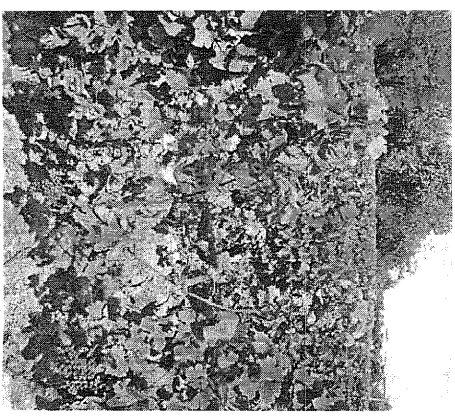


Technique

L'écophysiologie de la vigne

MIEUX COMPRENDRE LES MALADIES DE DÉPÉRISSEMENT

Les maladies de dépérissement de la vigne comme l'Esca et Black Dead Arm engendrent une mort prématurée des ceps et peuvent conduire à un renouvellement des plants qui peut atteindre 10% par an. Ces maladies sont associées à la présence de différénts champignons qui dégradent les tissus ligneux. Depuis le retrait de l'arsénite de sodium en 2001, aucun traitement n'est disponible. Les connaissances sur la biologie et l'épidémiologie de bio-agresseurs sont actuellement insuffisantes pour mettre au point des méthodes de lutte. Ces maladies représentent donc une lourde menace pour les viticulteurs.



Cep de vigne atteint par le BDA



Cep de vigne atteint par l'Esca

Face à cette problématique, l'INRA a organisé un colloque en juillet 2003, en association avec le CIVB et l'IVV. L'objectif de cette réunion était de faire le point sur les connaissances de ces maladies dans un contexte plus large (maladies des ligneux), de définir les pistes les plus prometteuses et prioritaires, et d'établir la stratégie de lutte à appliquer au vignoble pour maîtriser ces maladies. A l'issue de ces débats, différentes pistes de recherche ont été définies et deux axes prioritaires ont été privilégiés : une enquête épidémiologique exhaustive et l'étude de l'impact de la conduite des cultures sur le développement des maladies de dépérissement. En effet, au-delà de l'identification et de la connaissance des différents bio-agresseurs impliqués, les maladies de dépérissement font intervenir l'aptitude de la plante à répondre à l'agression. Le complexe de champignons associés au syndrome de dépérissement est présent de façon très générale au vignoble ; par contre, l'expression des symptômes est variable en fonction du contexte écophysiologique (effet parcelle, effet année...).

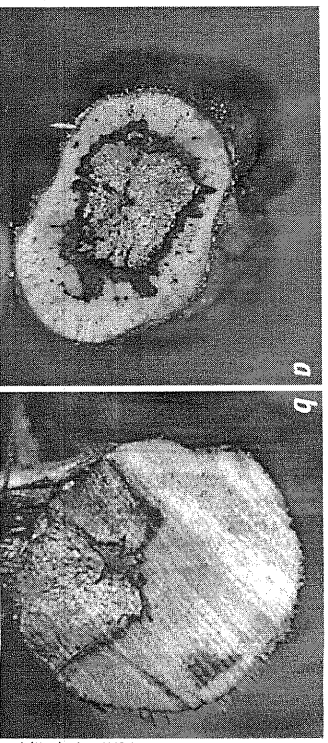
De ce constat, et afin de répondre aux deux priorités définies par l'INRA, des chercheurs de l'INRA de Bordeaux (équipe « Ecophysiologie et Agronomie Viticole » (ECAV) UMR Ecophysiologie et Génétique Fonctionnelle de la Vigne, et groupe Maladies du bois de l'équipe « Epidémiologie Végétale et Dynamique des Populations » UMR Santé Végétale) ont élaboré un programme de recherche sur l'épidémiologie de l'Esca et du BDA, en relation avec les facteurs écophysiologiques

de la vigne. La recherche des facteurs environnementaux favorisant l'expression des symptômes est basée sur l'étude comparée d'un réseau de parcelles réparties sur des sols différenciés du vignoble. La finalité de ce travail est d'étudier l'éventuel impact de la conduite des cultures sur le développement des maladies de dépérissement, et d'identifier des facteurs de risques liés à cette conduite ou au contexte pédoclimatique des parcelles.

