

Esquisse de bilan phytosanitaire 2003 : une climatologie exceptionnelle

Benoît HERLEMONT

**Sous-Direction de la Qualité et de la Protection des Végétaux
Ministère de l'agriculture, de l'alimentation, de la pêche et des affaires rurales
DRAF – SRPV Aquitaine - 51, rue Kiéser, 33077 Bordeaux Cedex**

La climatologie exceptionnelle constitue le fait le plus marquant de la campagne 2003 : les gelées en hiver et au printemps, les violents orages, la sécheresse et les températures caniculaires ont mis à rude épreuve l'ensemble des cultures et pas seulement la vigne.

Ces conditions climatiques originales se sont traduites par une avance remarquable de la végétation de près de 2 à 3 semaines aux vendanges et une très grande discrétion des maladies et ravageurs au cours de la campagne...

Des gelées printanières importantes

La fin de l'année 2002 a été marquée par un temps doux, avec des températures moyennes excédentaires de quelques degrés, et humide : ceci a souvent permis de reconstituer les réserves en eau profonde. A l'inverse, 2003 a débuté avec un vrai temps d'hiver : des températures inférieures aux normales saisonnières, des gelées et de la neige jusqu'en plaine.

Mars et avril ont connu un redoux printanier, sec et ensoleillé : les températures ont presque été constamment supérieures aux normales de 1 à 3 °C, sauf un violent épisode de gel la première décennie d'avril dans de nombreux vignobles : Alsace, Auvergne, Beaujolais, Bourgogne, sud des côtes du Rhône septentrionales et Vallée de la Loire, avec des niveaux de dégâts variables selon les situations. Mais c'est en Champagne, où ce gel de printemps (nuit du 10 avril) a été le plus dévastateur, en particulier dans la Marne (les départements de l'Aube et de l'Aisne ont été touchés dans une moindre mesure) : l'ampleur des dégâts en terme de surfaces gelées et de pertes de récolte est comparable à 1957. Le Chardonnay est le plus touché avec des dégâts atteignant 90 % de perte : les parcelles touchées à 80 % sont même très fréquentes en Côte des blancs et dans le Sézannais. Pour le Pinot noir les dégâts fluctuent de 30 à 80 %. Les pertes sont plus limitées pour le Pinot meunier, variant de 15 à 20 %.

Des conditions estivales dès la fin du mois de mai

Une courte dégradation pluvieuse, notamment dans l'ouest de la France, a pu être observée début mai. Mais dès la fin du mois, des conditions estivales s'installent sur toute la France, avec un temps exceptionnellement chaud et globalement sec, mais ponctué de précipitations orageuses sur la façade atlantique. La floraison, en avance de 10 à 15 jours sur une année normale, s'est dans l'ensemble bien déroulée et a été rapide. Un peu de coulure a toutefois été notée sur Auxerrois dans le vignoble de Cahors ou sur Merlot dans le bordelais (notamment dans le Médoc), à mettre en relation avec un temps plus arrosé fin mai début juin dans ces régions.

Après un premier épisode caniculaire en juin, les conditions estivales se sont poursuivies pendant tout l'été, couronnées par la canicule de la première quinzaine d'août : des records de température sont battus ou égalés partout. Les quelques épisodes pluvieux sont insuffisants pour compenser le déficit hydrique. Des symptômes de grillures des baies ont été régulièrement observés et quelques parcelles ont pu être défoliées, au moins partiellement.

2003 est donc un millésime unique et exceptionnel, qui ne ressemble ni à 1947, ni à 1976, auxquels les viticulteurs l'ont souvent

comparé (Figure 1). S'il est vrai qu'en 1947, les températures furent souvent élevées, leur niveau est malgré tout resté généralement bien inférieur à celui de cette année. Il en est de même pour 1976, notamment pour la deuxième partie de l'été où les températures étaient inférieures aux normales saisonnières.

Côté pluviosité, 2003 n'affiche pas un déficit comparable à 1976. Et pourtant au final, la sécheresse a été très sévère cette année, notamment dans la moitié est de la France. Elle résulte probablement au moins autant des températures très élevées entraînant une évaporation et une évapotranspiration des végétaux très fortes que du déficit en pluie.

chargées ou des parcelles sur sols graveleux ont pu rencontrer quelques problèmes de sécheresse. Le phénomène a été très variable selon la nature des sols.

Une grêle destructrice

En plus de la sécheresse, des épisodes violents de grêles ont régulièrement balayé notre pays en juin et juillet. La plupart des vignobles a été touchée au moins une fois à des degrés divers. L'évènement le plus spectaculaire et le plus destructeur reste la mini tornade qui a ravagé l'Entre-Deux-Mers (vignoble du bordelais) le 24 juin. Dans un couloir de 40 km, près de 6000 ha de vignes ont été touchés à des degrés divers et plus de 1000 viticulteurs sont concernés.

