

Publication des résultats du premier Prix de l'AFT pour les Jeunes Ingénieurs Diplômés en topographie

Nous publions dans ce numéro les articles primés par le premier Prix de l'AFT pour les Jeunes Ingénieurs Diplômés en TOPOGRAPHIE.

L'objectif d'un tel prix est de valoriser les travaux scientifiques des jeunes ingénieurs diplômés et de promouvoir l'innovation et la diversité de nos métiers à travers la vision des nouvelles générations.

L'ensemble des candidatures a été étudié mais pour rester en conformité avec les conditions générales de participation publiées dans le N°89 de la revue XYZ (4^e trimestre 2001). Seules les propositions des postulants ayant satisfait ces conditions ont été retenues. Nous remercions les candidats qui nous ont soumis un article.

Le jury était composé d'un collège de professionnels et de professeurs des différentes écoles d'ingénieurs françaises de topographie. Il a été présidé par le comité de rédaction de la revue qui s'est chargé de synthétiser l'ensemble des avis reçus.

Cyrille Maire se voit décerner le premier prix gratifié d'un montant de 600 euros, et Jean-Baptiste Henri le prix d'honneur doté de 400 euros.

Ces deux lauréats seront invités par l'AFT pour la remise de leur prix à l'occasion d'une cérémonie qui se fera conjointement à la présentation du nouveau livre de M. D'Hollander : "Sciences Géographiques dans l'Antiquité, Connaissance du monde, Conception de l'univers" dans le courant du mois de janvier 2003.

Le comité de rédaction de la revue XYZ encourage les jeunes ingénieurs diplômés récemment à postuler à la seconde édition de ce prix. Les conditions de participation sont publiées dans ce numéro et sont consultables sur le site Internet de l'AFT : www.aftopo.org.

Le comité de rédaction

Evaluation de l'apport de de Très Haute Résolution de dégâts de tempête

Etude du massif de Haguenau (Alsace) réalisée au SERTIT en 2001

■ Cyrille MAIRE



© SERTIT - 2000

Les tempêtes de décembre 1999 ont causé des dégâts considérables dans les massifs forestiers français, allemands et suisses. Les données de l'Observation de la Terre comme source d'informations peuvent être une manière économique et rapide de dresser une cartographie des zones sinistrées comme l'ont montré de nombreuses études à partir de données optique et radar. L'apport de la très haute résolution peut-elle apporter une contribution supplémentaire significative?

■ MOTS CLES

Télédétection,
très haute résolution,
radar, Spot 5, InSAR,
MNE, dégâts forestiers

Le SERTIT (Service Régional de Traitement d'Images et de Télédétection) a été mandaté par le département QTIS du CNES, dans le cadre du programme ADEMA 2000 pour réaliser l'évaluation en milieu forestier du futur capteur très haute résolution Spot 5 à partir de données simulées (lancement réalisé en mai 2002), mais aussi de données radar préfigurant les futures générations de capteurs (horizon 2006-2010). L'étude réalisée à partir de données optique et radar aéroportées sur le site test du massif de Haguenau confirme l'intérêt de ces données pour la détection de dégâts en milieu forestier.

données optique et radar (THR) pour la cartographie en milieu forestier

Introduction et problématique

■ Etat de l'art

Les tempêtes de décembre 1999 ont engendré des dégâts conséquents dans les forêts, ravageant ainsi les efforts de plusieurs décennies d'exploitations. Devant l'ampleur de cette catastrophe, un état des lieux devait être rapidement produit pour planifier les actions à court et à long terme des organismes forestiers, des compagnies d'assurances, mais également des services de sécurité.

Cet inventaire sur le territoire français a été effectué de différentes façons. Les services de l'Office National des Forêts (ONF) se sont rendus sur le terrain pour évaluer les dégâts. Cependant, ce lever représente beaucoup de travail et ne constitue pas un moyen très rapide de réaction.

Des campagnes de photographies aériennes ont été entreprises bien que leur réalisation et leur exploitation soient très longues donc coûteuses. L'Inventaire Forestier National (IFN) a entrepris une photo-interprétation à partir de photographies aériennes au 1:30000 sur l'ensemble du territoire [IFN, 2000]. Les délais d'acquisition et de traitement se sont avérés très longs et la phase de photo-interprétation fastidieuse pour une telle étendue à cartographier. De plus, elles ne constituent pas toujours un moyen suffisamment rapide d'intervention et l'on reste tributaire des conditions météorologiques pour la planification des campagnes de vol, sans compter le temps et les moyens humains requis pour la photo-interprétation.

Les données d'Observation de la Terre, par leur vision synoptique et les possibilités de traitements semi-automatiques, semblent constituer une alternative intéressante en terme de coût et de délais.