Etat des connaissances sur les maladies de dépérissement

L'Esca et le Black Dead Arm sont, avec l'Eutypiose, les principales maladies du bois observées en France. Elles sont associées à la présence de différents champignons capables de dégrader les tissus ligneux. Parmi les différentes espèces isolées à partir de nécroses dans le bois, six sont décrites en France, à ce jour, comme étant associées à ces syndromes : *Phaeoannellia chlamydospora*, *Phaeoacremonium aleophilum*, *Eutypa lata*, *Fomitiporia mediterranea*, *Botryosphaeria obtusa* et *Botryosphaeria dothidea*. Ces maladies s'expriment au niveau du bois par la formation de nécroses centrales ou sectorielles (cf. figure 1) et au niveau foliaire par des décolorations et des dessèchements (cf. figure 2).

Figure 1 : Symptômes sur bois : (a) cas d'une nécrose centrale (b) cas d'une nécrose sectorielle

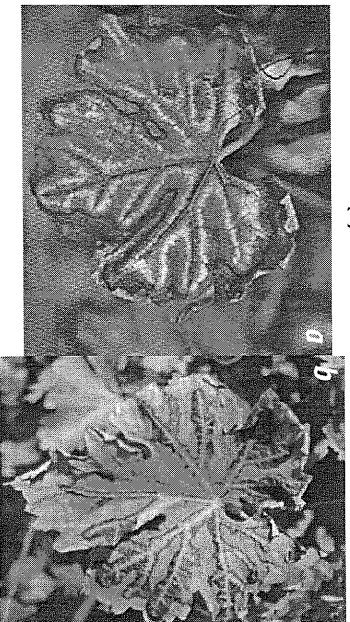


crédit photo : INRA

crédit photo : I. Pascoo, CRVC, Australie

Deux formes de symptômes foliaires ont été décrites : une forme lente et une forme brutale dite apoplectique. La forme lente se manifeste au départ par des colorations rouges qui se développent au niveau foliaire lorsque les ceps sont atteints d'Esca ou de BDA. La différence entre les deux maladies n'est pas réellement définie, et d'ailleurs certains chercheurs s'accordent à dire qu'il n'existerait qu'une seule maladie dont l'expression varierait dans le temps. A ce jour, les rougissements liés à l'Esca se différencient de ceux liés au BDA par une teinte plus claire et la présence d'un liseré jaune limitant les digitations entre les nervures principales et secondaires (cf. figure 2). L'origine de ces colorations reste inconnue, il pourrait s'agir du résultat d'une altération des vaisseaux du bois ou de l'action de toxines produites par les champignons. Suite à ces décolorations, les parties les plus éloignées des nervures principales finissent par se dessécher.

Figure 2 : Symptômes foliaires sur cépage rouge : (a) cas de l'Esca (b) cas du BDA



crédit photo : INRA et partenaires

La forme apoplectique est caractérisée par un dessèchement brutal du cep qui se produit en été, plus particulièrement lors d'une période chaude et sèche. Ce phénomène correspond à un niveau tel d'altération des tissus conducteurs du bois que la demande transpiratoire par les parties aériennes de la plante ne peut plus être satisfaite par le flux de'eau venant des racines : la plante se dessèche brusquement.

Les symptômes foliaires sont d'autant plus difficiles à étudier qu'ils sont souvent caractérisés par des fluctuations annuelles : un cep qui exprime des symptômes foliaires une année n'en exprime pas forcément l'année qui suit.