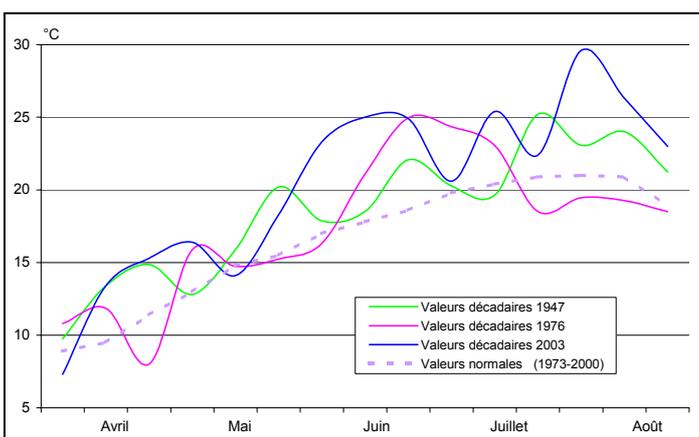
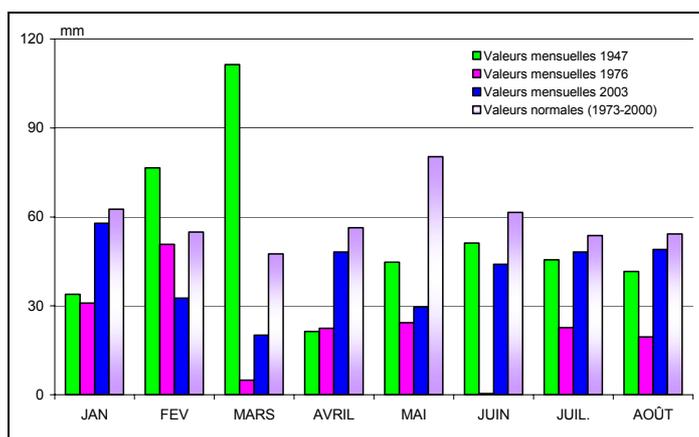
Rappelons qu'aucune spécialité phytosanitaire n'a démontré d'effet cicatrisant après une grêle, pas même le cuivre. La cicatrisation des organes blessés s'opère tout à fait naturellement et il n'est donc pas nécessaire d'utiliser un quelconque produit pour la favoriser. Seul le rot blanc ou coïtre peut justifier localement un traitement immédiatement après la grêle, dans les parcelles à risque où existe un inoculum de ce champignon. Les symptômes sur grappes se manifestent par un aspect livide, les grains semblent avoir « bouilli ». Puis, ils flétrissent, prennent une teinte grise et se couvrent de petits points blanchâtres. L'apparition de cette maladie est cependant rarissime : dans la plupart des vignobles, elle ne nécessite donc jamais de traitement. En revanche, il convient de soigner la protection contre le mildiou des nouvelles pousses qui sortent nombreuses après une grêle.

La plus faible récolte depuis 1991 et souvent la plus précoce depuis le XIX^{ème} siècle

Résultat de ces accidents climatiques à répétition (gelées, grêles, sécheresse) : la plus faible récolte en quantité depuis 1991, année qui avait été frappée par un très fort gel printanier. Selon les prévisions établies le 1^{er} septembre par le Service central des enquêtes et des études statistiques du ministère chargé de l'agriculture, le potentiel de récolte de vins en 2003 serait de 48,8 millions d'hectolitres seulement, inférieur de 8% à la récolte 2002,

Figure 1

Pluviosité et température du poste de Beaune (21) pour les années 1947, 1976 et 2003



Les vignobles de la façade atlantique (Vallée de la Loire, Cognac, Aquitaine, Gers) ont dans l'ensemble moins souffert, en raison d'une répartition plus régulière des précipitations pendant l'été. Certaines jeunes vignes trop

qui n'était déjà pas très abondante, et de 15% à la moyenne des cinq dernières années.

Le climat a en revanche été très favorable au développement de la végétation, avec une précocité exceptionnelle des vendanges de deux à trois semaines dans tous les vignobles (Tableau 1). Il faut fréquemment remonter aux années 1890 (Bordelais, Beaujolais), voire en 1822 (Champagne, Jura), pour trouver trace de vendanges plus précoces.

Peu de pourriture grise à l'horizon...

Contrairement à l'année dernière, où le botrytis avait été le parasite majeur de la vigne, la qualité sanitaire du raisin est très bonne en 2003, avec un champignon quasiment inexistant jusqu'à la première décade de septembre : la pourriture grise n'a fait timidement son apparition qu'après les pluies de début septembre dans plusieurs régions (dans les vignes non encore récoltées à cette date !), comme en Savoie sur Jacquère, à Fronton sur Négrette ou encore dans le Médoc sur Merlot avec des fréquences d'attaque pouvant atteindre localement entre 30 et 50% des grappes touchées mais des intensités faibles de 5 à 10%.

En ce qui concerne les vins blanc liquoreux, les précipitations de début septembre ont été favorables à l'installation de la pourriture noble dans les vignobles du bordelais et du Val de Loire. Elle s'est par la suite bien développée grâce aux brumes matinales et aux conditions sèches et ensoleillées l'après-midi.

Lancement d'un observatoire national des maladies du bois

Lancé à titre expérimental dans quelques régions pilotes en 2002 suite au retrait de l'arsénite de soude, l'observatoire national des maladies du bois, que nous avons évoqué l'année dernière, a été étendu en 2003 à l'ensemble du vignoble national : 644 parcelles ont ainsi intégré le dispositif cette année (Tableau 2).

