

LE TGV ET LE MISTRAL DANS LES ESPACES ARBORICOLES : CARTOGRAPHIE DE LA PERTURBATION DU VENT PAR UN REMBLAI

Hervé Quénol*, Sébastien Bridier**, Gérard Beltrando***

RÉSUMÉ. Afin d'analyser les conséquences de l'implantation d'un remblai ferroviaire sur l'écoulement superficiel du mistral, des mesures du vent ont été effectuées sur huit parcelles d'arbres fruitiers dans la basse vallée de la Durance; réalisées avant, puis après la construction de l'ouvrage, elles ont permis de définir deux niveaux de protection et de déterminer des surfaces où le remblai est à l'origine de tourbillons supplémentaires. L'extrapolation spatiale des résultats sur SIG montre qu'après construction de la ligne, des petites portions de parcelles à proximité du remblai sont affectées par des tourbillons supplémentaires dommageables pour les fruits.

ABSTRACT. In order to analyze the influence of a railway embankment on the surface flow of the mistral, numerous series of wind measurements were carried out on eight fruit-tree parcels in the Durance valley; carried out before, then after, the construction of the embankment they permit to define two levels of protection according to the permeability and the height of the shelterbelt, and areas where the embankment is at the origin of additional turbulence. The spatial extrapolation of the results on GIS shows that after construction of the line, small portions of parcels near the embankment are affected by additional turbulence that can damaged the fruits.

RESUMEN. Para el análisis de las consecuencias de la construcción de un terraplén del ferrocarril sobre la circulación superficial del mistral, varias mediciones del viento han sido hechas en ocho parcelas de frutales en el valle bajo del Rio Durance. Realizadas anteriormente, luego después de la construcción, las mediciones han permitido definir dos niveles de protección y determinar áreas donde el terraplén puede crear remolinos. La extrapolación espacial de los resultados en un SIG enseña que, después de la construcción de la obra, pequeñas partes de parcelas cerca del terraplén pueden ser afectadas por remolinos suplementarios lastimosos para las frutas.

• ARBRES FRUITIERS • HAIES • MISTRAL • REMBLAI • SIG

• ENBANKMENT • FRUIT GROWING • GIS • MISTRAL • SHELTERBELT

• DINÁMICA ESPACIAL • FRUTALES • MISTRAL • SETO • SIG • TERRAPLÉN

Au début du XIX^e siècle, l'homme a progressivement mis en place un réseau de haies brise-vent dans la vallée du Rhône et dans la basse vallée de la Durance afin de ralentir la vitesse du mistral et de limiter les effets négatifs des vents forts sur les cultures (Gade, 1978). En effet, les haies brise-vent créent un microclimat favorable à la croissance des cultures fruitières et maraîchères en accentuant le gain thermique à l'échelle annuelle et surtout en protégeant les cultures du mistral (vent fréquemment violent et turbulent). Le microclimat engendré par ces haies explique en partie la précocité et la qualité de la production agricole ce qui est l'atout majeur de l'agriculture régionale.

Depuis 1998, la Ligne à Grande Vitesse (LGV) du TGV Méditerranée (Valence-Marseille) traverse les terrains agricoles (maraîchage, arboriculture) des communes de Mallemort et Sénas dans la basse vallée de la Durance (au sud de Cavaillon). L'implantation des infrastructures ferroviaires a nécessité l'arrachage des arbres dans un couloir pouvant atteindre 100 m de large (emprise = 35 m + 4 fois la hauteur de l'ouvrage) et la construction d'un remblai atteignant 15 m de haut (à l'est de la zone d'étude) (fig. 1). Cet aménagement modifie l'équilibre climatique créé par le réseau de haies brise-vent, en particulier par temps de mistral.

* UMR 2170 du CNRS, Labo. Géographie des milieux anthropisés, Univ. Sciences et Technologies de Lille, 59655 Villeneuve-d'Ascq. quenol@hotmail.com

** UMR 8504 Géographie-Ctés, 13 rue du Four, 75006 Paris - Institut de Géographie, UFR Sciences géographiques et de l'Aménagement, Univ. Provence (Aix-Marseille I), 29 av. R. Schuman, 13621 Aix-en-Provence cedex

*** UMR 8586 du CNRS (PRODIG), Équipe Dynamique des milieux et risques, Université Denis Diderot (C.C. 7001), 2 place Jussieu, 75251 Paris cedex 05. beltrando@paris7.jussieu.fr

Dans cette région, entre Alpilles et Lubéron, le mistral s'écoule, près de la surface, du NO au SE (similaire à l'axe de la LGV) et il est canalisé par le remblai. Cela engendre des turbulences et une accélération locale du vent dans l'emprise ferroviaire. Ces modifications climatiques d'échelle « microlocale » peuvent occasionner des dommages qualitatifs (fruits boisés) qui provoquent des préjudices économiques non négligeables, en particulier pour les petites exploitations près de la LGV.

