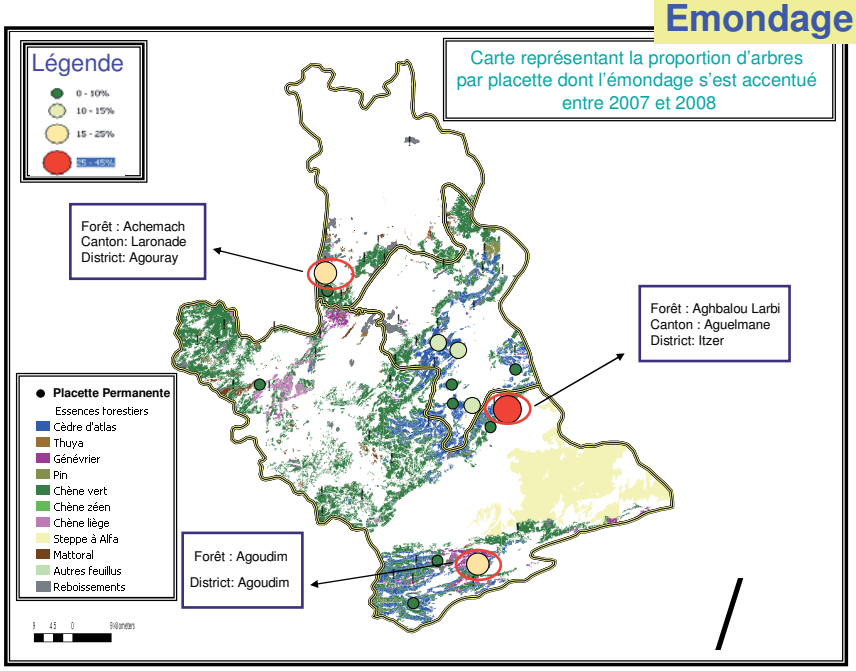
Sévérité à l'échelle de l'arbre (voir ci-dessous)	0	1	2	3	4
% arbres (cépées) affectés					
Surface concernée (ha)	moins de 1	1 à 10	10 à 100	plus de 100	

Causes possibles des dommages constatés (facultatif)
(Climatiques, sylvicoles, édaphiques, insectes, champignons, anthropiques,…)

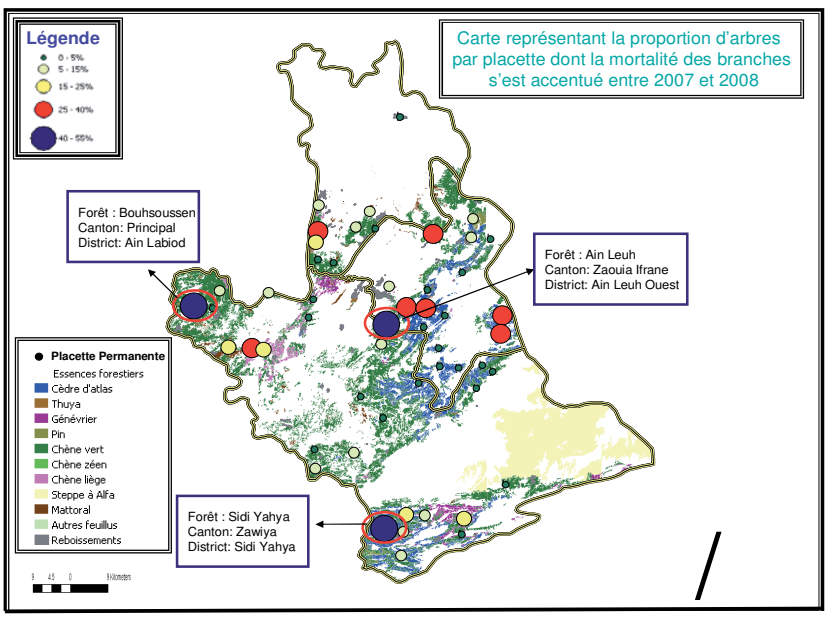
Remarques et précisions (facultatif)

Annexe 5 : Cartes de la DREFLCD montrant les sites souffrants d'émondages, de mortalité de branches et de déficit foliaire