Si l'on trouve beaucoup de publications sur les applications des données satellitaires en foresterie, peu de travaux sont consacrés à l'évaluation des dégâts de tempête, la détection de dégâts forestiers semblant avant les événements de 1999 être perçue comme une application mineure [Mukai, 1999]. Toutefois, l'intensité et la globalité des tempêtes de décembre ont suscité un intérêt particulier. Ainsi, une mobilisation de

moyens par le CNES et l'ESA principalement a permis d'effectuer différents tests. La comparaison des données avant et après tempête devait permettre d'obtenir rapidement une bonne évaluation des dégâts.

Dans ce contexte, une étude a été réalisée sur le site de la forêt de Haguenau, à partir de données radar de cohérence, issues d'images SAR ERS Tandem, pour individualiser les zones de dégâts et quantifier leur importance. Cette étude a démontré les fortes potentialités de ce type de données [Hermann et al. 2000, Yésou et al, 2000]. Cependant, avec l'arrêt en mars 2000 de ERS-1, cette technique n'est plus accessible. Elle pourra toutefois être mise en œuvre avec des futurs systèmes présentant des délais de revisite relativement court, tel Cosmo-Skymed, composante radar du programme Franco-Italien Roméo.

Quant à l'imagerie optique, quelques travaux ont été réalisés à partir de données issues des satellites Spot 4 ou Landsat™ [Mukai, 1999]. Ces travaux ont montré que l'utilisation de l'imagerie satellitaire peut être pertinente pour effectuer une évaluation de dégâts forestiers même s'il subsistait des difficultés dans les massifs de feuillus. Dans ce contexte, le SERTIT a été mandaté par le CNES pour réaliser l'évaluation en milieu forestier du futur capteur très haute résolution (THR) Spot 5 (lancement en mai 2002) à partir de données simulées, mais aussi de données radar interférométriques (InSAR) THR préfigurant les futures générations de capteurs (horizon 2005-2010).

Cette étude avait également pour but de promouvoir l'utilisation des données de l'Observation de la Terre au sein de la communauté forestière.

Trois approches ont ainsi été menées en parallèle sur le site de Haguenau :

- Différences de Modèles Numériques d'Élévation (MNE) THR.
- Réalisation de photo-interprétation à partir de données optique et radar.
- Traitements à partir de simulations aéroportées du futur satellite du CNES, Spot 5.

Une comparaison des résultats obtenus permet d'analyser et d'évaluer les différentes approches pour la détection des dégâts forestiers.



■ ■ ■ Le site d'étude

L'étude a été réalisée sur la forêt indivise de Haguenau d'une superficie de 13 500 ha, située dans la plaine d'Alsace à environ 30 km au nord de Strasbourg. Ce massif constitue la première forêt alsacienne et la sixième forêt française dans le classement par taille de propriété. Mais il est également remarquable à d'autres points de vue [Geldreich, 1999] :

- Diversité des peuplements de feuillus et de conifères,
- Importante variabilité des caractéristiques géologiques, pédologiques, géomorphologiques du sol (caractéristiques stationnelles),
- Topographie générale très plane, variation d'altitude de 115 à 205 m sur une largeur de 30 km,
- Action anthropique qui au travers d'une sylviculture intensive depuis deux siècles a façonné une véritable mosaïque d'essences et de classes d'âge.

L'importance de cette forêt et son exploitation rationnelle ont conduit les services de l'ONF à constituer une base de données géographiques pour gérer un ensemble de 2 700 sous-parcelles de surface variable (0.30 à 17 ha) au niveau desquelles les caractéristiques stationnelles et les peuplements forestiers sont homogènes.

Les tempêtes du 26 décembre 1999 ont fortement frappé le secteur de Haguenau, qui a concentré 40 % des dégâts de la région Alsace. Dans l'urgence, les services de l'ONF ont réalisé un inventaire des peuplements affectés dans les quinze jours qui ont suivi l'évènement. Cet inventaire était basé sur la quantification moyenne par sous-parcelle de gestion de l'intensité des dégâts. Une cartographie ainsi qu'une estimation globale et détaillée du phénomène ont été disponibles dès fin janvier 2000. Les dégâts ont été évalués à 1 million de mètres cube de bois renversé ou cassé et 3 000 ha à reconstituer.

Les peuplements de pin sylvestre ont été nettement plus touchés que ceux de chêne, puisqu'ils ont été détruits à 70 % en moyenne; seules les régénérations d'âge inférieur à 15 ans ont été épargnées. La cartographie de l'intensité des dégâts par sous-parcelles ainsi que les données principales de peuplement (essences principales par étage, âge moyen) ont été mises à disposition. Ces données ont servi de référence pour l'analyse des résultats de l'étude.

Mise en place de la base de données

■ Présentation des données

Plusieurs types de données ont été employés :

- Données radar aéroportées interférométriques THR acquises après la tempête par la société Aerosensing avec le capteur AeS-1, consistant en des images d'amplitude d'une résolution spatiale de 50 cm, données de cohérence et produits dérivés type MNE,
- Données optiques acquises avant et après la tempête : données simulées Spot 5 THR XS (multi-spectrale, résolution 10 m) et "super mode" (panchromatique, résolution 2.5 m), des données Spot 4 (multi-spectrale, résolution 10 m, avant et après tempête),

- Données vectorielles : base de données du site de Haguenau fournies par l'ONF,
- Données exogènes : Celles ci correspondent à :
 - des relevés de terrain et des photographies aériennes,
 - des données de foresterie, des modèles de croissance arborescentes (ONF),
 - un modèle numérique de terrain (MNT) basse résolution.