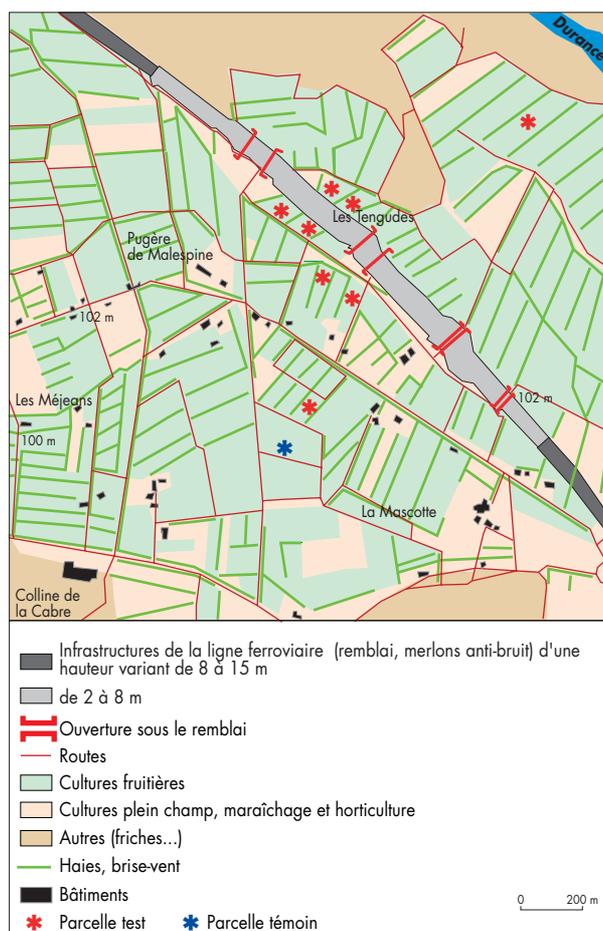
L'objectif de cette étude est de déterminer et de cartographier, d'une part, les secteurs arboricoles protégés des vents forts par les haies brise-vent et, d'autre part, ceux où les risques liés aux effets mécaniques du vent (fruits abîmés ou arrachés) sont accentués par la LGV.

Méthode de recherche et données

La démarche consiste à observer l'écoulement du mistral, sur le site initial (sans remblai), puis après la construction de l'ouvrage (mise en place du remblai en 1997) de manière à établir une différence entre les deux états. L'expérimentation se déroule en trois phases : dans un premier temps, des mesures du vent (vitesse, direction) sont réalisées afin d'étudier l'écoulement du mistral aux échelles fines ; ensuite, une observation de l'aspect qualitatif des fruits est effectuée pour valider les mesures aérologiques ; enfin, les résultats issus de ces mesures ponctuelles sont spatialisés sur l'ensemble du site expérimental par l'intermédiaire d'un système d'information géographique (SIG).

La zone d'étude s'étend sur un rectangle d'environ 550 ha (dont 280 ha d'arboriculture) entre les communes de Mallemort et Sénas (fig. 1). Le remblai et les merlons anti-bruit ont une hauteur variant entre 2 et 15 m. Les couloirs, de part et d'autre des ouvrages ferroviaires, ont une largeur inférieure à 20 m. Huit parcelles tests et une parcelle témoin (sans haie brise-vent, fig. 1) ont été choisies afin d'effectuer les mesures micrométéorologiques et les observations agronomiques.

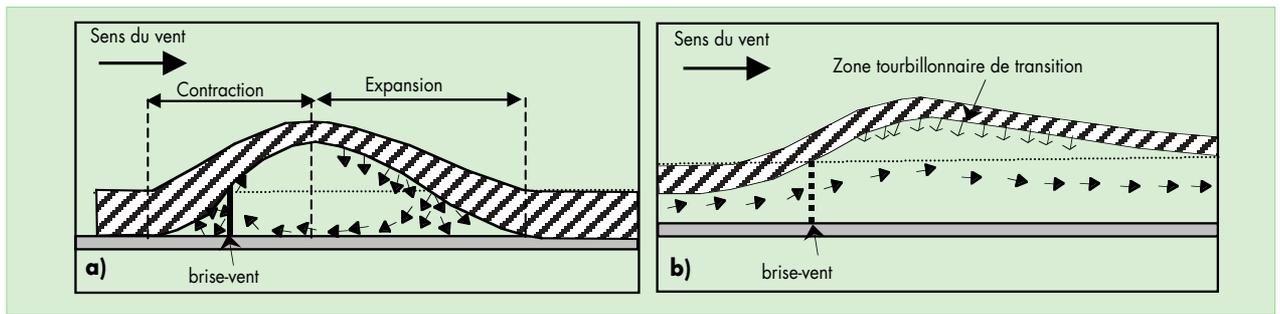
Neuf girouettes et trois anémomètres à coupelles reliées à des stations d'acquisitions (Smart Reader et Tinyvolt) permettent d'enregistrer la vitesse et la direction du vent simultanément sur plusieurs postes et suivant un pas de temps prédéfini (quelques secondes à une minute). Des mesures itinérantes (instantanées) sont également réalisées