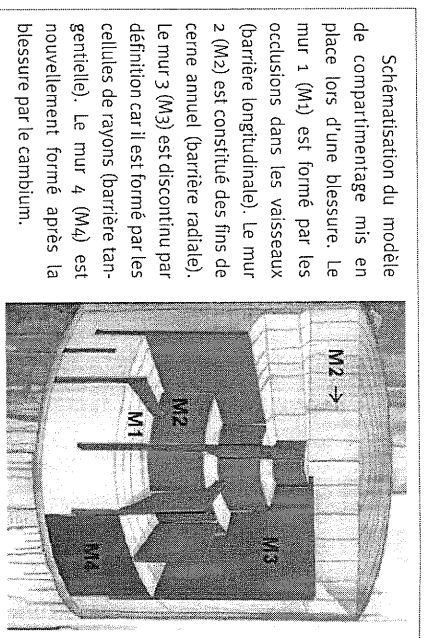
Concernant la sensibilité de la vigne à ces maladies, des différences entre cépages ont été montrées dans de nombreuses régions. Dans le Sud-Ouest de la France, il est maintenant établi qu'il existe des cépages sensibles au syndrome de l'Esca tels que l'Ugni Blanc et le Cabernet Sauvignon, et des cépages tolérants comme le Merlot et le Sémillon. Cette sensibilité aux maladies du bois liée au cépage a été vérifiée par les résultats 2003 de l'Observatoire National des Maladies du Bois (coordonné par le SRPV) qui montrent que les cépages Sauvignon, Cabernet Sauvignon, Chenin, Ugni Blanc et Auxerrois présentent les plus forts taux d'expression de maladies. En revanche, les cépages Pinot noir, Grenache et Muscat, définis comme étant moins sensibles, expriment plus faiblement les maladies.

Une sensibilité liée au porte-greffe a également été identifiée. Dans une plantation d'un cépage très sensible aux maladies du bois, les porte-greffes qui confèrent une forte vigueur ou qui peuvent être mal adaptés à un facteur limitant du sol, ont montré des taux de mortalité plus élevés.

Nous savons que la première expression de ces maladies apparaît généralement sur des vignes âgées d'environ 10-12 ans. Cependant, nous observons depuis ces 10 dernières années des symptômes foliaires sur des vignes âgées de seulement 1 à 3 ans. La majorité des ceps de vigne présentent des nécroses du bois, sans pour cela présenter systématiquement des symptômes foliaires. Les tissus de la vigne peuvent être contaminés par les champignons responsables à l'occasion de plaies (taille, épampilage, greffe, blessure...).

Pour limiter la progression de ces champignons dans le bois, la vigne met alors en place divers mécanismes de défense, comme le fait l'ensemble des végétaux à structures ligneuses pérennes (arbres, arbustes). Ces mécanismes conduisent à la formation de différentes zones de protection qui vont entourer et cloisonner la zone endommagée (Figure 3 d'après les travaux Shigo et Marx 1977). Dans le bois, ces zones sont appelées «murs» : il en existe 4 types. Les murs 1, 2 et 3 sont formés par des occlusions des vaisseaux conducteurs ou par des épaississements de tissus déjà présents au moment de l'invasion. Ces murs limitent respectivement la colonisation longitudinale, radiale et tangentielle des microorganismes. Le cambium, assise de cellules qui génèrent annuellement les vaisseaux conducteurs, forme le mur 4 qui est aussi appelé «barrière de protection». Ce mur est le plus efficace, parachevant l'isolement du bois atteint du bois sain.

Figure 3 : Schématisation du modèle CODIT, adapté de Shigo et Marx (1977).



Schématisation du modèle de compartimentage mis en place lors d'une blessure. Le mur 1 (M1) est formé par les occlusions dans les vaisseaux (barrière longitudinale). Le mur 2 (M2) est constitué des fins de cerne annuel (barrière radiale). Le mur 3 (M3) est discontinu par définition car il est formé par les cellules de rayons (barrière tangentielle). Le mur 4 (M4) est nouvellement formé après la blessure par le cambium.

Ces quatre types de barrières anatomiques s'accompagnent de la production de molécules de défense qui sont essentiellement des composés phénoliques à l'origine des colorations brunes roses au sein des nécroses. Grâce à ces mécanismes de défense, la vigne peut contenir les champignons pendant plusieurs années, avec plus ou moins de succès. Cette capacité variable de la plante à se défendre est actuellement à l'étude, grâce aux apports de l'écophysiologie.

