ÉVALUATION ET ANALYSE DE LA VARIABILITÉ SPATIALE DE LA MORTALITÉ DES CEPS DANS UN VIGNOBLE LANGUEDOCIEN À PARTIR DE PHOTOGRAPHIES AÉRIENNES À HAUTE RÉSOLUTION

ANALYSING RATE AND SPATIAL VARIABILITY OF VINESTOCK MORTALITY IN A LANGUEDOCIAN VINEYARD FROM HIGH RESOLUTION AERIAL PHOTOGRAPHS

Ph. LAGACHERIE[1], Céline COLLIN-BELLIER[1] et Nathalie GOMA-FORTIN[2]

1. UMR INRA-ENSAM Sol et Environnement, 12 place Viala, 34060 Montpellier, France
2. Chambre Départementale d'Agriculture de l'Hérault

Résumé : L'évaluation de l'extension spatiale de la mortalité des ceps à l'échelle d'une région viticole et l'identification du poids respectif de leurs différentes causes potentielles nécessite d'analyser ces phénomènes sur un nombre suffisamment important de parcelles pour représenter la variété des matériels végétaux, des types de sols et des systèmes de culture viticoles présents sur la région concernée. Nous proposons une évaluation rapide du taux de mortalité par parcelle à partir de photographies aériennes à haute résolution. Cette information est ensuite mise en relation, dans un Système d'Information Géographique, avec des cartographies pédologiques, des cartographies de pratiques viticoles et de matériel végétal afin d'analyser les poids respectifs de ces facteurs dans le phénomène étudié. L'approche est appliquée sur 4 secteurs représentatifs du vignoble de la basse vallée de la Peyne (Hérault – France) totalisant 196 parcelles viticoles et 356 ha. Les résultats obtenus montrent une fiabilité satisfaisante de l'évaluation du taux de mortalité par parcelle au moyen des photographies aériennes (RMSE = 6.5 p. cent). Ils révèlent également un état préoccupant du vignoble étudié, une forte variabilité spatiale des mortalités observées et une relation statistiquement significative avec les type de sols, et les pratiques culturales dont la signification est discutée dans le papier.

Abstract: To define the spatial extension of vineyard mortality over a region and to precise the respective contribution of its different possible causes requires to visit a sufficient number of fields in order to include the variety of vegetal material, soil types and agricultural practices which can be encountered in the studied region. To reduce the cost of these investigations, we propose to evaluate the vineyard mortality by estimating, for each field, the rate of missing vinestocks from high resolution aerial photographs. In order to identify possible causes of vineyard mortality, this information is then combined with maps of candidate factors, e.g. soil , age of vineyard, vine-variety, weeding technique, training system, by using a Geographical Information System. The proposed approach is tested over four sampling areas of 356 ha and 196 vineyard fields which are representative of the lower Peyne valley (Hérault –South of France). The main results are as follows :

- The rates of vineyard mortality are satisfactorily predicted from aerial photographs (RMSE = 6.5 p. cent),
- The average rate of vineyard mortality is high (e.g. 35 p. cent of the fields have more than 12 p. cent of death vinestocks),
- The rates of vineyard mortality are extremely variable both from a sampling area to another and from a field to another within a given sampling area.
- They seem to be more in relation with soil and agricultural practices than with age or vine-variety. Particularly, colluviosols with redoxic horizon developped on colluvion of miocene marine sediments reveal rates of vineyard mortality which are significantly higher than other soil types

Mots clés : vigne, mortalité, télédétection, système d'information géographique, Languedoc

Keywords : vine, mortality, remote sensing, Geographical Information System, Languedoc

Pour correspondance : lagache@ensam.inra.fr

J. Int. Sci. Vigne Vin, 2001, **35**, n°3, 141-148

©Vigne et Vin Publications Internationales (Bordeaux, France)

INTRODUCTION

La viticulture représente une activité économique essentielle dans le midi méditerranéen, en particulier dans l'Hérault. Depuis quelques années, les professionnels de la viticulture constatent des diminutions non maîtrisées de rendements (ARGILLIER, 1998). À l'échelle locale, est observée une recrudescence de baisses de vigueur, voire de mortalités des ceps de vigne qui a récemment amené chercheurs et professionnels à se mobiliser pour chercher les causes de ce phénomène et les moyens d'y remédier (LEGROS *et al.*, 1998).

L'expérience acquise sur des espèces végétales connaissant des problèmes similaires, pêcher (VIGOUROUX *et al.*, 1997 ; VIGOUROUX, 1999) ou lavandin (FREDEC, 1995) a montré la difficulté du travail à entreprendre, compte tenu des nombreuses causes, pathologiques, agronomiques ou pédologiques pouvant potentiellement expliquer les baisses de rendement. Dans le cas de la viticulture héraultaise, les observations de terrain sur des parcelles où des baisses de rendement avaient été signalées (ARGILLIER, 1998 ; CAUSSE, 1999) ont montré la multiplicité des facteurs en cause, certains classiquement rencontrés dans le vignoble languedocien (maladies de la vigne, inadaptation du matériel végétal au type de sol), d'autres concernant des dégradations physiques et biologiques de certains sols sous l'action des techniques d'implantation et d'entretien des vignobles (tassement de l'horizon travaillé, semelles de labour profond).