1. Occupation du sol et topographie du secteur d'étude (état de mars 1999)

avec une station météorologique portable (Testo) munie d'un anémomètre à hélice et d'une girouette. Les mesures simultanées et itinérantes sont réalisées à une hauteur de 3,5 m (hauteur maximale des arbres fruitiers).

Sur le site initial (avant construction de la LGV), des mesures de la vitesse et de la direction du mistral en amont et en aval des haies brise-vent sont réalisées afin de déterminer leur aire de protection en fonction des caractéristiques de la haie. L'effet d'une haie sur le comportement du vent varie fortement suivant sa perméabilité. De fortes turbulences sont observées sous le vent d'obstacles peu poreux comme les haies imperméables (fig. 2). Inversement, dans le cas d'un obstacle poreux (haies perméables), seule la vitesse du vent est diminuée et les turbulences sont limitées au vent et sous le vent de l'obstacle (Castaner, 1984 ; Gandemer, 1985 ; Argent, 1992 ; Geiger, 1995 ; Guyot, 1997). La hauteur



2. Représentation schématique de l'effet d'un brise-vent imperméable (a) et d'un brise-vent perméable (b) sur l'écoulement de l'air (d'après Guyot, 1983)

du brise-vent joue également un rôle important dans la protection des cultures. Plus un brise-vent est haut et plus la section contractée est déplacée vers le haut.

Sur l'aire d'étude, deux grands types de haies sont présentés : les feuillus et les résineux. Les feuillus (essentiellement des peupliers), plus perméables (environ 30-40% de trous en période où les arbres ont des feuilles), permettent d'atténuer la vitesse du vent sur une grande distance horizontale ; par contre, les résineux, plus imperméables (moins de 10% de trous), assurent une plus forte réduction de la vitesse, mais sur une distance horizontale plus limitée. Sur chaque parcelle test, les girouettes reliées en réseau sont disposées de façon à couvrir l'ensemble de la parcelle. Les anémomètres enregistrent la vitesse du vent à différentes distances de la haie. Une girouette et un anémomètre sont également disposés sur un poste témoin situé dans un secteur dégagé (entre 50 et 200 m à l'ouest des parcelles tests). Vingt-six campagnes de mesures aérologiques en aval des haies brise-vent ont été effectuées entre 1997 et 2000 (lors des périodes où la vitesse moyenne du mistral relevée à Marignane était supérieure à 10 m/s).

Après la construction du remblai, ce protocole de mesures a été appliqué aux 4 parcelles situées à proximité de la LGV afin de déterminer l'impact de l'obstacle ferroviaire sur l'écoulement du mistral. Des mesures instantanées ont également été réalisées avec la station météorologique portable afin de couvrir un maximum d'espace entre l'emprise ferroviaire et les parcelles avoisinantes. Quinze campagnes de mesures ont été effectuées sur les 4 parcelles (2 haies de cyprès et 2 haies de peupliers) limitrophes de la LGV.

Afin de valider les résultats des mesures aérologiques et d'observer l'influence du vent sur la qualité des fruits, des

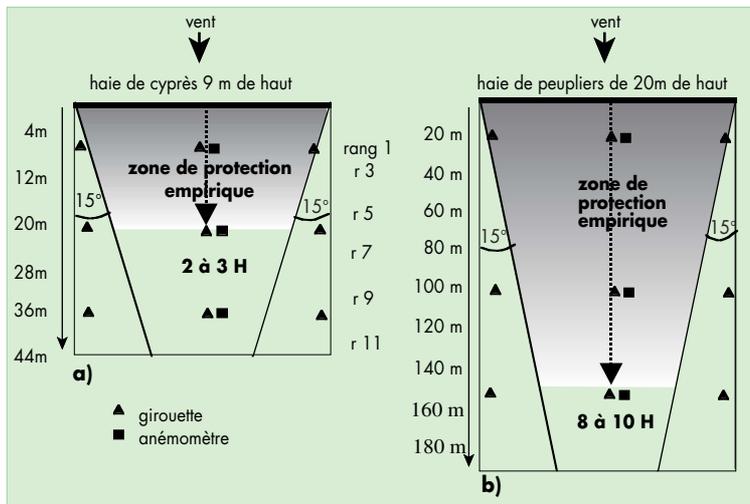
contrôles sur fruits sont effectués sur des parcelles protégées par des haies perméables et imperméables (exemples non présentés ici) ainsi que sur une parcelle à proximité de la LGV. Après avoir déterminé les rangées d'arbres fruitiers tests, l'aspect de tous les fruits est analysé. Le rapport entre les fruits abîmés et les fruits sains permet d'estimer les secteurs à risque pour les cultures fruitières.