Le groupe de travail, réunissant l'ensemble des partenaires scientifiques et techniques de la filière (I.T.V., I.N.R.A., Chambres d'Agriculture, syndicats agricoles,

interprofessions, G.D.V., Fédérations Régionales de Défense contre les Organismes Nuisibles...), sous l'égide de l'ONIVINS, a confié la rédaction du protocole et la coordination du dispositif aux Services régionaux de la protection des végétaux.

Les objectifs de cet observatoire pluri-annuel sont de permettre de mesurer les conséquences de l'interdiction de l'arsénite de sodium, de vérifier l'intérêt des mesures prophylactiques et de disposer d'un réseau de parcelles de référence pour contribuer selon les besoins à la validation d'hypothèses sur l'épidémiologie de ces maladies.

Les premiers résultats seront disponibles fin 2003 et constitueront en quelque sorte le « point zéro » de la présence des maladies du bois dans le vignoble français. Les observations futures permettront ensuite d'estimer avec le moins de biais possible leur évolution à l'échelle d'une région et les conséquences de l'interdiction de l'arsénite de soude, ce que nous ne sommes pas en mesure de faire pour le moment.

N'oublions pas la prophylaxie !

Par ailleurs, si des perspectives intéressantes dans la lutte contre les maladies du bois se dessinent, la prophylaxie reste toujours d'actualité si l'on souhaite limiter leur extension. Nous avons présenté dans notre bilan de l'année dernière les mesures prophylactiques indispensables à mettre en œuvre, à savoir faire disparaître les réservoirs d'inoculum. Rappelons les une nouvelle fois :

- repérer et marquer les souches atteintes en saison ;
- arracher les souches totalement contaminées ;
- recéper les pieds susceptibles de l'être (à condition que la section du pied soit totalement saine et exempte de nécrose) ;
- enlever hors de la parcelle les ceps et les bras morts et les brûler ;
- si possible tailler tardivement, en sève montante, et en période sèche (déconseillé en présence de nécrose bactérienne).

Dans le cas de l'esca et black dead arm, il est également souhaitable d'éliminer par le feu les sarments des ceps atteints.

Tableau 2

Dispositif 2003 de l'observatoire national des maladies du bois

Vignoble	Nombre de parcelles suivies en 2003	Cépages suivis	Partenaires
Alsace	90	Gewurtztraminer - Riesling - Auxerrois	FREDECA, ADAR, Chambre d'agriculture 68, ITV, SRPV
Côte d'Or	72	Chardonnay - Pinot noir	FREDON, Chambre d'agriculture 21, SRPV
Yonne	25	Chardonnay	Chambre d'agriculture 89, SRPV
Beaujolais	28	Gamay	FREDON, SICAREX Beaujolais, CDB, SRPV
Diois	25	Muscat à petits grains	FDGDEC 26, cave de Die-Jaillance, SRPV
Rhône Provence	80	Grenache - Muscat de Hambourg - Carignan - Cabernet Sauvignon -Mouvèdre - Syrah	FREDON, SRPV, CA13,CA83,CA84,SGVRCRDR, Techniciens Caves et Distribution
Languedoc	35	Carignan - Grenache - Muscat à petits grains	FDGDON 11, FDGDON 34, FDGDON 66, FREDON, SRPV, Chambre d'agriculture 34
Bordelais	75	Cabernet Sauvignon - Merlot - Sauvignon blanc	Chambre d'agriculture 33, FREDON, SRPV
Cognac	47	Ugni blanc	BNIC, FDCETA, Chambres d'agriculture 16 et 17, Viticulteurs bio, SRPV, FREDON, FDGEDON 16 et 17, ITV, Syndicat du Pineau, LEPA Jonzac
Vallée de la Loire (Anjou-Saumur et Muscadet)	51	Chenin - Melon	GDDV 49, CIVAM 72, Syndicat fiefs vendéens, Cave coopérative St Cyr, Caves de la Loire, SGVN (syndicat général des vignerons de Nantes), VNA (vignerons Nantes Atlantique), VTN (vignerons des terroirs de la Noëlle), CDV 44, SRPV
Centre	26	Cabernet franc - Sauvignon blanc	SRPV, FDGDON 37, FREDON, Chambre d'agriculture 41, Syndicat du Vendômois
Champagne	90	Chardonnay - Pinot noir - Pinot meunier	FREDONCA, GDV 51, GDV 10, Chambre d'agriculture 51, Magister CIVC, SRPV

Le suivi est réalisé sur 25 parcelles par cépage, choisies au hasard. Les notations sur chacune des parcelles sont réalisées sur 300 cep. Les maladies du bois (eutypiose, esca, black dead arm) sont notées au cours de deux passages successifs.

Le black rot confirme sa progression

Parmi les champignons, c'est peut-être le black rot qui aura fait le plus parler de lui en 2003. Sa progression observée depuis plusieurs années, aussi bien dans les zones traditionnelles de la maladie que dans de nouveaux vignobles, se confirme. Son extension dans les vignobles du nord-est de la France se poursuit en effet. Observée pour la première fois en 2002 dans le vignoble champenois (dans l'Aube), sa présence a été confirmée en 2003 : les foyers apparus l'année dernière sont en extension, mais heureusement leur intensité reste encore limitée. Les premiers symptômes de black rot sur feuille ont par ailleurs été observés cette année en Alsace. Enfin, dans la Nièvre, une certaine pression de la maladie a été observée, avec des taches éparses dans de nombreuses parcelles et ponctuellement des attaques assez intenses sur feuilles, voire sur grappes.