Afin d'évaluer l'ampleur du phénomène de baisse de vigueur et de mortalité des ceps de vigne et le poids respectif de ses différentes causes potentielles à l'échelle d'une région viticole, il est nécessaire de s'appuyer sur un échantillon de parcelles suffisant pour représenter la variété des matériels végétaux, des types de sols et des systèmes de culture viticoles présents sur la région concernée. Cette exigence se heurte actuellement à l'absence de méthode de surveillance du vignoble permettant d'évaluer rapidement, pour chaque parcelle, la baisse de vigueur et la mortalité des ceps. Dans ce papier, nous proposons d'effectuer cette évaluation à

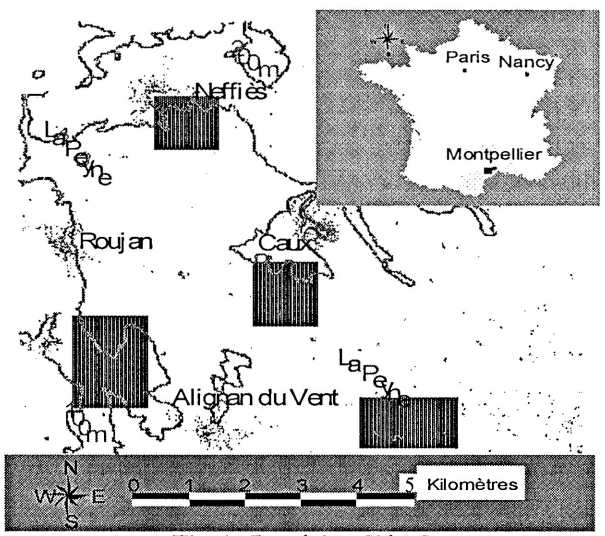


Fig. 1 - La région d'étude

The study region

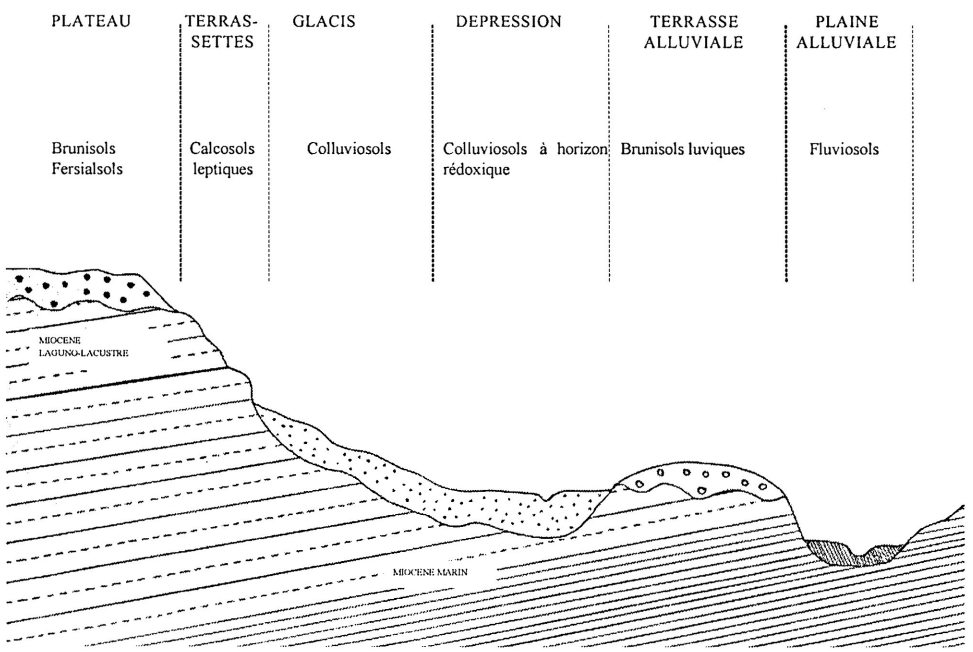


Fig. 2 - Les différentes unités géomorphologiques et pédologiques de la région d'étude

Geomorphological units and soil units of the study region

©Vigne et Vin Publications Internationales (Bordeaux, France)

partir de photographies aériennes à haute résolution puis de mettre en relation, dans un Système d'Information Géographique, cette nouvelle information avec des cartographies pédologiques, des cartographies de pratiques viticoles et de matériel végétal afin d'analyser les poids respectifs de ces facteurs dans le problème étudié. Dans un premier temps, cette évaluation ne concerne que les phénomènes de mortalités strictes matérialisés par des ceps manquants ou morts, à l'exclusion des baisses de vigueur. À titre d'essai, cette approche a été appliquée sur la basse vallée de la Peyne (Hérault-France).