La spatialisé des résultats issus des mesures expérimentales ponctuelles est réalisée avec l'aide d'un SIG. Les méthodes les plus prometteuses de cartographie à échelle fine reposent sur une interpolation supervisée des mesures localisées entre les paramètres climatiques mesurés et des descripteurs quantifiés de l'état de surface (Kergomard *et al.*, 2002). Le SIG offre la possibilité de mettre en relation des informations de nature différente (ex : occupation du sol, relief, variable météorologique...) et semble être l'outil approprié pour ce type de modélisation spatiale.

La modélisation des zones d'abri en aval des haies brise-vent et des zones où l'écoulement du vent est perturbé par le remblai nécessite plusieurs informations et plusieurs traitements : les coordonnées géographiques X, Y des haies ; la perméabilité et la hauteur des haies ; la position des infrastructures ferroviaires ; la direction générale du vent. En fonction de ces éléments et des distances de protection définies par les mesures météorologiques, les zones d'abri et les zones à risque pour les fruitiers sont modélisées, par l'intermédiaire d'objets vectoriels surfaciques.

Résultats

Mesures aérologiques.— Les mesures aérologiques en aval d'une haie imperméable (cyprès) montrent un secteur d'une distance d'environ 2 à 3 fois la hauteur de la haie (1) où les



3. Schéma de protection empirique en aval d'une haie imperméable (a) et perméable (b)

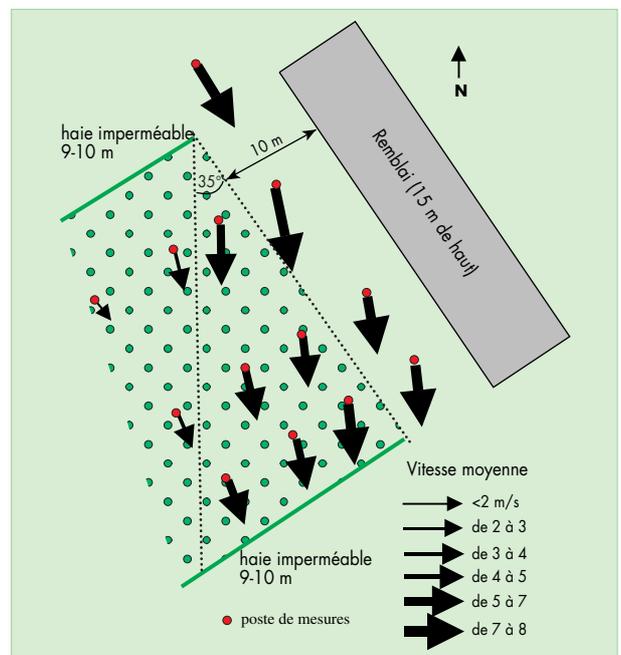
turbulences (mesurées ici par la rotation des girouettes) (2) et la vitesse du vent (réduction de la vitesse d'au moins 50%) sont fortement limitées. Latéralement, les bords de parcelles subissent des turbulences sensibles sur un secteur triangulaire dont le point partant de l'extrémité de la haie à un angle d'environ 15° (fig. 3a). En aval d'une haie perméable de peupliers, le vent est moins ralenti (par rapport aux haies imperméables) mais les turbulences sont très faibles sur une longue distance. Toutefois, des turbulences latérales sont également observées à chaque extrémité des haies. La distance sur laquelle le vent est ralenti d'au moins 50% est d'environ 8 à 10 fois la hauteur de la haie (fig. 3b). Les distances de protection en aval des haies ont été estimées en fonction de la réduction de la vitesse et des turbulences du mistral par rapport au poste témoin. L'ensemble des mesures a permis de réaliser une typologie du niveau de protection des haies brise-vent en fonction de leurs caractéristiques (porosité et hauteur). Les distances de protection sont inférieures à celles publiées dans la bibliographie. Par exemple, d'après Guinaudeau (1981), Biber (1987), Bazin (1988) et Soltner (1994), la protection d'une haie s'étend sur une distance représentant 15 à 20 fois la hauteur de la haie lorsqu'elle est perméable et jusqu'à 4 fois lorsqu'elle est imperméable. Ces différences proviennent probablement des caractéristiques du vent (régulier ou par rafales) et de la morphologie des haies des régions concernées.