Dans les zones traditionnelles de la maladie, sur la façade atlantique, une attaque significative sur feuilles a été observée en début de saison dans plusieurs vignobles (Bordelais, Cognac, Muscadet, Saumurois, Gers...). La maladie a ensuite pu descendre localement sur grappes.

Si la dynamique naturelle de la maladie était significative cette année dans ces régions, cette pression a été en général contenue avec peu de dégâts au vignoble, en parcelles traitées, sauf dans quelques vignes, où aucune protection spécifique avec des substances actives adaptées n'avait été engagée.

En plus de conditions climatiques favorables avec des mois de mai assez humides, deux hypothèses complémentaires semblent pouvoir expliquer le développement de la maladie depuis plusieurs années :

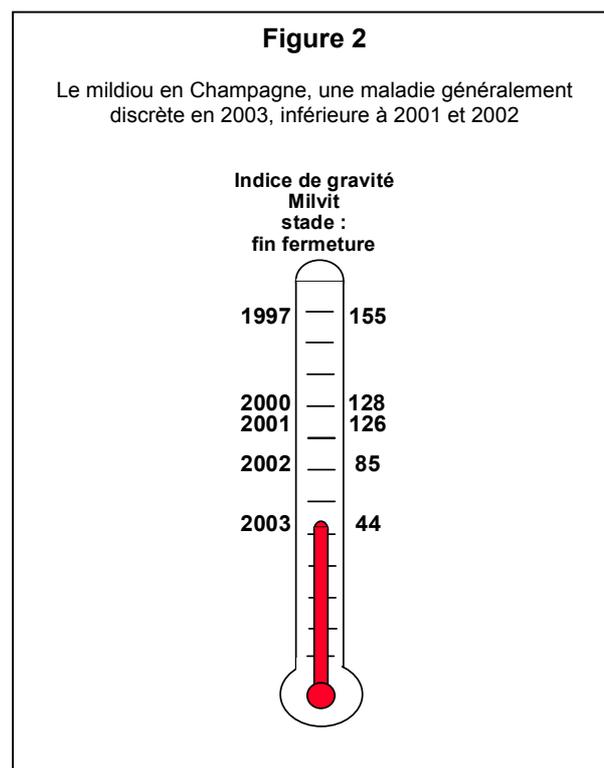
- ◆ La possibilité de contamination de la vigne par le black rot avant le mildiou. Avec le développement de la protection raisonnée, la première intervention contre cette maladie est de plus en plus fréquemment repoussée : dans les parcelles à risque, les viticulteurs n'ont pas l'habitude d'entamer une protection spécifique contre le black rot avant le mildiou alors que cela serait parfois justifié.
- ◆ l'utilisation sur l'oïdium de nouvelles substances actives, comme la spiroxamine ou le quinoxyfen, très actives sur cette maladie, mais qui sont dépourvues de l'efficacité des IBS contre le black rot.

Même si les dégâts sont restés limités en 2003, nous recommandons aux viticulteurs d'être particulièrement vigilants vis à vis de l'évolution de cette maladie en 2004, en particulier dans les parcelles attaquées cette année.

Un mildiou généralement discret en 2003

Record de discrétion battu dans l'est

Si 2002 avait déjà pu être qualifiée d'année exceptionnelle dans la moitié est de la France, notamment en Bourgogne, la maladie s'est encore moins exprimée en 2003 dans ces régions (Figure 2). De l'Alsace jusqu'aux vignobles de Midi-Pyrénées (Fronton, Gaillac, Cahors et Moissac), en passant par la Champagne (hormis de rares foyers localement virulents, comme par exemple dans le Sézannais), la pression a été faible et facilement contrôlée. Quelques rares taches sur feuilles ont été observées, les attaques de rot gris et de rot brun sur grappes ont été quasiment inexistantes. A tel point que l'on s'interroge dans plusieurs régions sur la nécessité de bon nombre de traitements anti-mildiou appliqués pendant la campagne : plusieurs parcelles témoins non traitées, suivies par les Services régionaux de la protection des végétaux, n'avaient toujours pratiquement aucun symptôme au moment de la récolte ! Localement, les précipitations de la fin de l'été ont toutefois pu permettre un développement de la maladie sur les jeunes feuilles, dans le haut du feuillage.



Une maladie un peu plus présente sur la façade atlantique

En revanche, sur la façade atlantique (Vallée de la Loire, Cognac, Aquitaine, Gers), la maladie a été un peu plus présente par rapport à 2001 et 2002. Si les conditions automnales et du début de l'hiver ont été plutôt favorables pour la conservation des œufs d'hiver de mildiou, les déficits de précipitations en mars et avril ont considérablement retardé le processus de maturation des œufs d'hiver de mildiou. Seules les pluies de fin avril ont pu ré humecter les sols de façon significative et permettre la germination au vignoble des œufs d'hiver. Contrairement aux autres années, celle-ci est souvent intervenue très tard par rapport à la date de début de réceptivité de la vigne (jusqu'à 3 semaines après).