Sur ces données géoréférencées, des distorsions géométriques ont été mises en évidence. En planimétrie, ces phénomènes sont présents pour les données InSAR et pour les données simulées Spot 5 dans une moindre mesure et localement. Un basculement altimétrique global de 0.1 % a été constaté sur le MNE InSAR. Afin de corriger le MNE post tempête mais aussi de consolider la base de données, il est apparu que seules des données GPS acquises en mode différentiel statique permettraient d'obtenir une référence fiable et précise du fait de la très haute résolution des données INSAR (0.5 m).

Ce procédé permet également de s'affranchir d'éventuels problèmes de communication entre les récepteurs GPS dus au travail en zone forestière et à des lignes de bases trop élevées pour une exploitation en mode dynamique.

■ Campagne GPS

La durée (une semaine) et l'étendue du chantier (13 500 ha) ont justifié l'implantation d'un point de référence au milieu de la forêt. La saisie des points de calage se faisant après l'acquisition des données, les points à lever devaient satisfaire aux limitations du terrain et des images, constituer un maillage homogène et si possible être redondants sur les différents couples de données. Pour tenir compte de ces paramètres, la base de données était nécessaire sur le terrain. Les données de positionnement du GPS de navigation ont également été intégrées dans la base de données. Le repérage en pleine forêt devenant très rapidement compliqué, la localisation en temps réel a permis d'optimiser les temps de déplacement entre les points.

La longueur des lignes de bases a ainsi été réduite à moins de dix kilomètres, permettant d'obtenir des précisions homogènes (emq: plani <2 cm, alti <5 cm) sur le réseau de points levés et des temps d'observations plus courts. Ce matériel onéreux a été mis gracieusement à disposition par le laboratoire de Topographie de l'ENSAIS (figure 1).



Figure 1 : Campagne GPS

Le GPS différentiel permet d'obtenir une précision centimétrique en planimétrie et en altimétrie dans les conditions d'acquisition mises en œuvre sur le site. Les mesures ont été effectuées avec des sessions de 10 minutes en statique, cadencées à une mesure toutes les dix secondes. Les points levés ont été acquis dans des conditions favorables au niveau des masques générés par les arbres. L'utilisation d'un GPS bi-

fréquence permet de diminuer les temps d'observations et d'augmenter la précision [Botton, 1997]. Toutefois, la précision réelle des points est davantage conditionnée par la photo-interprétation et par le positionnement du point sur le terrain. Ainsi, si le point à lever est facilement identifiable sur l'image et si les conditions du terrain le permettent, une précision de lever de l'ordre de ± 50 cm est envisageable.

De multiples contrôles et la phase de post-traitement ont ainsi permis de générer une référence fiable (précision géométrique décimétrique) pour corriger les données. Il est certes regrettable d'utiliser un GPS en mode différentiel statique pour obtenir une précision finale inférieure au mètre. Cependant, comparées aux erreurs de positionnement du point et de photo-interprétation, les données fournies par le GPS en mode différentiel statique peuvent être considérées comme des valeurs vraies, contrairement à celles d'un GPS de navigation.

■ Compensation altimétrique du MNE InSAR

Pour corriger l'altimétrie du MNE InSAR, outre le semis de points GPS, le MNT basse résolution a été intégré dans le processus de correction. Son utilisation est tolérée du fait du faible relief de la zone d'étude. Le nombre de points GPS étant trop faible pour modéliser correctement les écarts du MNE InSAR, le MNT basse résolution après ajustement avec le semis de points GPS a permis de densifier le nombre de points de comparaison. Cette densification permet de générer une modélisation plus réaliste des écarts altimétriques (figure 2).

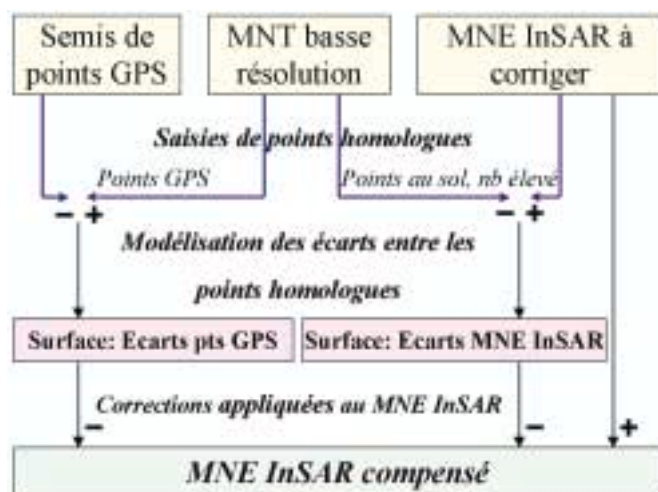


Figure 2 : Correction du MNE InSAR post tempête.