À proximité de la LGV, le resserrement entre les haies (plus ou moins imperméables) et le remblai engendre une accélération de la vitesse du vent (quasi parallèle à la LGV) sur le site et

une déviation vers la parcelle en aval de la haie (fig. 4). La déviation du vent n'est pas ressentie sur toute la parcelle parce que l'effet de protection de la haie additionné à l'action de rugosité des arbres fruitiers est toujours présent (Guyot, 1983).

L'accélération et la déviation du vent s'expliquent par le rapport entre la hauteur des obstacles (haies, remblai) et la largeur du couloir qui est inférieure à 2H. Cette situation est comparable à celle que l'on rencontre dans les rues d'une ville lorsque le vent s'engouffre dans les ouvertures entre les bâtiments (Gandemer, 1991). Nous estimons que le vent est dévié vers la parcelle suivant un angle d'environ 35 degrés formant schématiquement une zone triangulaire où l'écoulement turbulent pourrait s'avérer néfaste pour la qualité des fruits. Sur l'aire d'étude, ces tourbillons sont perceptibles jusqu'à la prochaine haie brise-vent (entre 70 et 100 m).

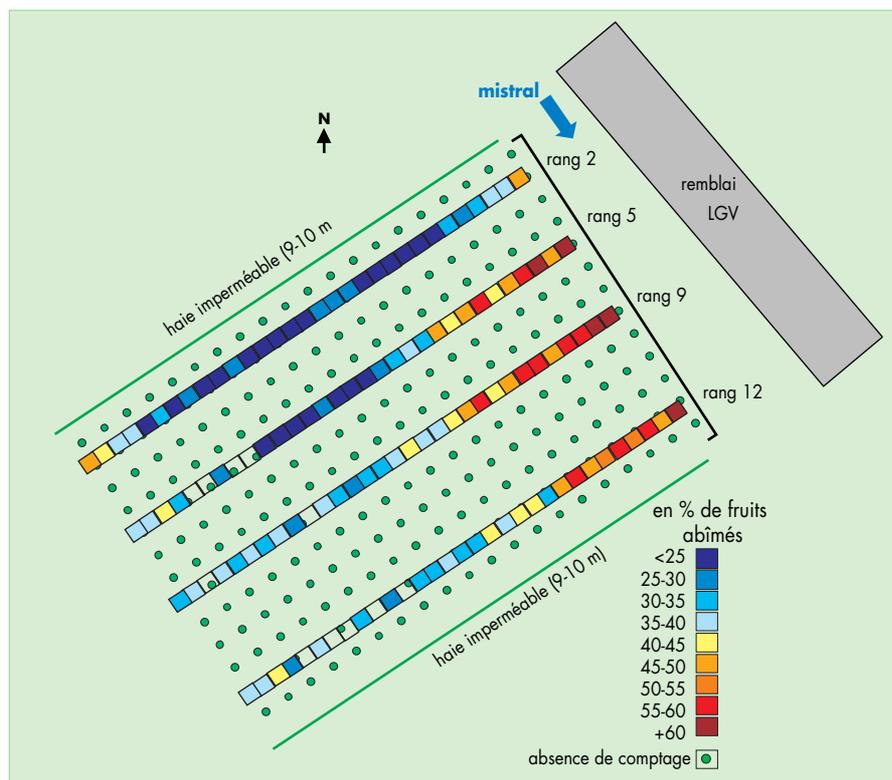
Observation des fruits.— Les mesures météorologiques (direction et vitesse du vent) indiquent que le vent est relativement puissant et turbulent à proximité du remblai de la LGV, mais rien ne permet d'affirmer que les dommages



4. Écoulement du mistral aux abords du remblai de la LGV (mesures réalisées le 15 avril 1997 entre 12h00 et 15h00)

pour les cultures sont plus importants. L'observation des fruits de chaque arbre sur une parcelle en bordure d'emprise montre clairement l'impact de la LGV sur l'écoulement du mistral et les répercussions sur la qualité des fruits. Tous les fruits de 113 arbres répartis sur 4 rangs (rang 2, 5, 9 et 12) en aval d'une haie imperméable (10 m de haut) sont observés visuellement au moment de la récolte (Quénol, 2002). La forte part de fruits abîmés (boisement dû aux frottements contre les feuilles, coups contre les branches et le palissage) correspond bien au secteur triangulaire déterminé par les mesures météorologiques (fig. 5). Par conséquent, les résultats de cette expérimentation peuvent valider les estimations météorologiques (ex : secteur protégé en aval des haies perméables et imperméables) et surtout pour déterminer les secteurs arboricoles où le risque est accentué par la LGV.