Les premières véritables contaminations ont donc eu lieu début mai (sur une végétation déjà bien étalée) et les premières taches ont pu être observées vers le 18-20 mai en nombre peu important. Les pluies orageuses suivantes (premiers jours de juin) ont permis à la maladie de s'installer et de s'exprimer notamment sur les parcelles mal protégées. En effet, en raison de la pousse très active de la vigne à cette époque, certains fongicides en fin de rémanence n'ont pas toujours permis de

protéger la totalité de la végétation de façon satisfaisante : dilution éventuelle des spécialités systémiques et absence de protection des nouvelles pousses, parfois très nombreuses, par les pénétrants. Les Avertissements Agricoles® avaient donc dès cette période recommandé d'adapter le renouvellement de la protection fongicide au rythme de croissance de la plante et éventuellement de raccourcir le délai entre deux applications. Ces défauts de protection ont pu se traduire localement par des attaques de rot gris importantes.

Dans les situations présentant des symptômes, plusieurs repiquages ont ensuite pu se produire à la faveur de rosées importantes en juin, comme dans les Charentes, ou d'orages en juillet (notamment dans le vignoble de l'Anjou et du Saumurois, avec plus de 50 mm de pluie le 15 juillet). Ailleurs, c'est à dire dans les vignobles qui n'ont pas rencontré ces conditions climatiques particulières et notamment ces pluies orageuses, la maladie a été stabilisée. Si des attaques de rot-brun ont pu se produire, elles sont en général restées limitées.

Au final, malgré une pression certaine en juin, l'épidémie est restée maîtrisée dans les vignobles de la façade atlantique, notamment en raison des conditions climatiques très particulières de l'été 2003.

Quelques soucis dans le sud est en début de campagne

Dans le sud est, dans les secteurs ayant eu de très fortes précipitations à l'automne 2002 (Côtes du Rhône gardoises, Châteauneuf Courthézon), les viticulteurs ont du faire face à un début d'épidémie plus important que prévu. Quelques parcelles ont été régulièrement touchées, avec 10 à 20 % de rot gris sur grappes en fréquence. Par la suite, en raison des conditions climatiques, la maladie a été stabilisée et aucune évolution notable n'a été notée pendant l'été.

Situation de la résistance du mildiou aux fongicides inhibiteurs mitochondriaux (QoI)

Suite aux résultats enregistrés au cours de la campagne 2002 (confirmation de la présence de la résistance dans le vignoble français,

corrélée localement à des pertes d'efficacité au champ), les recommandations d'utilisation des QoI contre le mildiou de la vigne ont évolué. La note nationale mildiou 2003 a recommandé :

- ◆ de ne pas utiliser les spécialités à base de QoI dans lesquelles la molécule est seule ou associée au *cymoxanil* et/ou au *fosétyl Al*,
- ◆ l'emploi des spécialités QoI + fongicide de surface dans les conditions suivantes : 2 à 3 interventions maximum par campagne, de préférence non consécutives, emploi déconseillé en dernière application (traitement de couverture), utilisation également déconseillée sur attaque déclarée de mildiou.

Le suivi de l'efficacité des spécialités associant QoI et fosétyl-Al en situation de résistance a été poursuivi au cours de la campagne 2003 par les sociétés et les partenaires de la note nationale. Les résultats devraient être disponibles dans le courant de l'automne et permettront d'ajuster les préconisations d'utilisation des QoI contre le mildiou de la vigne (voir la note nationale mildiou 2004).

Malgré une pression faible de la maladie cette année, les premiers résultats actuellement disponibles montrent que la résistance du mildiou aux QoI se maintient à un niveau élevé dans le vignoble français.

Un oïdium classique

A contrario du mildiou, on aurait pu penser que les conditions climatiques de l'été 2003 seraient plus favorables à l'oïdium, avec un début d'attaque sur feuilles et sur grappes souvent précoce. Mais, probablement en raison des températures très élevées et des faibles hygrométries de l'été, l'épidémiologie de cette maladie a été somme toute très classique et la pression à peine supérieure à 2001 et 2002. A savoir une maladie assez discrète sur la façade atlantique et dans le nord est, mises à part quelques attaques localisées dans les parcelles sensibles (en particulier en Champagne, en Bourgogne ou dans le Val de Loire), et une maladie plus présente dans le sud est, où les parcelles habituellement concernées (cépages sensibles comme le Carignan, parcelles vigoureuses, difficiles à traiter) ont été plus régulièrement attaquées. Localement, des

dégâts d'oïdium ont donc pu être observés dans ces situations. A noter des symptômes assez fréquents sur feuilles en fin de campagne dans de nombreux vignobles.

Des tordeuses encore discrètes en 2003, sauf en Midi-Pyrénées

Le premier vol des tordeuses (Eudémis et Cochylys) a été précoce et souvent soutenu : les papillons ont bénéficié de conditions optimales pour leur activité et les pontes ont souvent été nombreuses. Par la suite, les larves de la première génération ont également rencontré des conditions plutôt favorables, ce qui a donc souvent justifié une lutte spécifique contre la deuxième génération, en particulier en Alsace, Vallée de la Loire, Midi-Pyrénées ou Côtes du Rhône méridionales.