MATÉRIEL ET MÉTHODES

I - LES PÉRIMÈTRES D'ÉTUDE

L'étude concerne la basse vallée de la Peyne (figure 1), région appartenant à la plaine viticole de l'Hérault. C'est une région au relief assez marqué (altitude maximale : 280 m, altitude minimale : 17,5 m), présentant une succession d'unités géomorphologiques bien différenciées qui, selon BONFILS (1993), déterminent fortement la distribution des sols dans le paysage (figure 2).

Ces sols présentent des propriétés agronomiques contrastées, principalement en terme de texture de surface (calcosols leptiques et colluviosols sur sédiments miocènes de texture sablo-limono-argileuse à limono-sablo-argileuse à sable fin vs brunisols et fersialsols d'alluvions anciennes sur plateaux caillouteux et de texture sablo-argileuse à argilo-sableuse à sables grossiers) de profondeur d'enracinement (calcosols leptiques à enracinement limité par des affleurements de grès molassiques, colluviosols à horizon rédoxique à enracinement limité par la présence de nappe, vs sols sans limitation d'enracinement) et de pH (pH alcalins pour sols sur miocène marin, neutre pour sols d'alluvions récentes, acide pour fersialsols).

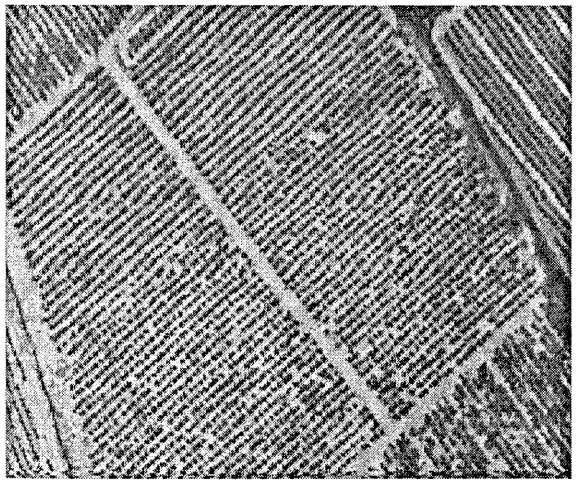


Fig. 3 - Un exemple de photographie aérienne à haute résolution utilisée pour l'évaluation du taux de mortalité sur parcelles de vigne

An example of high resolution aerial photograph used for evaluating vineyard mortality

Au sein de cette région, quatre périmètres totalisant 356 ha sur les communes de Roujan, Alignan du Vent, Pézenas, Caux et Neffiès ont été choisis comme terrain d'étude (figure 1). Très variables au niveau viticole (voir plus loin), ils couvrent également en grande partie la variété des types de sol de la région, à l'exception des fersialsols, représentés seulement par deux parcelles.

II - MÉTHODE D'ESTIMATION DU TAUX DE MORTALITÉ DES CEPS DANS LES PARCELLES PAR PHOTOGRAPHIES AÉRIENNES À HAUTE RÉSOLUTION

Les photographies aériennes utilisées (WASSENAAR, 2001) ont été prises par hélicoptère à une altitude de 1100 m avec un appareil Reflex standard équipé d'une optique de distance focale f = 35mm (diamètre de 58 mm) et une pellicule FUJICHROME PROVIA 100 PROFESSIONNEL RDP II qui est un film lumière du jour de sensibilité nominale 100 ISO. Les photographies aériennes ont été réalisées au cours de deux passages, les 29 mai et 29 juin 1998, ce qui permet d'observer les vignes respectivement aux stades repères « floraison » (stade 23) et « petit pois » à « fermeture des grappes » (stade 31 à 33) selon l'échelle d'EICHHORN et LORENZ modifiée par COOMBE (1995). Compte tenu de la résolution obtenue (0,25 m) et de la période de prise de vue choisie, ces photos permettent d'identifier potentiellement les houppiers de vigne manquants, que nous interprèterons comme le témoin de ceps morts (figure 3).

Les photographies aériennes ainsi obtenues ont été géo-référencées afin de permettre leur mise en relation avec d'autres informations géographiques recueillies sur le secteur (voir plus loin). Le géo-référençage a été effectué par triangulation à l'aide de trente points de contrôle issus de la base de données topographiques de l'IGN.

Une estimation du pourcentage de ceps morts a été réalisée sur chaque parcelle identifiée comme parcelle viticole. Afin d'éviter un travail de comptage systématique des manquants qui ne pouvait être envisagé pour un grand nombre de parcelles (entre 30 mn et 1 heure par parcelle pour un opérateur moyen), une méthode d'estimation alternative a été appliquée. Elle consiste à estimer globalement un pourcentage de manquants sur une parcelle par comparaison avec une série d'images-modèles, chaque image comportant une répar-

©Vigne et Vin Publications Internationales (Bordeaux, France)

tition de taches de superficie cumulée connue. Grâce à cette méthode, le temps nécessaire à l'estimation de ceps manquants a pu être ramené à 5 mn par parcelle, ce qui permet d'envisager raisonnablement le traitement d'un grand nombre de parcelles.