Spatialisation des données par SIG.— Pour délimiter la surface d'abri en aval de chaque haie, une méthode consistant à combiner des calculs vectoriels est utilisée (fig. 7a et b). Les zones de protection déterminées de façon empirique suivant la porosité et la hauteur des haies sont calculées en fonction de la position de la haie par rapport à la direction du vent (la direction nord-ouest correspond à 292,5°). Disposant de la position géographique des haies brise-vent, la surface de protection en aval de la haie peut être construite en projetant, sur une distance correspondant aux résultats des mesures météorologiques (distance représentant 8 fois la hauteur de la haie si celle-ci est perméable et 2,5 fois si elle est imperméable), le vecteur mistral (avec un angle de plus ou moins 15°) à partir des extrémités de la haie. La zone d'abri est représentée par un trapèze dont la base correspond à la haie. La modélisation des zones d'abri « efficaces » en aval des haies brise-vent sur la zone d'étude représente 125 ha d'une surface cultivée en arbres fruitiers d'environ 280 ha



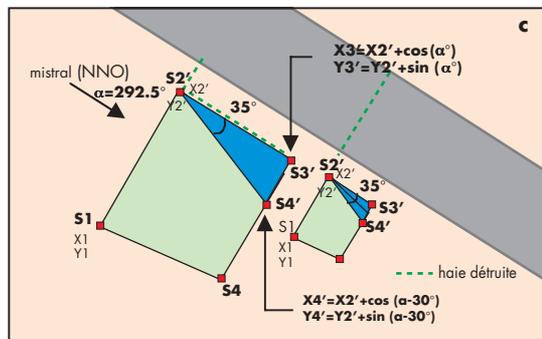
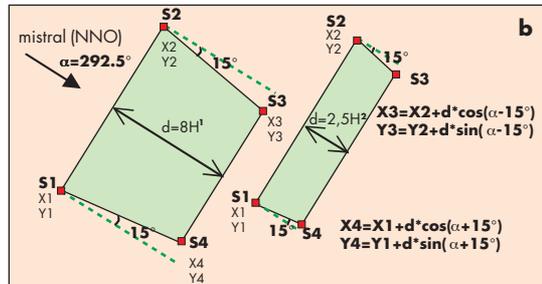
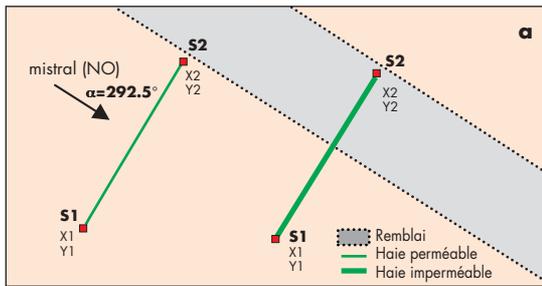
5. Répartition schématique des dommages issus des effets mécaniques du mistral sur une parcelle de pommiers Early Gold à proximité de la LGV (contrôle réalisé le 17 août 1999)

(fig. 7). La totalité des parcelles fruitières n'est donc pas comprise dans les zones de protection « efficace ».

La modélisation spatiale des portions d'espace agricole où le risque anémométrique est accentué par le remblai de la LGV est réalisée suivant le même principe. En fonction du vecteur vent et de l'extrémité de la haie proche du remblai, le triangle empirique de 35° (déterminé par les mesures) est modélisé pour l'ensemble des parcelles arboricoles bordant le remblai (fig. 6c). Dans le SIG, la superposition de la couche représentant les zones triangulaires (turbulences) avec la zone de protection en aval de chaque haie, permet de définir une surface d'environ 12 ha où le risque supplémentaire de dégâts pour la production fruitière pourra être amplifié par les infrastructures ferroviaires (fig. 7).

Conclusion et discussion

La modélisation spatiale des aires protégées des effets néfastes du mistral sur les arbres fruitiers a montré que, avant l'implantation de la LGV du TGV Méditerranée, le



■ Zone d'abri en aval de la haie par rapport à la direction du vent
■ Zone de turbulences ■ Remblai

Les coordonnées S1 et S2 des segments de chaque haie sont extraits de la base de données (a). L'application d'un vecteur vent (caractérisé par un angle de 292,5°) permet de calculer les coordonnées de la zone protégée. Soit une haie dont les extrémités sont nommées S1: (X1,Y1) et S2 : (X2,Y2), la distance de protection en aval de la haie est fixée en fonction de la porosité et de la hauteur de la haie. La zone calme est représentée par un trapèze S1, S2, S3 et S4 dont la base correspond à la haie, et dont la hauteur est fonction de la direction du vent et du coefficient attribué à la haie (2,5H, 1,5H ou 8H). Pour obtenir les coordonnées manquantes du trapèze (S3 et S4), le vecteur vent est projeté (avec un angle de plus ou moins 15°) à partir des extrémités de la haie (b). En fonction du vecteur vent et de l'extrémité de la haie proche de la LGV, le triangle empirique (avec un angle de 35°) représentant le secteur où le risque est accentué par la LGV est modélisé pour l'ensemble des parcelles arboricoles bordant la LGV (c).