Les recherches en cours

L'objectif des recherches qui ont débuté en 2004 consiste à identifier les facteurs climatiques et édaphiques (écologiques liés au sol), ainsi que les modes de conduite de la vigne, susceptibles de favoriser ou au contraire de freiner l'expression et la progression de l'Esca et du BDA.

Pour ce faire, un réseau de parcelles de même cépage (Cabernet-Sauvignon, cépage sensible aux maladies du bois) plantées entre 1985 et 1990, a été mis en place en 2004 dans le vignoble

Technique

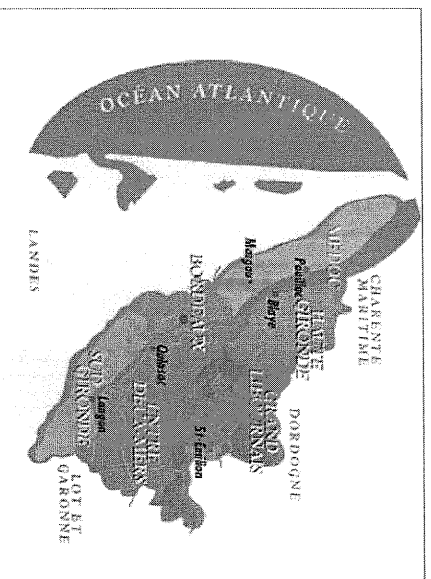
bordelais pour une durée de 3 à 5 ans. Le but est de comparer des parcelles exprimant des taux variables d'Esca et de BDA selon des indicateurs écophysiologiques permettant de caractériser les statuts hydrique, azoté et carboné, variables en fonction des parcelles et des millésimes.

Les indicateurs écophysiologiques sont évalués sur les vignes ne présentant pas de symptôme afin de connaître l'environnement climatique et édaphique de chaque parcelle. Ils sont confrontés aux mesures épiphytologiques, fréquences d'apparition de symptômes d'Esca et BDA globales, et spatialisées dans la parcelle. Cette démarche originale vise à séparer clairement les effets du milieu sur la fréquence d'apparition des symptômes, des effets des maladies sur le fonctionnement de la vigne.

Réseau de parcelles et expérimentations

Le réseau mis en place pour l'étude est composé de 22 parcelles réparties sur la quasi totalité du vignoble bordelais (cf. figure 4). Les régions représentées sont les Graves et Pessac-Léognan, l'Entre-Deux-Mers, le Grand Libournais, Saint-Emilion, les Côtes de Castillon puis le Médoc.

Figure 4 : Répartition géographique des 22 parcelles du réseau dans le vignoble bordelais.



Les trois grands types de sols de Gironde sont représentés : des sols graveleux (caractérisés par un régime hydrique plutôt limitant), des sols sablo-limoneux (caractérisés par une alimentation en eau non limitante), et des sols argilo-limoneux (caractérisés par une alimentation en eau non limitante, mais généralement irrégulière).

L'ensemble représente également diverses conditions climatiques et de culture de la Gironde.

Ce réseau a été mis en place à la suite d'un travail de prospection auprès des professionnels (viticulteurs, SRPV, Chambre d'Agriculture de la Gironde, caves coopératives...). Il nécessite un travail de coordination et un suivi rigoureux de nombreux paramètres pris en compte afin de répondre aux objectifs du programme :

- **concernant les maladies**, les notations de 2000 cepts par parcelle sont effectuées à deux reprises dans la saison estivale afin de réaliser :
 - une estimation du pourcentage de cepts exprimant des symptômes,
 - une mesure des niveaux de gravité des symptômes selon une échelle établie,
 - un suivi spatio-temporel des cepts exprimant les symptômes,
 - un repérage de cepts morts dans l'année afin de vérifier la cause de

mortalité des cepts : observation et quantification des nécroses internes et isoléments microbiologiques.