III - ACQUISITION DE DONNÉES COMPLÉMENTAIRES SUR LES PARCELLES VITICOLES

Afin d'analyser la variabilité spatiale des taux de manquants relevés selon l'approche exposée précédemment, des données sur les parcelles viticoles ont été par ailleurs recueillies. Elles concernent le matériel végétal (cépage, date de plantation), la conduite et l'entretien de la vigne (conduite en gobelet ou palissé, désherbage chimique en plein dénommé par la suite « désherbage chimique » ou désherbage mécanique sur l'interrang, chimique sur le rang, dénommé par la suite « désherbage mixte ») et le type de sol dominant.

Les données correspondant au matériel végétal ont été recueillies auprès des caves coopératives dont le bassin de collecte concerne les secteurs étudiés et des conseillers agricoles. Les données sur le mode de conduite de la vigne et le mode de désherbage ont été recueillies sur le terrain, simultanément aux prises de vue aériennes (WASSENAAR, 2001). Le type de sol a été obtenu en affectant à chaque parcelle, par croisement au sein du SIG ARC/INFO, l'unité de sol dominante de la carte au 1/100 000 (BONFILS, 1993). L'ensemble des informations ainsi recueilli est stocké et géré sous ARC/VIEW. Ce Système d'Information Géographique permet de constituer un fichier de 196 parcelles viticoles renseignées par tous les paramètres qui constitue le support aux analyses présentées ci-après.

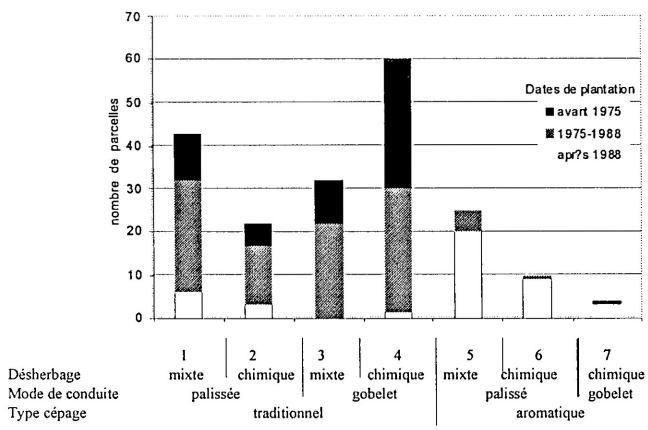


Figure 4 - Répartition des différents types de vignes (pratique de désherbage x mode de conduite x type cépage) dans le vignoble étudié

Importance of the difference types of vineyards field (weeding technique x vine training x grape variety)

RÉSULTATS

I - LE VIGNOBLE ÉTUDIÉ

Comme le révèle l'histogramme de la figure 4, le vignoble analysé présente une variabilité très importante en ce qui concerne le type de cépage, le mode de conduite et les techniques de désherbage employées. Toutes les combinaisons possibles de ces trois facteurs sont en effet représentées à l'exception d'une seule (cépage aromatique x conduite en gobelet x désherbage mixte).

Une partie importante de cette variabilité est liée à l'évolution dans le temps des systèmes de cultures viticoles sous l'influence d'une adaptation au marché viticole, en particulier à partir de 1988 (application du Projet Stratégique Agricole de Développement 1989-2000). Les vignes plantées avant 1988 correspondent en effet très majoritairement à des cépages « traditionnels » (Aramon, Carignan, Cinsaut, Grenache...), leurs modes de conduite et de désherbage restant largement diversifiés au sein du vignoble étudié. Depuis 1988, les viticulteurs se sont orientés massivement vers la plantation de cépages « aromatiques » (Syrah, Cabernet-Sauvignon, Merlot, Grenache...), appliquant un mode de conduite et des techniques de désherbage beaucoup plus homogènes (vigne palissée avec désherbage mixte dominant). Cette évolution qualitative est conforme à celle observée sur l'ensemble du département bien que son ampleur soit moins importante : 22 p. cent de vignes plantées en cépages aromatiques sur le vignoble étudié contre 32 p. cent sur l'Hérault (référence ONIVINS).

Au vu de cette analyse, deux groupes de parcelles plus homogènes que l'échantillon initial peuvent être distingués dans la perspective des analyses ultérieures :

- Groupe A : parcelles plantées avant 1988 en cépages traditionnels (146 parcelles)

- Groupe B : parcelles plantées après 1988 en cépages aromatiques (32 parcelles)

Une minorité de 24 parcelles n'est pas incluse dans les deux groupes ainsi définis. Il s'agit de situations exceptionnelles qui correspondent soit à des décisions de précurseurs en matière d'encépagement en aromatique avant 1988 (7 parcelles) soit, au contraire, à un faible encépagement en cépages traditionnels (17 parcelles) perdurant dans la période récente. Dans les deux cas, les effectifs de ces groupes sont trop faibles pour pouvoir être analysés.