1 d=8h si la haie est perméable
 2 d=2,5h si la haie est imperméable

6. Méthode pour la modélisation du mistral aux abords des haies brise-vent avant et après l'implantation du remblai ferroviaire. a) schéma de localisation des haies et du remblai ; b) modélisation de la zone d'abri en aval des haies brise-vent ; c) modélisation des zones de turbulences consécutives à la destruction des haies et à la construction du remblai

niveau de protection en aval des haies brise-vent était variable d'une parcelle à l'autre. L'implantation du remblai ferroviaire a entraîné ponctuellement une modification de l'écoulement du mistral à proximité de la ligne qui se traduit par la présence de tourbillons à l'origine de dommages qualitatifs et quantitatifs supplémentaires sur les fruits. Mais la surface concernée par cette modification du vent est relativement réduite et morcelée sur plusieurs exploitations.

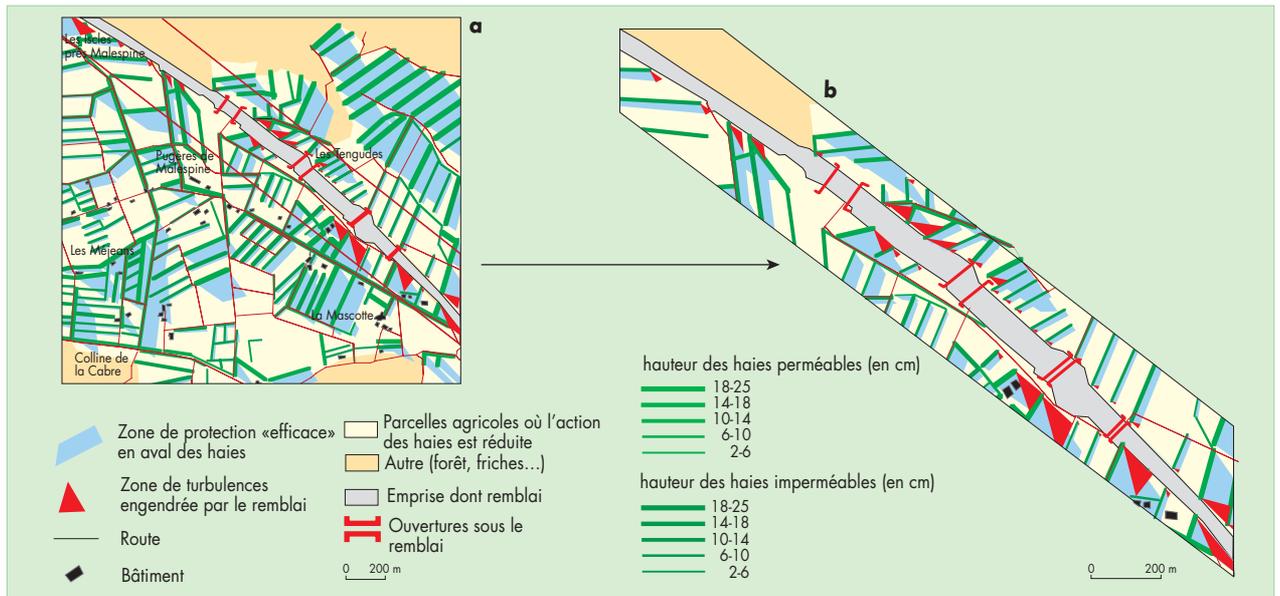
Il n'y a pas eu, sur le secteur, d'aménagement spécifique pour réduire les effets de ce phénomène: la plantation de haies brise-vent parallèles au remblai entraînerait une perte complémentaire de terres agricoles et l'ombre portée par ces arbres serait une gêne supplémentaire.

Des mesures compensatoires n'ont pas été demandées car les quelques agriculteurs, *a priori* les plus concernés par ce problème (et les plus militants) ont finalement quitté la commune après avoir négocié leur départ avec le maître d'ouvrage (RFF). D'autres parcelles à la périphérie de la LGV ont été mises en vente par des exploitants approchant de l'âge de la retraite qui n'envisageaient pas de vivre près d'un remblai imposant (Quénol et Beltrando, 1999). Toutes ces parcelles libérées ont été achetées par des arboriculteurs qui ont ainsi étendu leur exploitation. Ces agriculteurs ont obtenu de RFF d'autres aménagements (irrigation en particulier) et les conséquences de ce phénomène lié au vent ont été jugées peu importantes.