- **une description précise de la situation des parcelles** incluant des informations sur le mode de conduite, l'itinéraire technique, les mesures de prophylaxie et l'historique des maladies a été établie par une fiche d'enquête.

- **les données météorologiques des parcelles** ou à proximité des parcelles sont collectées et mises à jour à partir du réseau mis en place en Aquitaine (INRA Santé Végétale, Météo-France ou DEMETER).

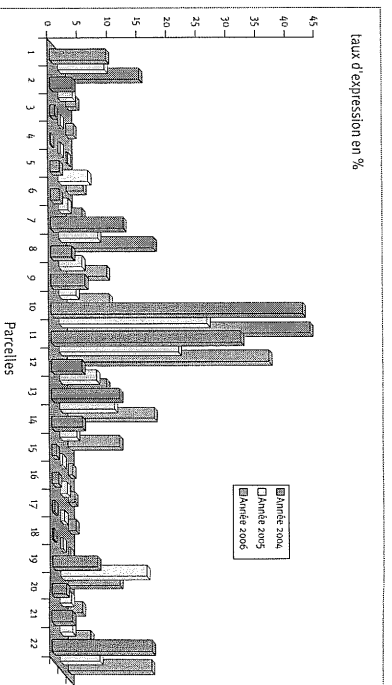
- **concernant les indicateurs écophysiologiques**, différents paramètres sont mesurés (paramètres concernant la géométrie des parcelles, la fertilité ou le rendement). Des prélèvements de sol à deux horizons, de feuilles, de bates et de bois de taille sont effectués sur chaque parcelle et différentes analyses sont réalisées : analyses pédologiques, diagnostic foliaire, analyses sur moût (azoté assimilable et D°Q) et réserves glucidiques des bois.

Grâce aux modèles écophysiologiques et autres indicateurs développés au sein de l'équipe ECAY, l'ensemble des mesures effectuées sur chaque parcelle permet de caractériser les statuts hydrique, azoté et carboné de la vigne.

Etude des taux d'expression de maladies

Concernant les taux d'expression d'Esca et de BDA, tous les cepts exprimant des symptômes, sans distinction du niveau de sévérité (symptômes sur un bras ou deux, faibles ou forts) ont été pris en compte pour calculer les pourcentages (cf. figure 5).

Figure 5 : Taux d'expression annuels d'Esca et de BDA sur les 22 parcelles du réseau, classement par localisation : 1 à 8 Graves et Pessac-Léognan ; 9 Entre-Deux-Mers ; 10 à 13 Grand Libournais ; 14 à 18 Saint-Emilion et les Côtes de Castillon ; 19 à 22 Le Médoc.



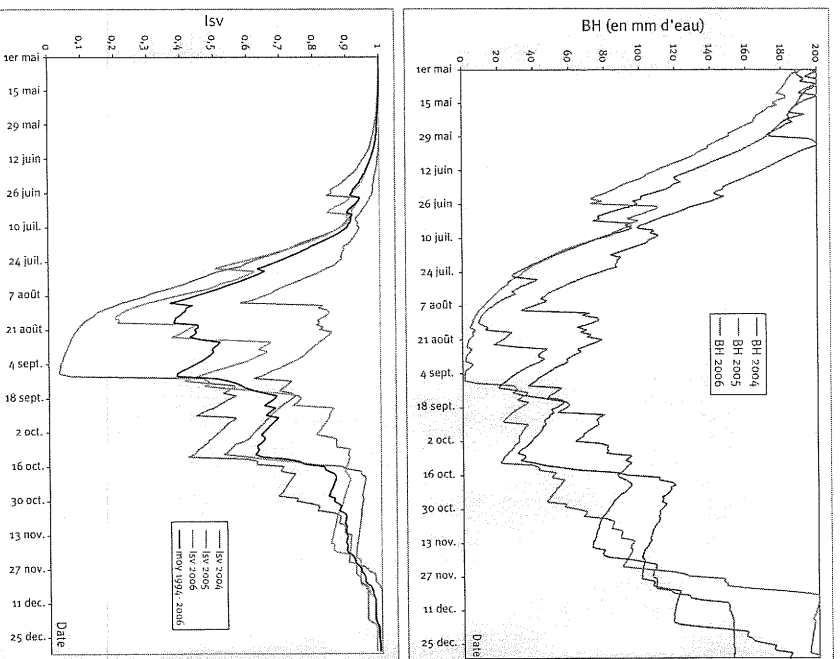
Entre 2004 (bleu) et 2005 (jaune), les taux d'expression foliaire d'Esca et de BDA ont globalement suivi une légère baisse (excepté pour 2 parcelles). Ce résultat est en accord avec les observations effectuées dans le Sud-Ouest au cours de ce millésime. En revanche, en 2006 (vert), nous avons assisté sur quasiment toutes les parcelles à une hausse des taux d'expression pour atteindre des niveaux relativement comparables à ceux observés en 2004. Les taux d'expression de maladies fluctuent d'une année sur l'autre, sans pour autant s'amplifier durant ces trois années d'étude.