Le deuxième vol a généralement été important (sauf dans les Charentes). Les conditions climatiques particulières (températures élevées, faible hygrométrie) observées dès le mois de juin ont cependant très fortement limité le niveau des pontes et le développement des oeufs, si bien que la pression exercée par la deuxième génération a été faible dans pratiquement tous les vignobles et qu'elle a aisément été contenue.

La troisième génération d'Eudémis, en avance de deux à trois semaines, n'a également pas posé de problèmes particuliers, mises à part quelques attaques localisées dans le vignoble de Cognac (sans développement ultérieur de pourriture grise vu les conditions climatiques de la fin de l'été). Dans les vignobles méditerranéens, en raison de la précocité de l'année, un embryon de quatrième génération sans conséquence a pu être localement observé.

Seuls les vignobles de la région Midi-Pyrénées ont connu une situation un peu plus difficile vis-à-vis de l'Eudémis en deuxième et troisième générations, avec des populations en progression par rapport aux années précédentes. Nombre de parcelles ont nécessité une protection spécifique sur ces deux générations. Là où la pulvérisation a été de qualité et ciblée sur les grappes (et non sur toute la végétation !), le contrôle global du ravageur a été satisfaisant.

Un nouvel arrêté pour la lutte obligatoire contre la flavescence dorée

Si la maladie reste globalement contenue à l'échelle nationale, la publication d'un nouvel arrêté de lutte obligatoire contre la flavescence dorée le 9 juillet 2003 doit permettre de mieux maîtriser ce risque phytosanitaire à l'échelle du territoire en impliquant de manière équilibrée l'ensemble des acteurs de la filière.

Concernant le vecteur de la maladie, la cicadelle *Scaphoideus titanus*, les prospections ont été poursuivies en 2003 : à ce jour, il est toujours absent des vignobles alsacien, champenois, vendéen et du Muscadet.

Remerciements à mes collègues de la Protection des Végétaux et des Fédérations régionales de défense contre les organismes nuisibles pour leurs informations sur la situation sanitaire du vignoble français.

Tableau 1 : Principaux stades phénologiques de quelques cépages en 2003

Description des stades		Eclatement des bourgeons	Boutons floraux séparés	Pleine floraison	Nouaison	Fermeture de la grappe	Début de la véraison	Début des vendanges	
								38	Moyenne des dernières années
Eichhorn et Lorentz		06	17	23	27	33	35		
Baggiolini		D	H	I	J			en 2003	
Alsace	Tous cépages	22/04	20/05	02/06	10/06	25/06	20/07	25/08 (Crémant) 08/09	
Anjou	Cabernet franc								
	Chenin								
Aquitaine	Merlot	03/04	05/05	27/05	02/06	07/07	20/07	08/09	26/09 au 10/10
	Cabernet Sauvignon	09/04	13/05	31/05	06/06	04/07	24/07	15/09	
Auvergne	Gamay	14/04	12/05	03/06	10/06	24/06	24/07	28/08	25/09
Beaujolais	Gamay		15/05	28/05	02/06	27/06	21/07	14/08	
Bourgogne	Pinot noir – Côte d’Or	15/04	14/05	30/05	06/06	23/06	20/07	19/08	
	Chardonnay – Côte d’Or	05/04	10/05	28/05	06/06	23/06	20/07	19/08	
	Chardonnay – Mâconnais Sud	10/04	10/05	25/05	05/06	23/06	20/07	13/08	
	Chardonnay – Yonne (Chablisien)	10/04	19/05	02/06	08/06	30/06	25/07	22-25/08	
	Sauvignon - Nièvre	11/04	16/05	02/06	10/06	30/06	24/07	01 au 05/04 selon les appellations	
Champagne	Pinot noir	20/04	30/05	7-9/06	15/06	02/07	02/08	25/08	21/09 (moyenne sur 10 ans)
	Chardonnay	15/04	26/05	6-8/06	15/06	01/07	02/08	30/08	
	Pinot meunier	22/04	28/05	7-9/06	15/06	03/07	02/08	25/08	
Côtes du Rhône septentrionales	Syrah	08/04	13/05	27/05	01/06	05/07	24/07	16 au 28/08 selon les appellations	07 au 10/09 selon les appellations
Languedoc (Hérault – secteur précoce)	Cabernet sauvignon	11/04	14/05	02/06	08/06	26/06	24/07		
	Grenache	02/04	07/05	02/06	08/06	26/06	19/07		
	Syrah	11/04	07/05	04/06	11/06	02/07	21/07		
	Carignan	02/04	14/05	02/06	08/06	26/06	18/07		
Midi-Pyrénées	Gers - Colombard	01/04	05/05	30/05	09/06	25/06	21/07		
	Duras -Gaillac	08/04	12/05	01/06	16/06	25/06	20/07	08/09	30/09
	Chasselas - Moissac	01/04	05/05	28/05	04/06	28/06	15/07	18/08	04/09 (2001) 01/09 (2002)
	Auxerrois - Cahors	31/03	20/05	03/06	15/06	15/07	22/07	01/09	20/09 (2001) 15/09 (2002)
	Négrette - Fronton	15/04	10/05	04/06	10/06	23/06	23/07	12/09	15/09
Pays de la Loire	Cabernet franc et Chenin – Anjou et Saumur	Début avril	Début à mi-mai	10/06	15/06	30/06	20/07	20/09	07/10 (année tardive)
Pays nantais	Melon	28/03	12/05	06/06	12/06	26/06	15/07	19/08	20/09 (moyenne sur 40 ans)
Savoie	Jacquère – Chignin (précoce)	07/04	12/05	02/06	10/06	30/06	29/07		