On peut donc se demander, *a fortiori*, en quoi des campagnes de mesures et un travail en laboratoire (modélisation spatiale) aussi lourds sont utiles, d'autant plus que les résultats peuvent paraître assez évidents pour les agriculteurs. Au début des phases de négociation, il est difficile d'avoir un bilan des risques potentiels que pourrait induire un remblai; les uns cherchant à minimiser ce risque (voire à ignorer son existence), les autres, à l'opposé, indiquant qu'il est élevé. Dans ce contexte, une telle étude permet d'avoir à un coût relativement faible — par rapport au coût des aménagements et du foncier — une idée relativement rationnelle de l'ampleur d'un phénomène qui peut être à l'origine de conflits entre les agriculteurs et le maître d'œuvre.

Remerciements

Cette étude a été financée par Réseau Ferré de France (mission TGV Méditerranée) avec le soutien de la Chambre d'Agriculture des Bouches-du-Rhône. Nous tenons à remercier pour leur aide,



7. Modélisation spatiale des secteurs agricoles où l'écoulement du mistral est modifié par les haies brise-vent (a) et les infrastructures de la LGV (b)

MM. Max Lefèvre (service foncier de la Chambre d'Agriculture des Bouches-du-Rhône), Pierre Lémery (responsable du service foncier de la Mission TGV Méditerranée) et Pierre Chabert (président de la Station expérimentale arboricole de la Pugère).

- (1) L'efficacité des haies se quantifie en longueur d'espace protégé, mesurée en nombre de fois la hauteur du brise-vent.
- (2) La fluctuation de la direction du vent enregistrée par les girouettes donne une approche très grossière de la turbulence, mais nous ne disposons pas de matériel approprié à ce type de mesure.

Bibliographie

ARGENT R.M., 1992. «The influence of a plant canopy on shelter effect». *Jour. of Wind Eng. and Ind. Aero.*, 41-44, 2643-2653.

BAZIN J., 1988. «Des haies et brise-vent naturels». *Encyclopédie des Techniques Agricoles*, 1175, 3-6.

BIBER J.-P., 1987. «Brise-vent». *Encyclopédie des Techniques Agricoles*, 1173, 21-23.

CASTANER D., 1984. «Les brise-vent: leurs modes de fonctionnement, leurs effets sur les cultures». *Institut pour le Développement Forestier*, 1-8.

GADE D., 1978. «Windbreaks in the lower Rhone Valley». *The Geographical Review*, 68, 127-144.

GANDEMER J., 1985. «Écoulements et charges induits par le vent sur les bâtiments: application aux capteurs solaires». *CSTB*, 2045, 1-31.

GANDEMER J., 1991. *Intégration du phénomène vent dans la conception du milieu bâti*. Paris: Min. de l'Équipement, 125 p.

GEIGER R., 1995. «Artificial protection against wind», in GEIGER R., ARON R.H., TODHUNTER P.A., *The Climate near the ground*, Lanham, MD: Rowman & Littlefield, p. 431-497.

GUINAUDEAU C., 1981. «Guide des haies brise-vent et bandes boisées». *Institut pour le Développement Forestier*, p. 15-20.

GUYOT G., 1983. «Action du vent sur la production fruitière». *Le Fruit belge*, n° 404, p. 357-368.

GUYOT G., 1991. «Les effets microclimatiques des brise-vent et des aménagements régionaux». *Encyclopédie des Techniques Agricoles*, 1170, 1-27.

GUYOT G., 1997. *Climatologie de l'environnement*. Paris: Masson, 505 p.

GUYOT G., SEGUIN B., 1976. *Climat et aménagement en pays de bocage*. Rapport de fin de contrat d'étude. Montfavet: INRA, station de bioclimatologie de Montfavet, 767 p.

KERGOMARD C., BIGOT S., CHARABI Y., LERICHE P., 2002. «Climat urbain et qualité de l'air: approches géographiques et collaborations pluridisciplinaires». *Bulletin de l'Association de géographes français*, n° 4, p. 462-473.

MAZERAND A., 1969. «Brise-vent et opération de remembrement en pays de bocage». *Revue du Génie rural*, p. 7-12.

QUÉNOL H., 2002. *Climatologie appliquée aux échelles spatiales fines: influence des haies brise-vent et d'un remblai ferroviaire sur le gel printanier et l'écoulement du mistral*. Thèse de doctorat, 283 p.

QUÉNOL H., BELTRANDO G., 1999. «Modifications de l'organisation de l'espace agricole générées par l'implantation de la ligne TGV Méditerranée: le cas de la commune de Mallemort en Provence». *Hommes et Terres du Nord*, n° 4, p. 255-260.

SOLTNER D., 1994. *Planter des haies*. Angers: Sciences et Techniques Agricoles, Soltner Édition, 7^e édition, 100 p.