Bilan hydrique moyen des millésimes 2004, 2005 et 2006

Les différences de conditions météorologiques observées sur l'ensemble du réseau entre 2005 et 2006 pourraient expliquer la légère hausse des taux d'expression de 2006. En effet, alors que le climat de 2006 était très proche de celui de 2005 jusqu'à la fin juillet, la seconde partie du cycle a été plus humide en 2006, notamment sur le mois d'août. Ces conditions de pluviométrie ont peut-être permis une extériorisation de symptômes foliaires plus importante en fin de saison estivale.

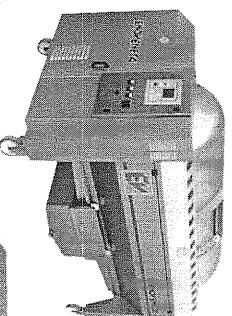
Afin de vérifier ces observations, des bilans hydriques sont calculés pour chaque parcelle à partir des données climatiques, des caractéristiques du sol, de la phénologie, de l'architecture de la vigne, de la densité de plantation et de l'orientation des rangs (cf. UG n°1024). Une modélisation de ces bilans hydriques permet de caractériser les millésimes et d'évaluer la dynamique de la contrainte hydrique en fonction des différentes parcelles. Cette contrainte peut se traduire sous forme d'indice de stress qui varie de 1 (pas de contrainte) à 0 (contrainte maximale, le fonctionnement de la vigne est bloqué). L'indice de stress hydrique décroît lorsque le déficit hydrique augmente. Chaque remontée de l'indice de stress correspond à une pluie. Dans le cadre du réseau, nous comparons les trois années d'études pour mettre en évidence des fonctionnements moyens différents notamment durant la période estivale, période d'extériorisation des symptômes. Ces données sont ensuite confrontées aux taux d'expression de maladies pour chaque parcelle.

Figure 6 : Evolution temporelle du bilan hydrique (BH) et de l'indice de stress de la vigne (Isv) à partir de modèles mathématiques pour les millésimes 2004, 2005 et 2006.



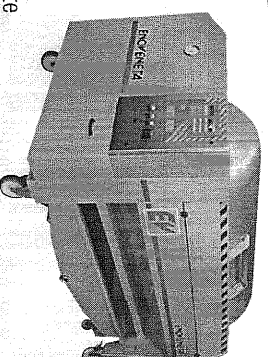
ENOVENETA

Une large gamme de pressoirs pneumatiques à cage ouverte ou fermée adaptée au besoin de vinification moderne, de 9 à 250 hl.