Les mélanges de produits phytopharmaceutiques en viticulture : clarifier et sécuriser une pratique agricole

Benoît HERLEMONT

Direction générale de l'alimentation

Ministère de l'agriculture, de l'alimentation, de la pêche et des affaires rurales

DRAF – SRPV Aquitaine - 51, rue Kiéser, 33077 BORDEAUX Cedex

Un mélange de produits phytopharmaceutiques consiste à associer, dans le cadre des pulvérisations, plusieurs spécialités phytopharmaceutiques.

Cette technique est aujourd'hui couramment pratiquée par les agriculteurs. Elle est souvent recommandée par les instituts techniques et les organisations professionnelles agricoles et validée par les distributeurs et les firmes agrochimiques. Elle est mise en œuvre sur le terrain pour des considérations techniques (lutte conjointe contre plusieurs organismes nuisibles pouvant être présents simultanément, recherche de réduction de doses, stratégie de gestion des résistances) ou économiques (réduction et optimisation du nombre de passages).

Les textes réglementaires (art. L253-1 du code rural, décret n°94-359 du 5 mai 1994 relatif au contrôle des produits phytopharmaceutiques et arrêté du 6 septembre 1994 portant application de ce décret), s'ils prévoient la possibilité technique de mélanges, n'autorisent ces pratiques que pour autant qu'elles aient été évaluées et enregistrées.

La pratique des mélanges ne doit par ailleurs pas apparaître en contradiction avec l'objectif d'amélioration et de sécurisation de l'utilisation des produits phytopharmaceutiques demandé par la société, comme avec les efforts accomplis par la profession agricole pour améliorer les pratiques agricoles.

L'action engagée sur les mélanges par le ministère chargé de l'agriculture ne vise aucunement à méconnaître ce type de pratiques

et ses avantages, mais à les clarifier et à les sécuriser tant pour la protection de la santé que des milieux.

Une large consultation a donc été engagée avec les différentes instances concernées afin de disposer d'une vision complète du sujet et de replacer cette pratique dans un cadre sécurisé et transparent.

Après discussion avec les partenaires du ministère (organisations professionnelles agricoles, fédérations de coopératives de distribution, firmes agrochimiques...), un avis aux opérateurs a été élaboré et publié le 21 septembre 2002 au journal officiel de la république française. Ce texte est destiné à dispenser à l'ensemble des opérateurs comme au grand public une information objective sur la situation présente, sur les objectifs à atteindre et sur le plan d'action prévu.

1. Détermination des critères agronomiques de recevabilité des demandes d'enregistrement de mélanges

En concertation avec les instituts techniques, les experts de la direction générale de l'alimentation (DGAI) ont réalisé pour chaque filière végétale un état des mélanges présentant un intérêt agronomique et donc a priori recevables sous réserve d'argumentation. Pour chaque culture, il existe en effet des couples d'usages pour lesquels un recouvrement des risques de nuisibilité est effectif (par exemple, le mildiou et l'oïdium sur la vigne). Il est également nécessaire de prendre en compte les traitements localisés sur telle ou telle partie du végétal : il peut par exemple être agronomiquement justifié de mélanger sur

vigne un fongicide contre le botrytis et un insecticide contre les vers de la grappe, puisque la période d'intervention peut être identique (sur deuxième et troisième génération d'eudémis) et la pulvérisation dirigée sur les grappes. En revanche, les cibles sont différentes dans le cas d'un mélange d'un fongicide anti-mildiou (sur toute la végétation) et d'un insecticide anti-tordeuses (traitement dirigé sur les grappes) : ce type de mélange ne semble donc pas pertinent.

Les critères agronomiques de recevabilité des mélanges en viticulture ont ainsi été fixés : ils sont présentés dans une notice technique sur la mise en œuvre des mélanges en viticulture élaborée par l'ITV et In Vivo (www.agriculture.gouv.fr).

2. Etablissement des listes de mélanges prioritaires pour la filière viticole

Sur la base des critères agronomiques de recevabilité, l'ITV a élaboré au printemps 2003 des listes de mélanges intéressants la filière viticole, à évaluer en priorité.

3. Dépôt, recevabilité et instruction des demandes d'enregistrement de mélanges

Le dossier de demande peut être déposé par tout tiers (institut technique, firmes phytosanitaires, distributeurs, particuliers...) désireux de faire enregistrer un mélange.

La recevabilité de la demande est conduite par la DGAI et par les experts « culture » et « produits » du ministère. La validation de cette recevabilité peut donner lieu à un enregistrement provisoire du mélange valant autorisation d'emploi.