La figure 2 présente les différentes opérations réalisées (additions, soustractions de surfaces) à partir des données d'Observation de la Terre et des surfaces générées à partir des semis de points GPS ou extraits du MNT basse résolution.

Le MNE post tempête a été sous-échantillonné à 1.5m afin de lisser les variations altimétriques très localisées et inhérentes tant à sa résolution spatiale élevée, au processus d'acquisition (bande X, angle d'incidence) qu'à l'occupation du sol. Le MNE InSAR post-tempête (figure 3b) représente pour les parties boisées la canopée après la tempête ; les dégâts causés sont intégrés à ce modèle d'élévation.

Différences diachroniques de MNE

La disponibilité d'un MNE pré-tempête doit permettre de mettre en évidence les dégâts par différences de MNE avant et après tempête.

■ Génération d'un MNE pré tempête

Un MNE en milieu forestier peut être comparé à la superposition d'un MNT et de la hauteur du couvert végétal. Ce MNE pré-tempête a été généré en associant :

- Un MNT basse résolution compensé grâce au semis de points GPS,
- La base de données ONF décrivant, âges et peuplements dominants par parcelle,
- Des modèles de croissances arboricoles, élaborés par les services de l'ONF.

Une hauteur moyenne d'arbre par parcelle peut être générée grâce à des modèles de croissance relatifs aux essences dominantes du site de Haguenau. La superposition de cette hauteur d'arbre et du MNT compensé par le semis de point GPS permet de réaliser une simulation d'un MNE pré-tempête (figure. 3a). Afin d'affiner la modélisation, les principaux impacts anthropiques du site ont été intégrés (coupes à blanc, voirie...).

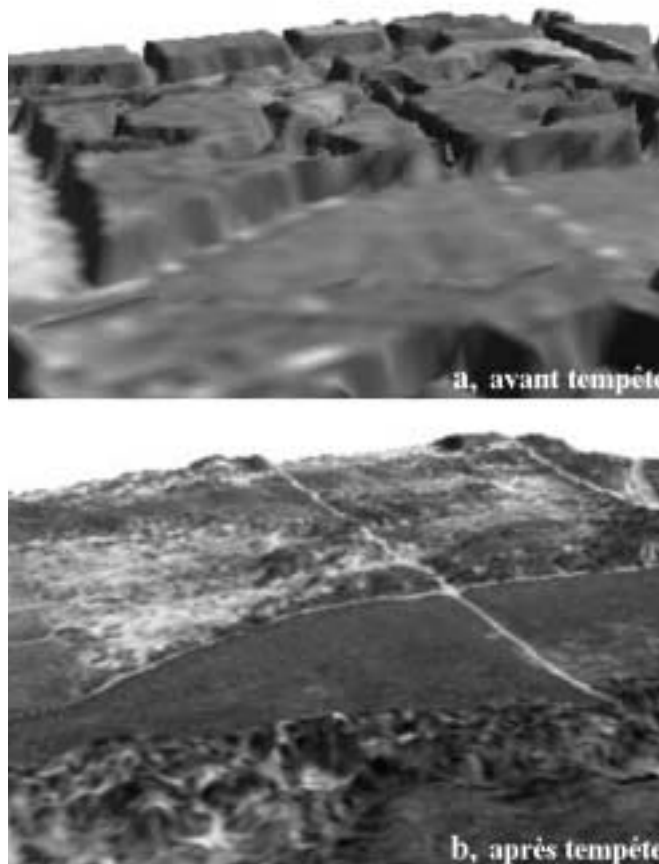


Figure 3 : Vue perspective d'une zone avant (MNE simulé (a)) / après événement (MNE InSAR (b)) surimposé par des données SPOT 5 THR panchromatique (même exagération en Z).