II - ÉVALUATION DE LA VALIDITÉ DE L'ESTIMATION DU TAUX DE MANQUANTS PAR PARCELLE

©Vigne et Vin Publications Internationales (Bordeaux, France)

La méthode d'estimation du taux de ceps morts par parcelle présentée précédemment a été évaluée en considérant les deux types d'erreur possibles :

- une erreur de détection de la mortalité des ceps de vigne (dénommée par la suite « erreur de détection »). Cette erreur consiste à détecter un cep vivant alors qu'il est mort et vice versa. Elle est étroitement liée à la qualité de la photographie aérienne ;

- une erreur d'estimation de pourcentage de ceps morts (dénommée par la suite « erreur de comptage »). Cette erreur est liée à l'aptitude de l'opérateur à approcher, par comparaison avec les images-modèle, le vrai pourcentage qu'il aurait obtenu s'il avait pu faire des comptages systématiques.

L'erreur de détection a été évaluée sur 15 parcelles représentant au total 30 000 ceps de vignes. Pour cela, une vérification des ceps morts a été réalisée sur les parcelles et comparée à la perception photographique. Nous avons tenu compte de l'anachronisme entre les prises de vue (mai 1998) et la perception terrain (mars 2000) (ex. : un cep replanté en 2000 a été considéré comme remplaçant un mort en 1998). Nous avons exprimé l'erreur en différences de pourcentages de manquants par parcelles, résumées sur les 15 parcelles par la racine carrée de l'erreur quadratique moyenne (R.E.Q.M., racine carrée de la moyenne des carrés des différences) et un biais (moyenne des différences).

L'erreur de comptage a été réalisée sur 20 parcelles qui ont fait l'objet de comptages systématiques sur photographies. Les différences avec les estimations globales réalisées à l'aide des images-modèles ont été résumées selon les mêmes variables que précédemment.

Ces résultats sont présentés dans le tableau I. Ils révèlent que les deux erreurs sont faibles et de même ordre de grandeur. Malgré ceci, il est à noter des biais non négligeables qui conduisent à surestimer légèrement les phénomènes de mortalité. Moyennant l'hypothèse selon laquelle l'erreur de détection et l'erreur de comptage seraient additives et indépendantes, il est plausible de déduire analytiquement la racine carrée de l'erreur quadratique moyenne résultante (BURROUGH, 1986) comme la racine carrée de la somme des deux erreurs quadratiques moyennes, soit 6.5 p. cent.

Tableau I - Erreurs des estimations des taux de mortalité

Errors of mortality rate estimation.

	REQM (%)	Biais (%)
Erreur de détection	4,4	3,2
Erreur de comptage	4,8	3,2

REQM : racine carrée de l'erreur quadratique moyenne
REQM : root mean square error

À l'évidence, la méthode testée ne permet pas d'évaluer le pourcentage de manquants selon une échelle continue au pourcent près. C'est pourquoi, en vue des analyses ultérieures, les taux de mortalité estimés ont été regroupés en trois classes de mortalité, (0-5 p. cent, 5-12 p. cent et plus de 12 p. cent) qui correspondent à des perceptions et des réponses homogènes aux problèmes de mortalité de la part des viticulteurs et des conseillers viticoles (tableau II). L'influence des deux erreurs sur une mauvaise affectation des parcelles aux classes de mortalité présentées au tableau I est faible puisque l'erreur de détection n'aurait un impact que sur 2 parcelles sur 15 alors que l'erreur de comptage n'intéresserait que 3 parcelles sur 20.

III - IMPORTANCE ET VARIABILITÉ SPATIALE DES TAUX DE MORTALITÉ

Le tableau III montre l'importance respective des différentes classes de mortalité pour l'ensemble de la zone d'étude et pour les quatre secteurs pris séparément. Il révèle un état préoccupant du vignoble puisque 58 p. cent des parcelles sont concernées par des taux de mortalité dépassant 5 et 35 p. cent avec des taux dépassant 12 p. cent. L'ensemble des secteurs est touché même s'il apparaît une variabilité importante entre

Tableau II - Taux de mortalité et perception des viticulteurs et conseillers agricoles

Appreciation of vineyard mortality rates by wine growers

Cépages	Parcelles ayant une mortalité de ...		
	0-5 %	5-12 %	12 % et plus
Traditionels	acceptable		anormale
Améliorateurs	acceptable	anormale	grave

Tableau III - Taux de mortalité estimés par photographies aériennes, globaux et par secteur d'étude

Mortality rates estimated by means of aerial photographs

Secteur	Nombre de parcelles	Taux de parcelles ayant une mortalité de		
		0-5 %	5-12 %	12 % et plus
Caux	51	59	25	16
Neffies	55	36	18	46
Pezenas	12	58	8	33
Roujan-Alignan	78	32	27	41
Total	196	42	23	35

©Vigne et Vin Publications Internationales (Bordeaux, France)

Tableau IV- Taux de mortalité par groupe de parcelles : A : vignes plantées en cépages traditionnels avant 1988, B: vignes plantées en cépages aromatiques après 1988.