Emondage

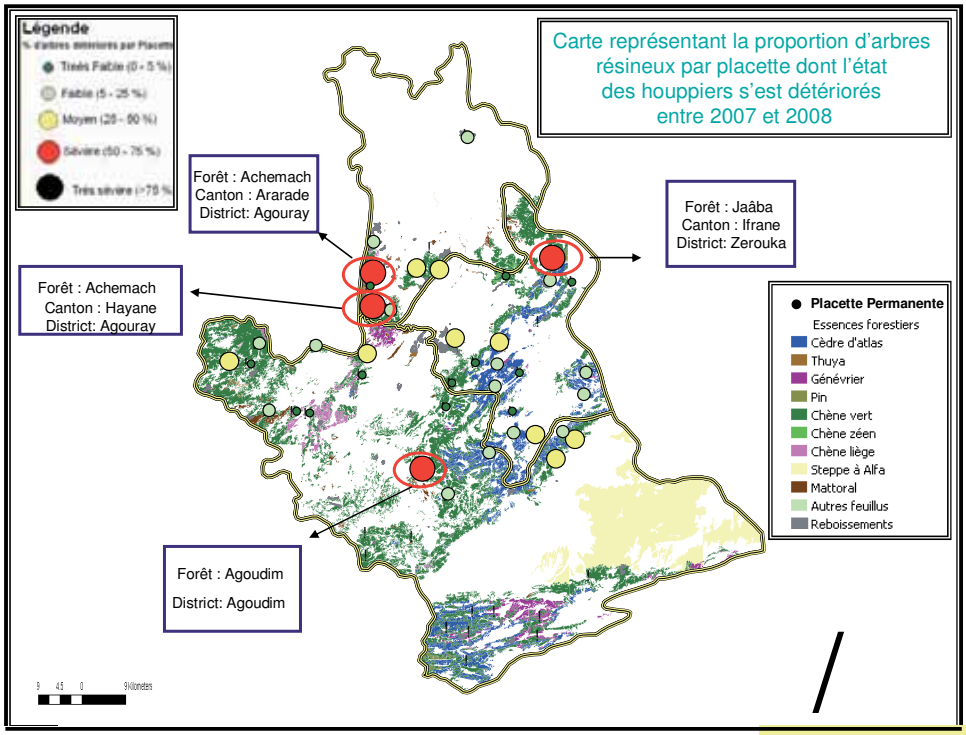


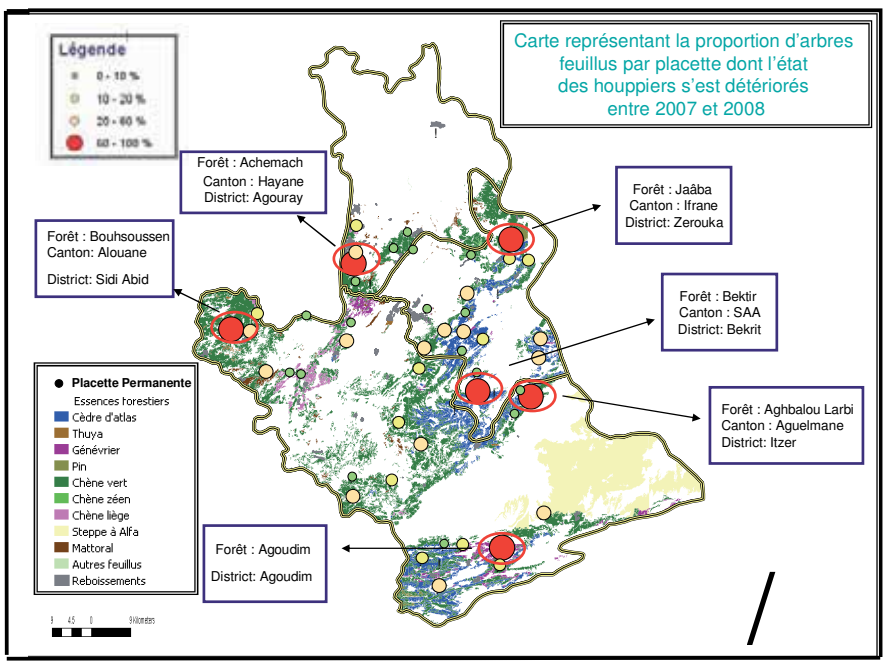
Mortalité de branches



Déficit foliaire

Résineux



Déficit foliaire

Feuillus