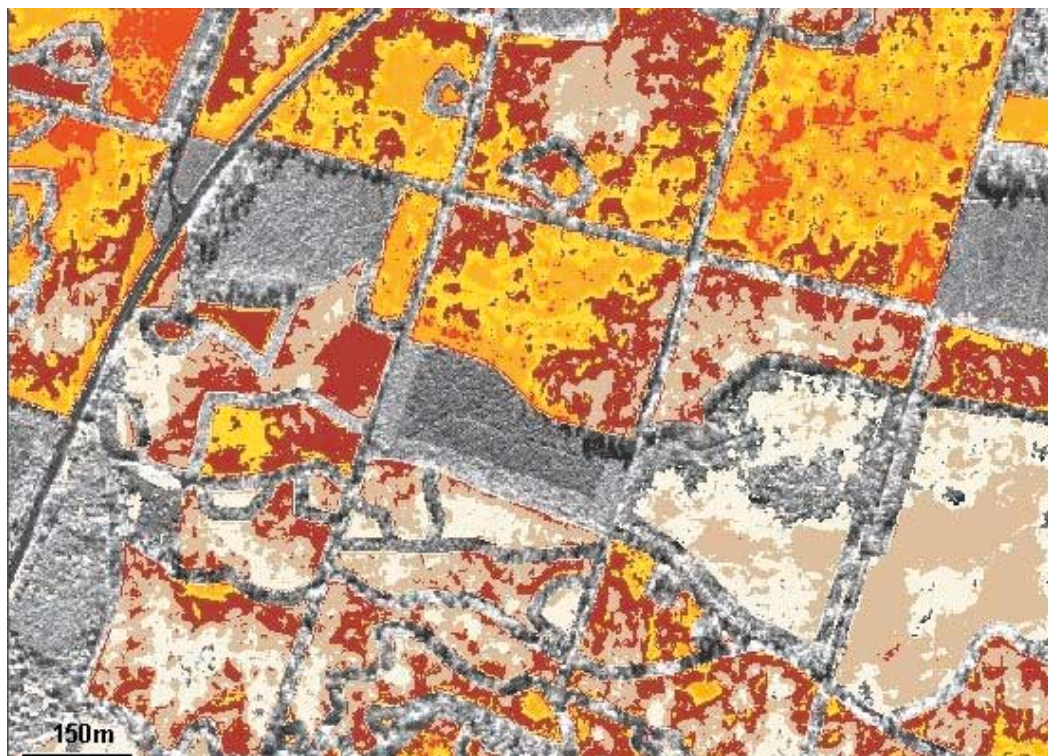
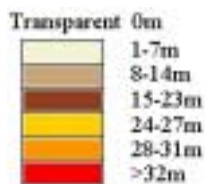


Figure 4 : Différence simple de MNE, superposée sur les données d'amplitude radar.

Validation du MNE pré tempête

Lors de la génération de la hauteur de la canopée (par parcelle), un facteur d'imprécision du couvert végétal réside dans l'assimilation d'une information ponctuelle telle que la hauteur dominante des arbres par espèce à toute une surface. De fait, la modélisation du couvert végétal est traduite par une bonne approximation de la cime des arbres et globalement de la couronne. En contrepartie, de fortes discordances très localisées sont générées entre les couronnes.

Ainsi, l'uniformisation de la canopée risque de se traduire par une surestimation de la hauteur moyenne de la canopée, inhérente aux discordances du modèle. La précision altimétrique du produit généré a été évaluée à 3 mètres, ce qui en milieu forestier est très satisfaisant. La comparaison des deux MNE, témoignant l'état avant et après les passages des tempêtes de 1999 peut donc être effectuée. La concordance relative des deux MNE a tout d'abord été analysée, en planimétrie et en altimétrie. Le MNT basse résolution a été intégré dans les corrections des deux MNE, les données ne sont donc pas indépendantes mais se prêtent toutefois à une approche relative.

Cartographies des dégâts de tempête réalisées

Au cours de cette étude, deux calculs ont été effectués sur les MNE :

a - Cartographie de dégâts par différence simple de MNE :

Afin d'extraire les zones de dégâts, les produits obtenus par différence simple ont été seuillés en prenant en compte le type de peuplement (feuillus/conifères). Le choix des seuils représente une étape primordiale. En effet, les variations du couvert végétal sont très importantes selon les peuplements et leurs âge. Il a donc été nécessaire de travailler avec des seuillages importants (14 m) pour réaliser une cartographie binaire des dégâts. Ce seuil représente un bon compromis, limitant fausses et non détections de dégâts, mais excluant par la même occasion les jeunes plantations des traitements de détection de dégâts.

Ecarter une partie importante des parcelles par un seuil élevé peut d'une certaine manière discréditer la méthode. Cependant, selon les services de l'ONF, les populations de moins de 12-14 ans n'ont pas été affectées par la tempête. Par contre, les peuplements compris entre 15 et 20 ans (qui

Afin d'extraire les zones de dégâts, les produits obtenus par différence simple ont été seuillés en prenant en compte le type de peuplement (feuillus/conifères). Le choix des seuils représente une étape primordiale. En effet, les variations du couvert végétal sont très importantes selon les peuplements et leurs âge. Il a donc été nécessaire de travailler avec des seuillages importants (14 m) pour réaliser une cartographie binaire des dégâts. Ce seuil représente un bon compromis, limitant fausses et non détections de dégâts, mais excluant par la même occasion les jeunes plantations des traitements de détection de dégâts.

constituent environ 10 % des plantations) ont une hauteur proche du seuil choisi. Ces massifs sont affectés mais leur détection est plus délicate; en effet, la nature des dégâts complique leur mise en évidence, les arbres ayant été courbés par la tempête. Ces parcelles sont donc considérées comme totalement détruites pour les services de l'ONF, mais ne sont pas mises en évidence par une différence simple de MNE.

b - Cartographie de dégâts par différence pondérée de MNE :

Afin de mieux détecter les dégâts dans les jeunes plantations, la différence simple de MNE a été pondérée par la hauteur des peuplements. Un taux de dégâts T_x calculé est donc généré et semble être un très bon estimateur des dommages causés par les tempêtes.

$$T_x \text{ calculé} = \frac{H_{\text{avtempête}} - H_{\text{posttempête}}}{\text{Hauteur}_{\text{peuplement}}}$$

L'évaluation des dégâts peut ainsi être réalisée sur des grandeurs comparables. Les jeunes plantations présentant des dégâts sont détectées et également celles où les arbres sont courbés. Les résultats générés restent toutefois moins précis pour les jeunes peuplements, où les écarts de modélisation et de calage entre les MNE ont une contribution importante.