Mortality rates per vineyard field group : group A : Languedoc traditional vine varieties planted before 1988, group B : aromatic vine varieties planted after 1988

Groupes de parcelles	Nombre de parcelles	Taux de parcelles ayant une mortalité de		
		0-5 %	5-12 %	12 % et +
A	146	38 %	25 %	37 %
B	32	53 %	16 %	31%

Tableau V - Degrés de dépendance entre les taux de mortalité et les différents descripteurs des parcelles appréciés au moyen d'un test du χ^2.

Statistical dependances between mortality rate and vineyard field descriptors (χ^2)

Variables	Taux de mortalité analysé sur...		
	ensemble 196 parcelles	groupe A 146 parcelles	groupe B 32 parcelles
Cépage	+	X	X
Âge	0	0	X
Conduite	++	+	0
Désherbage	+	0	0
Sol	++	++	0

X : relation sans objet (une seule modalité de la variable dans le groupe analysé) ; 0 : peu significatif (p (H_0) > 5 %) ; + : significatif (p (H_0) < 5 %) ++ : très significatif (p (H_0) < 1 %)
X : relation no studied, O : weakly significant (p(H_0) > 5 %, significant (p(H_0) < 5 %), highly significant (p(H_0) < 1 %)

eux, témoin de la variabilité spatiale de la mortalité observée sur le vignoble. Le secteur de Caux apparaît le moins touché alors qu'à l'inverse, les secteurs de Neffiès et Roujan-Alignan enregistrent les plus forts taux de mortalité.

Au vu des taux de mortalité des deux groupes de parcelles distingués précédemment, il apparaît que les parcelles récemment plantées en cépages aromatiques n'échappent pas au phénomène observé (tableau IV). Si plus de parcelles sont exemptes de mortalité supérieure à 5 p. cent, le taux de parcelles concernées par un taux de mortalité supérieur à 12 p. cent reste du même ordre que celui observé dans le groupe des parcelles anciennement plantées en cépages traditionnels (31 contre 37 p. cent).

IV - ANALYSE DES RELATIONS ENTRE TAUX DE MORTALITÉ ET CARACTÉRISTIQUES DES PARCELLES

Les mortalités observées sur le vignoble étudié ont vraisemblablement des causes multiples qu'il est impossible d'appréhender de façon exhaustive dans le cadre de cette analyse. Néanmoins, il nous est possible d'examiner les relations de dépendance qui peuvent apparaître entre taux de mortalité d'une part et les différents descripteurs qui ont été recueillis sur les parcelles analysées selon la méthode exposée précédemment: âge de la vigne, type de cépage, type de sol, mode de conduite et type de désherbage.

Une première analyse consiste à évaluer le degré de dépendance entre ces descripteurs et les classes de mortalité. Ceci est réalisé par une méthode de statistique descriptive simple basée sur l'analyse de tableaux de contingence qui permettent d'analyser les relations entre deux variables qualitatives (par exemple « classe de mortalité » et « type de sol ») en examinant les effectifs par couples de modalités de chaque variable. À partir de ces tableaux, le test du χ^2 (SNEDECOR et COCHRAN, 1957) évalue la probabilité de réalisation de l'hypothèse d'indépendance (H0) entre les deux variables analysées. Ceci nous renseigne donc sur le degré de dépendance entre les variables au vu des données disponibles. Les degrés de dépendance entre classes de mortalité et les autres descripteurs des parcelles sont présentés sur le tableau V pour l'ensemble des parcelles ainsi que pour les deux groupes de parcelles A et B précédemment distingués.

Les degrés de dépendance envisagés pour l'ensemble des parcelles révèlent que les classes de mortalité sont en relation significative avec l'ensemble des variables à l'exception notable et surprenante de l'âge des vignes. C'est le type de sol et le mode de conduite de la vigne qui présentent les relations les plus significatives, le type de sol conservant également un relation significative dans le groupe A. Les degrés de dépendance observés dans les groupes A et B sont nettement moins significatifs du fait de la diminution de la population de parcelles. Cet effet est particulièrement net pour le groupe B où un effectif de 32 parcelles ne permet pas d'obtenir de relations suffisamment significatives quel que soit le descripteur envisagé.

Afin de tester, au niveau du vignoble étudié, l'influence des facteurs de mortalités liés aux sols et aux pratiques viticoles qui ont été pressentis par les études de terrain antérieures (ARGILLIER, 1998, CAUSSE, 1999), nous avons choisi d'approfondir l'analyse sur le groupe des parcelles plantées en cépage traditionnel avant 1988 (groupe A) qui présente une plus grande homogénéité en termes de cépage et d'âge des vignes, tout en conservant des degrés de dépendance significatifs pour les trois variables concernées (sol, mode de conduite de la vigne et pratiques de désherbage). Dans la suite, ces trois facteurs sont analysés successivement au moyen de tableaux de contingence.