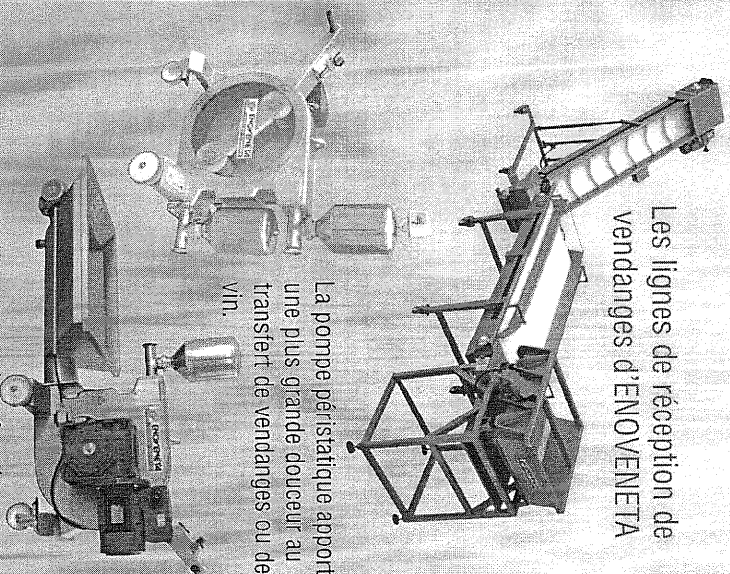


Enoveneta est l'un des principaux constructeurs mondiaux de pressoirs pneumatiques.

Ces pressoirs sont équipés des technologies les plus modernes et ENOVENETA innove de manière constante dans la qualité.



Les lignes de réception de vendanges d'ENOVENETA



La pompe péristaltique apporte une plus grande douceur au transfert de vendanges ou de vin.

Cette pompe est utilisée pour ces deux fonctions (vendanges et vins).



distribué par **AGRIFOY**

AGRIFOY STE FOY
Avenue Bordeaux - Port Ste Foy
33920 Ste Foy la Grande
Tél. 05 53 24 85 97
Fax 05 53 57 47 98

AGRIFOY ST EMILION
Route de Libourne
33380 St Emilion
Tél. 05 57 25 06 82
Fax 05 57 25 05 51

AGRIFOY GARONNE
Plan-sir-Garonne
33490 Saint-Macaire
Tél. 05 56 76 48 48
Fax 05 56 76 48 49

site : www.agrifoy.com - email : stefoy@agrifoy.com

Technique

Une première analyse nous permet déjà d'observer que le millièmes 2005 (en rouge sur la figure 6) était le plus contraignant des trois en terme de fonctionnement hydrique. L'indice de stress passe rapidement en dessous de la valeur 0,5 et ne remonte qu'avec les pluies de septembre. Cette plus forte contrainte hydrique, associée aux taux d'expression de maladies les plus faibles des 3 années, laisse penser que le stress hydrique de la vigne contribue à inhiber l'expression des symptômes foliaires et que notre hypothèse pour 2006 tend à se confirmer.

Confrontation des données de taux d'expression de maladies avec les différents indicateurs de fonctionnement de la plante

Les taux d'expression de maladies sont très variables selon les parcelles et leur localisation géographique. Sur ce réseau, il apparaît que les parcelles les plus atteintes sont situées dans le Grand Libournais (parcelles 10 à 13), alors qu'en Pessac-Léognan (de 3 à 6), les parcelles apparaissent moins atteintes. Ces observations ont été appuyées par des analyses statistiques qui ont confronté les données de taux d'expression de maladies avec les différents indicateurs de fonctionnement de la plante. Un premier type d'analyse (analyses en composantes principales) a fait ressortir une tendance observée chaque année : les parcelles à forte réserve utile (dont le sol est caractérisé par une alimentation en eau non limitante) seraient plus atteintes par les maladies du bois de la vigne. Des analyses complémentaires (Partial Least Squares) ont suggéré que les taux d'expression les plus élevés seraient reliés à des variables indicatrices d'un statut azoté riche (azote des limbes) et à un rendement élevé. Ces résultats sont complémentaires puisque les parcelles présentant ces caractéristiques (taux d'azote et rendements élevés) sont généralement situées sur des sols à fortes réserves utiles. Afin de vérifier ce résultat, dix parcelles supplémentaires, avec une gamme intermédiaire de réserve utile en eau, ont été suivies en 2006 : 5 parcelles dans l'Entre-Deux-Mers et 5 dans le Médoc. Les premiers résultats obtenus semblent confirmer la tendance.