Les irrégularités de la canopée en fonction du type de peuplement (feuillus/conifères) se traduisent par une modélisation plus ou moins fine de la canopée, et donc une détection variable des dégâts. Afin de limiter ces effets inhérents aux imprécisions de modélisation du MNE avant tempête, une distinction entre les types de peuplements a été réalisée. Celle-ci est particulièrement justifiée pour les peuplements âgés de feuillus, où de nombreux problèmes ont été rencontrés.

La pondération des différences de MNE illustre plus justement les taux de dégâts en étant sensible aux dégâts dans les jeunes plantations. Les cartographies obtenues sont très satisfaisantes, surtout si l'on réalise la distinction des types de peuplements. Ces constats ont été confirmés par une analyse statistique, détaillée par la suite.

Autres méthodes mises en œuvre

■ Cartographie de dégâts à partir de simulations SPOT 5

Le second type de données utilisées pour réaliser des traitements automatiques sont les simulations optiques de Spot 5. Cette méthode nécessite une détermination précise de l'emprise forestière mise en évidence à l'aide de simulations multi-spectrales de Spot 5 acquises avant la tempête.

Une approche diachronique sur les données panchromatiques THR (résolution de 2.5 m) a permis de mettre en évidence les zones affectées. Des résultats très proches sont obtenus en réalisant une approche diachronique sur les données multi-spectrales [Meyer et al, 2001]. Les cartogra-

phies obtenues sont de très bonne qualité mais leur élaboration, très rapide, nécessite de disposer d'archives.

La date d'acquisition est toutefois un facteur limitant, notamment dans les peuplements de feuillus lors d'acquisition hivernale. En effet, la détection visuelle des dégâts dans les massifs de feuillus est difficile. Une photo-interprétation (PIAO) a été réalisée à partir des données optiques métriques (1.2 m) afin de vérifier si le saut vers une résolution plus importante était significatif lors d'acquisitions en période hivernale.

La cartographie par PIAO est cette fois possible, mais elle reste encore délicate pour les massifs de feuillus.

Ceci montre tout l'intérêt du passage à une résolution encore plus importante (60-80 cm), comme ce sera le cas pour les données de la constellation Pléiades. Leur exploitation en parallèle avec les données THR de juin 2000 met en évidence l'apport de données multi-temporelles pour le suivi des travaux de déblaiements.

■ Cartographie de dégâts par Photo interprétation de données d'amplitude radar

L'imagerie d'amplitude radar a quant à elle permis de réaliser une cartographie binaire des dégâts (figure 5).

La perception des détails en imagerie radar est différente de celle perçue par l'œil humain. L'angle d'acquisition élevé (entre le passage de l'avion et la scène observée) induit des effets d'ombrages importants. D'autre part, la finesse de l'image engendre des saturations du signal causées par la perpendicularité des nombreux réflecteurs par rapport aux capteurs. Ce phénomène est souvent observé pour les lisières de bois. Malgré tout, la finesse des détails de ces données THR permet une interprétation aisée.

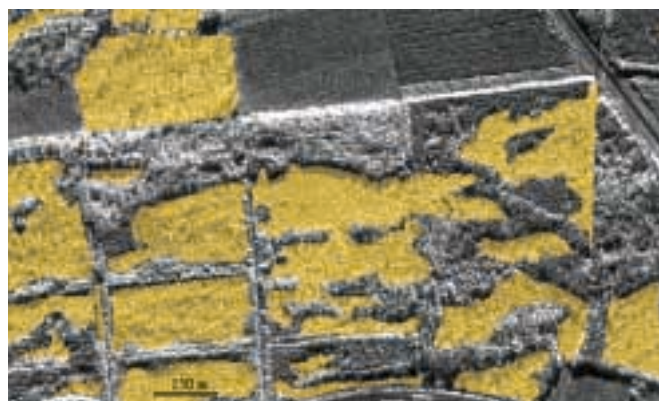


Figure 5 : PIAO à partir des données d'amplitude radar

Plusieurs constats ont été réalisés suite à l'analyse et l'exploitation de données d'amplitude radar THR :

- Apport d'informations complémentaires à l'imagerie optique THR,
- Détection des dégâts possible dans les massifs de feuillus en hiver,
- Détection des dégâts diffus et intermédiaires délicate,
- Nombreuses omissions pour les trouées locales de faibles extensions,



- ■ ■ • Passage d'une résolution spatiale de 0.5 à 1.5 m peu significatif pour la qualité de détection, mais forte décimation lors d'un passage à 3 m,
- Apport des données de cohérence pour l'amélioration des cartographies.