©Vigne et Vin Publications Internationales (Bordeaux, France)

Tableau VI - Proportion de classes de mortalité selon les différents types de sol (parcelles plantées avant 1988 en cépages traditionnels)

Variability of mortality classes with soil type (Languedoc traditional vine varieties planted before 1988)

Sol (carte au 1/100 000)	Nombre de parcelles	Taux de parcelles ayant une mortalité de ...		
		0-5%	5-12%	12% et plus
Calcosol leptique	14	36	36	28
Colluviosol	30	33	17	50
Colluviosol à horiz. rédoxique	28	21	18	61
Brunisol luvique et Fersialsol	67	45	30	25
Fluviosol	7	57	29	14
Total	146	38	25	37

Tableau VII - Proportion de classes de mortalité selon les modes de conduite de la vigne (parcelles plantées avant 1988 en cépages traditionnels)

Variability of mortality classes with vine training (Languedoc traditional vine varieties planted before 1988)

Mode de conduite	Nombre de parcelles	Taux de parcelles ayant une mortalité de...		
		0-5%	5-12%	12% et plus
Gobelet	91	31	27	42
Palissé	55	50	21	29
Total	146	38	25	37

Le tableau VI montre que la mortalité des vignes n'est pas distribuée de façon homogène selon les types de sol envisagés. Ce sont les sols développés sur sédiments marins sablo-gréseux calcaire du miocène (calcosols leptiques, colluviosols et colluviosols à horizon rédoxique) qui présentent les mortalités les plus élevées. Ce résultat confirme les analyses précédentes qui avaient identifié ces sols comme « à risque » du fait de leurs horizons de surface sensibles aux dégradations structurales (LEGROS, 1998). Cependant, au sein de ce groupe de sols, les taux de mortalités diffèrent selon les types de sols distingués par la carte au 1/100 000. Les colluviosols à horizon rédoxique présentent les taux de mortalités les plus élevés, les phénomènes d'engorgements caractérisant ces sols jouant vraisemblablement un rôle négatif tant sur les capacités d'enracinement de la vigne que sur l'impact des pratiques culturales sur ces sols.

Le tableau VII montre que les vignes palissées présentent une mortalité moindre que celles conduites en gobelet. Une hypothèse plausible pour expliquer ce fait serait que les meilleures vignes en gobelet auraient été palissées, le palissage étant le signe extérieur d'un investissement de mécanisation justifié par la bonne santé de ces parcelles. Ainsi, à l'inverse des types de sol envisagés précédemment, le mode de conduite serait plus une conséquence qu'une cause des taux de mortalité auxquels il est statistiquement lié.

Le tableau VIII révèle que les vignes désherbées sans travail du sol (désherbage chimique) présentent des taux de mortalité plus élevés. Une explication possible pourrait être une plus grande sensibilité aux stress hydriques du fait de la formation de croûtes de surface à faible infiltrabilité sur ces vignes (LÉONARD *et al.*, 1997). Cependant, le désherbage chimique étant préférentiellement lié à un mode de conduite en gobelet compte tenu de l'inaccessibilité aux outils de travail du sol que présentent certaines vignes en gobelet à forte densité de plantation (figure 4), sa dépendance observée avec la mortalité peut également s'interpréter selon l'hypothèse précédemment évoquée pour expliquer la dépendance entre mode de conduite et mortalité.

CONCLUSION

Le travail présenté dans ce papier avait pour but l'évaluation de l'importance et de la répartition spatiale des phénomènes de mortalité de vignes observés depuis quelques années dans le vignoble héraultais. Pour cela, nous avons eu recours à des photographies aériennes à haute résolution qui nous ont permis de cartographier les taux de mortalité dans les parcelles de vignes sur un ensemble de parcelles suffisamment important pour permettre une analyse statistique. La cartographie obtenue a ensuite été mise en relation, grâce à l'utilisation d'un Système d'Information Géographique, avec plusieurs facteurs pédologiques et agronomiques disponibles, ceci afin de caractéri-

Tableau VIII - Proportion de classes de mortalité selon les types de désherbages pratiqués dans les vignes (parcelles plantées avant 1988 en cépages traditionnels)

Variability of mortality classes with weeding techniques (Languedoc traditional vine varieties planted before 1988)

Désherbage	Nombre de parcelles	Taux de parcelles ayant une mortalité de ...		
		0-5%	5-12 %	12 % et plus
mixte	68	45	26	29
chimique	78	32	24	44
Total	146	38	25	37

©Vigne et Vin Publications Internationales (Bordeaux, France)

ser les situations favorisant l'apparition des mortalités. Les résultats obtenus peuvent être analysés selon deux plans complémentaires.