D'un point de vue expérimental, afin de vérifier cette hypothèse entre statut hydrique et taux d'expression de maladie, deux essais seront conduits en serre ou sous tunnel, afin d'analyser la progression de nécroses en fonction du statut hydrique de la vigne.

Nous avons observé qu'au sein d'une même région, où les conditions pédoclimatiques sont assez similaires, les différences de taux d'expression de maladies observées étaient nettement moins importantes qu'entre deux régions strictement différentes. Ces

légères variations pourraient alors être reliées à des différences de mode de conduite et/ou d'application de mesures prophylactiques. Ces éléments sont également en cours d'étude grâce à l'analyse des fiches d'enquête qui ont été réalisées sur chacune des parcelles.

Ce qu'il faut en retenir

Un réseau de parcelles a été mis en place en 2004 dans le vignoble bordelais afin d'identifier les facteurs climatiques et édaphiques, ainsi que les modes de conduite de la vigne, susceptibles de favoriser ou au contraire de freiner l'expression et la progression de ces maladies de dépérissement.

Les trois années de suivi ont permis de mettre en évidence une fluctuation des taux d'expression de maladies, mais pas d'augmentation des taux de maladies.

Une étude des bilans hydriques moyens sur les trois millièmes laisse penser qu'un stress hydrique de la vigne contribuerait à inhiber l'expression des symptômes foliaires de maladies (forme lente). Les différents indicateurs de fonctionnement de la plante ont été confrontés aux données de taux d'expression de maladies. Les résultats de ces analyses montrent que les parcelles à forte réserve utile (dont le sol est caractérisé par une alimentation en eau non limitante) seraient plus atteintes par les maladies du bois.

Tous les résultats obtenus sont complémentaires et tendent à dire que le statut hydrique de la plante serait le facteur prépondérant qui pourrait expliquer les fluctuations annuelles et le développement des symptômes foliaires des maladies.

Les maladies de dépérissement de la vigne restent des systèmes complexes pour lesquels plusieurs facteurs peuvent interagir directement ou indirectement. Les premiers résultats de cette prise en compte de l'ensemble de l'agro-système sont encourageants. Nous espérons que cette approche nous fournira encore plus d'arguments scientifiques permettant de mieux comprendre ces maladies et de mettre en œuvre une protection adaptée à chaque vignoble.

A. Bectrac Irvine, J-P. Goutouly,
 Institut Supérieur de la Vigne et du Vin
 UMR EGV Ecophysiologie et Agronomie viticole
 C. Laveau, L. Guérim-Dubano,
 UMR Santé Végétale INRA – ENITAB - Universités Bordeaux I et II
 BP 81, 33883 Villenave d'Ornon - destrac@bordeaux.inra.fr

N.B. Les auteurs remercient le CIVB pour son soutien financier ainsi que les viticulteurs partenaires

Parution de la note nationale MALADIES DU BOIS

La note nationale Maladies du Bois est consultable sur le site www.itvfrance.com, dans la rubrique actualités/documents/techniques. La Note Nationale Maladies du Bois expose les enseignements tirés des trois années d'observatoire national des maladies du bois et fait le point sur les connaissances actuelles sur ces maladies. Ce document de cinq pages précises les moyens de prévention disponibles actuellement pour limiter l'extension des maladies du bois au vignoble et aborde les perspectives de lutte envisagées.

Cette note a été rédigée par le groupe national Maladies du Bois, auquel participent l'INRA, l'ENITA de Bordeaux, les Services Régionaux de Protection des Végétaux et VINFLHOR, coordonné par Philippe Laignon de l'Institut Français de la Vigne et du Vin.

Contact : Philippe Laignon - Institut Français de la Vigne et du Vin - Station Rhône-Méditerranée - philippe.laignon@itvfrance.com