L'importante résolution des données, véhiculant ainsi un nombre important de détails, de structures, d'objets limite les processus classiques employés en télédétection pour réaliser des classifications. L'apport de l'analyse des textures devrait être un outil très prometteur pour une exploitation plus complète et automatique des données de très haute résolution optique et radar [Datcu, 1998].

Synthèse des résultats

Deux approches de validation des différentes cartographies de dégâts ont été mises en œuvre. La première de type quantitative et spatialisée consiste à confronter les résultats obtenus aux données de terrain recueillies par l'ONF servant de référence. La seconde, de type qualitatif, a été effectuée par analyse visuelle sur les zones caractéristiques (et notamment celles mises en évidence par la première approche).

On constate que la comparaison des surfaces des zones sinistrées, relevées par les services de l'ONF et celles mises en évidence par les différentes méthodes employées sont relativement proches.

La ventilation des dégâts à l'échelle de la parcelle devrait quant à elle permettre des comparaisons statistiques et spatiales des données produites avec la cartographie de dégâts réalisée par les services de l'ONF. Cette approche permet de localiser à l'échelle de la parcelle les détections cohérentes et divergentes. Les cartographies de dégâts obtenues peuvent ainsi être intégrées complètement à la base de données ONF et permettre d'utiliser pleinement l'outil SIG pour mieux analyser les résultats.

Méthode employée	Distinction feuillus/conifères		
	TxQlté	TxFD	TxND
Différence simple de MNE	0.79	0.12	0.15
Différence pondérée de MNE	0.84	0.10	0.08
PIAO Amplitude radar	0.68	0.09	0.49
Simulations Spot 5	0.85	0.08	0.10

Tableau 1 : Indicateurs de qualités obtenus par différentes méthodes.

Plusieurs types de parcelles sont alors mises en évidence pour chaque méthode (référence : cartographie de dégâts ONF) :

- Les parcelles concordantes dans la classification dégâts/non dégâts (Bonne détection : BD)
- Les parcelles intactes classées en dégâts à partir des données spatiales (Fausse détection : FD)
- Les parcelles de dégâts omises (Non détection : ND)

Des indicateurs de qualité ont alors été générés permettant de représenter les corrélations des résultats obtenus à partir des différentes méthodes par rapport à la référence ONF (tableau 1).

$$TxQlté = BD \quad TxFD = \frac{FD}{BD} \quad TxND = \frac{ND}{BD}$$

Les résultats obtenus sont très satisfaisants et prometteurs pour les simulations Spot 5 et la différence pondérée de MNE. Une étude complémentaire sur l'âge des peuplements a montré l'homogénéité des détections de dégâts réalisées à partir des données simulées Spot 5 et par différence pondérée de MNE.

D'autre part, la complémentarité des données optique et radar a été mise en évidence par une étude comparative entre les différentes méthodes mises en œuvre.

La différence diachronique de MNE, est une démarche ambitieuse et originale, elle permet d'obtenir des cartographies très précises des dégâts. Les principales limitations rencontrées dans cette application sont inhérentes à la simulation du Modèle Numérique d'Élévation témoignant l'état initial de la forêt. Des résultats comparables devraient être obtenus avec les données InSAR des futurs systèmes imageurs opérationnels à l'horizon 2006-2010 tels que Cosmo-Skymed, Roue Interférométrique ou encore TerraSAR. Des résultats encore plus prometteurs devraient être escomptés grâce aux études polarimétriques de données InSAR acquises en bande L [Reigber et al, 2001]. Les données simulées Spot 51 permettent, quant à elles, d'obtenir des cartographies des dégâts par parcelle très proches de celles relevées sur le terrain par les services de l'ONF.

Conclusions et perspectives

L'apport de données optique et/ou radar de Très Haute Résolution pour la cartographie de dégâts forestiers est établi. L'étude montre également la nécessité de disposer de données historiques.

La différence diachronique de MNE, est une démarche ambitieuse et originale, elle permet d'obtenir des cartographies très précises des dégâts. Les principales limitations rencontrées dans cette application sont inhérentes à la simulation du Modèle Numérique d'Élévation témoignant l'état initial de la forêt.

Des résultats comparables devraient être obtenus avec les données InSAR des futurs systèmes imageurs opérationnels à l'horizon 2006-2010 tels que Cosmo-Skymed, Roue Interférométrie ou encore TerraSAR. Des résultats encore plus prometteurs devraient être escomptés grâce aux études polarimétriques de données InSAR acquises en bande L [Reigber et al, 2001]. Les données simulées Spot 5' permettent, quant à elles, d'obtenir des cartographies des dégâts par parcelle très proches de celles relevées sur le terrain par les services de l'ONF.