Sur le plan méthodologique, nous avons montré la fiabilité de la méthode de cartographie des mortalités de vigne par photographies aériennes à haute résolution. Ce résultat ouvre la possibilité d'une utilisation plus large de cette source de données pour des opérations de surveillance du vignoble. Dans cette perspective, il serait possible de réduire le temps d'interprétation des photographies aériennes par l'automatisation du comptage des houppiers manquants sur les photographies. Les travaux de télédétection permettant de distinguer sol et houppier de vigne au sein des parcelles (WASSENAAR *et al.*, 2001) constituent à cet égard une base de développement possible. Une marge de progrès importante existe également dans une meilleure discrimination des types de mortalités de vigne par le choix judicieux des périodes de prises de vues, des émulsions utilisées (ex : IRC) et la prise en compte des structures spatiales des manquants au sein des parcelles. Par ailleurs, nous avons également illustré l'intérêt d'un Système d'Information Géographique pour mettre en relation différentes informations recueillies sur les parcelles de vignes.

Sur le plan agronomique, l'interprétation des photographies aériennes a révélé un état préoccupant du vignoble étudié et ce quels que soient les types de vigne bien que des différences notables selon les secteurs d'étude envisagés aient été constatées. Les analyses statistiques ont montré que les taux de mortalité des parcelles étaient plus en relation avec les sols ou les pratiques culturales qu'avec l'âge des plantations. Ainsi les sols développés sur sédiments marins miocènes révèlent des taux de mortalité plus élevés, particulièrement dans le cas de sols hydromorphes. Les vignes conduites en gobelet et subissant un désherbage chimique sans travail du sol semblent également plus touchées. Ces dépendances statistiques constatées doivent cependant être interprétées avec prudence compte tenu de la multiplicité des facteurs interagissant dont certains n'ont pas été analysés dans cette étude (maladies de la vigne, impact des techniques d'implantation de nouvelles vignes, ré-encépagement des manquants, etc...). Ceci nécessite que soient poursuivies les études expérimentales visant à étudier l'effet respectif des sols et des pratiques viticoles sur les phénomènes de mortalité du vignoble.

Remerciements : Les auteurs tiennent à remercier les différentes personnes qui ont contribué à collecter les données utilisées dans ce papier : Tom Wassenaar (photographies aériennes et données sur les pratiques culturales), R. Calac, P. Cossat, J. Cauquil, M. Gineste et les secrétaires de mairie des communes concernées (données sur l'encépagement du vignoble). Ils remercient également William Trambouze pour la relecture du manuscrit.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ARGILLIER J.-P., 1998. Cas de dépérissement des racines profondes de vignes en sols calcaires de l'Hérault. *In La Fertilité des sols en Languedoc-Roussillon.* École Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier.

BONFILS P., 1993. *Carte pédologique au 1/100 000* ; feuille de Montpellier. SESCPF INRA.

BURROUGH P.-A., 1986. *Principles of geographical information systems for land ressources assesment.* Oxford science publication monographs on soil and ressources survey n°12.

CAUSSE C., 1999. Impact des pratiques culturales sur les sols viticoles. Étude de la commune de Montagnac. *D.E.S.S. « Ressources animales et végétales »* Université de Corse du Sud, 30 p.

COOMBE, B.G., 1995. Adoption of a system for identifying grapevine growth stages. *Aust. J. Grape Wine Res.*, **1**, 100-110.

FREDEC, 1995. Programme coordonné de recherche sur les dépérissements des lavandes et lavandins. *C.R. 1994*, ITEIPMAI. Avignon.

LEGROS J.-P., ARGILLIER J.P., CALLOT G., CARBONNEAU A. et CHAMPAGNOL F., 1998. Les sols viticoles du Languedoc : un état préoccupant. *Progrès Agric. Vitic.*, **13-14**, p.296-298.

LEONARD, J. et ANDRIEUX P., 1998. Infiltration characteristics of soils in Mediterranean vineyards in Southern France. *Catena*, **32**, 209-223.

SNEDECOR G.W. et COCHRAN W, 1957. *Méthodes statistiques*. Association de Coordination Technique Agricole, Paris, 649 p.

VIGOUROUX A., BUSSI C., CHALVON V. et GIRARD T., 1997. Bactérioses du pêcher et de l'abricotier. Influence combinée du froid et du sol. *Arboriculture Fruitière*, **511**, 35-40.

VIGOUROUX A., 1999. *Bacterial canker of peach: effect of tree winter water content on the spread of infection through frost-related water soaking in stems.* Blackwell Wissenschfts-Verlag, Berlin, p. 553-559.

WASSENAAR, 2001. Reconnaissance des états de surface du sol en milieu viticole méditerranéen par télédétection à très haute résolution spatiale. *Thèse de Doctorat.* Ecole Nationale Supérieure agronomique de Montpellier, 227 p.

manuscrit reçu le 30 mai 2001 ;
accepté pour publication le 12 juillet 2001

©Vigne et Vin Publications Internationales (Bordeaux, France)