Ainsi, les potentialités des données d'Observation de la Terre de très haute résolution ont été mises en évidence, pour la détection de dégâts forestiers et de manière plus générale pour la gestion forestière. L'intérêt des futurs systèmes imageurs est pleinement justifié pour les thématiques de foreries. Les résultats et le retour d'expérience obtenus au cours de ce projet laissent présager une forte progression de l'utilisation de données d'Observation de la Terre par les gestionnaires des espaces forestiers. ●

(1) Le lancement de SPOT 5 en mai 2002 a été un réel succès, les acquisitions commerciales ont débutées en juillet 2002. Des images SPOT 5 sur l'Alsace ont été acquises en juillet et septembre 2002. Fin 2002 les premiers résultats cartographiques obtenus par le SERTIT auront été transmis aux services forestiers (contacts pour de plus amples détails sur les projets Observation de la Terre - forêt Haguenau auprès de H. Yésou : herve@sertit.u-strasbg.fr).

Remerciements :

Je tiens à remercier M. Hervé Yésou mon maître de stage pour sa précieuse aide, ainsi que toute l'équipe du SERTIT, mais également le Laboratoire de Topographie de l'ENSAIS et M. Jacques LEDIG pour le prêt du GPS différentiel ainsi que Mme. Tania Neusch pour ses conseils avisés.

Quelques mots sur l'auteur :

Maire Cyrille, ingénieur ENSAIS en Topographie (2001), DEA Traitement d'Images (2002). Ingénieur de recherche au DLR (centre national de recherche aérospatiale allemand, Munich).

Projet actuel : amélioration et régularisation de MNT/MNE pour des perspectives de visualisation 3D en temps réel d'importantes bases de données géolocalisées.

Contact : cyrille.maire@dlr.de

Bibliographie :

ADRAGNA F, 1997 : *Interférométrie radar : Principe, applications et limitations*. Bull. SFPT n°148, 5 pages.

BOTTON S., DUQUENNE F. et al, 1997 : *GPS, Localisation et navigation*. Edition HERMES, 159 pages.

DATCU et al, 1998 : *Spatial information retrieval from Remote Sensing Images : - Part I : Information theoretical perspectives*, IEEE Transaction on Geoscience and Remote Sensing, vol 36, n°5 p 1431-1445.

DAMMERT P.B.G., 1996 : *Accuracy of INSAR measurements in forested areas*. Actes du Symposium Fringe.

GELDREICH P. 1999 : *La forêt indivise de Haguenau*. Arborescences n°78, janvier - février 1999, p12-34.

HOLECZ F., PASQUALI P. et al, 1998 : *Automatic Generation and Quality Assessment of Digital Surface Models generated from AeS-1 InSAR data, Proceedings of European Conference on Synthetic Aperture Radar in Germany*, 5pages.

IFN, 2000 : site internet : <http://www.ifn.fr/pages/fr/tempestes/index.html>.

MASSONET D., PERLANT F. et RABAUTE Th., : *Précision et niveau d'artefacts dans les calculs modèles numériques de terrain par interférométrie. Actes du colloque ESA-CNES "De l'optique au Radar. Les applications SPOT et ERS"*. Paris Mai 1993, Cepadués éditions, pages 511-523.

MEYER C, GELDREICH P et YESOU H 2001 : *Apport des données simulées SPOT 5 pour l'évaluation des dégâts de tempête dans la forêt Cas de la forêt de Haguenau (France)*. Actes du Symposium Spot 5 Toulouse, Novembre 2001, CNES.ed.

MUKAI Y., HASEGAWA I., 1999 : *Extraction of damaged areas of windfall trees by typhoons using Landsat™ data*, International Journal of Remote Sensing, Volume 21, Issue 4, March 2000, pages 647-654.

REIGBER. A, PAPATHANASSIOU. K ET AL, 2001 : *SAR Tomography and Interferometry for the Remote Sensing of Forested Terrain*, Frequenz, 55, mars/avril 2001, p119-123.

YÉSOU H. et al, 2000 : *Mapping storm forest damage using SAR coherence data. The case of the Haguenau forest - France. Looking at our Earth for the New Millennium*. Gothenburg, October 2000, ESA SP 461.

ABSTRACT

KEY-WORDS : Remote sensing, very high resolution, InSAR, radar, Spot 5, DEM, forest damage

Remote sensing can be a good, effective and economic method to realise damage mapping due to the December 1999 storms that severely hit France's forestry. Many recent studies, confirm this geomatic solution with high resolution optical and radar data. Here, the question asked is whether higher resolution data give more efficient results?

The CNES has contracted SERTIT to evaluate both simulated data of the future SPOT 5 satellite, which is scheduled to be launched in May 2002, and VHR radar data which are considered as a prototype for a future sensor generation (2006-2010). These were taken during airborne imaging campaigns over the study area covering the Haguenau Forest test site with optical and interferometrical synthetic aperture radar (InSAR), airborne data and confirm the interest of the high resolution for damage detection in forestry areas.