La procédure consiste d'une part à vérifier si le dossier de demande est complet et a été validé par l'institut technique en charge de la filière et d'autre part à analyser ce dossier au vu des critères agronomiques déterminés précédemment et de certains critères toxicologiques : par exemple, les mélanges comportant un produit classé T+ ou une substance active classée CMR 2 sont refusés systématiquement, ceux contenant un produit classé T ou mettant en œuvre deux produits comportant la phrase de risque R40 (de même pour les phrases de risque R43, R61, R62 ou R63) sont jugés recevables mais avec un

maintien en étude sans autorisation provisoire d'emploi, dans l'attente de leur examen par la commission d'étude de la toxicité.

Après cette phase de recevabilité, l'instruction technique de la demande est effectuée par les experts de la commission d'étude de la toxicité, qui réalisent une évaluation du risque sur la mise en œuvre de ce mélange, et les experts nationaux « culture ». Leur avis peut être assorti de recommandations visant un compartiment particulier de l'évaluation du risque.

Sur la base de cet avis, le comité d'homologation émet une proposition de décision positive (enregistrement du mélange) ou négative (refus).

La décision finale sur la demande est prononcée par le ministre chargé de l'agriculture.

4. Etat d'avancement des enregistrements de mélanges en viticulture

A partir des listes de mélanges prioritaires pour la filière viticole, élaborées par l'ITV, les premières demandes d'enregistrement de mélanges ont été déposées dès le printemps 2003.

Au 31 août 2003, 52 demandes d'enregistrement de mélanges en viticulture ont été examinées par le comité d'homologation :

- 43 ont été jugées recevables avec un enregistrement provisoire valant autorisation d'emploi (avant instruction et validation définitive par la commission d'étude de la toxicité) : il s'agit soit de mélanges de deux fongicides anti-mildiou pour gérer l'efficacité des spécialités à base de QoI en situation de résistance (14 mélanges), soit de mélanges de deux fongicides et éventuellement d'un insecticide, utilisés pour des traitements aériens (29 mélanges).
- 6 ont été jugées recevables sans enregistrement provisoire (et transmis pour instruction à la commission d'étude de la toxicité),
- 3 ont été jugées non recevables.

Trois autres firmes phytosanitaires ont déposé des dossiers de demandes d'enregistrement correspondant à 532 demandes de mélanges supplémentaires.

Les viticulteurs peuvent se renseigner auprès de leurs distributeurs, de l'ITV ou des fabricants pour savoir si les mélanges qu'ils pratiquent sont autorisés ou non. Les mélanges autorisés peuvent être également consultés sur www.agriculture.gouv.fr.

Il importe que chaque fabricant, chaque prescripteur et utilisateur de produits phytopharmaceutiques veille à limiter les dérives sur le terrain en matière de mélanges. Sont concernés en particulier les mélanges associant insecticides et fongicides, dans l'attente de leur évaluation et de la fixation de mesures de gestion du risque appropriées.

Les mélanges, rôle de l'ITV France

Jean-Claude LAURENT*, Jean-Luc Berger**, ITV France

*2260, route du Grès, 84100 Orange

**19, rue du Général Foy, 75008 Paris

Historique

Dès 1830, afin d'assurer une protection de la vigne contre le mildiou, les viticulteurs ont été les premiers à pratiquer des mélanges de produits :

Sulfate de cuivre + chaux = Bouillie Bordelaise

Sulfate de cuivre + carbonate de soude = Bouillie Bourguignonne,

créant ainsi les premiers fongicides.

Par la suite, avec la mise au point par l'industrie dans les années fin 1940, début 1950, des premiers soufres mouillables pour lutter contre l'oïdium. Cette technique d'association des deux fongicides cuivres – soufre s'est naturellement étendue à la possibilité d'une lutte simultanée contre le mildiou et l'oïdium.

Rôle de l'ITV

La viticulture et son Institut (ITV France), possèdent une certaine antériorité sur cette pratique des mélanges, qui peut être considérée comme une possibilité nécessaire à :

- l'amélioration des pratiques viticoles,
- l'obtention d'une récolte saine de qualité,
- une réduction notable des coûts de production.

Par ailleurs, l'ITV et tous les partenaires de la filière considèrent (*Cf. Référentiel Production Intégrée*) que la mise en œuvre des produits phytosanitaires, utilisés seuls ou en mélange, faisaient partie intégrante de la protection raisonnée du vignoble, avec en finalité pour le viticulteur, la prise de décision et l'adaptation nécessaire aux problèmes spécifiques de son vignoble pour assurer avec efficacité une lutte rationnelle contre les maladies, les ravageurs et l'entretien des sols de son exploitation.

En 2002 l'administration, prenant en compte la volonté européenne de réduction du nombre de matières actives et par là-même de produits phytosanitaires, a demandé auprès de tous les instituts des différentes filières végétales, de reconsidérer l'ensemble des possibilités de mélanges de produits présentant un intérêt agronomique, en vue d'une évaluation des risques pour la santé et l'environnement par la Commission Toxicologique.

Avancement technique de la validation des mélanges (J.C. LAURENT, ITV France)

En vigne, face à la très grande possibilité de mélanges (plusieurs milliers), en concertation avec les Sociétés phytosanitaires, la distribution et les Services de la Protection des Végétaux, ITV France a établi des listes de mélanges dûment renseignées (dans la mesure de ses connaissances) et présentant un intérêt agronomique justifié.

Il est évident que ces listes ne sont pas complètes à ce jour mais ont permis par de nombreuses réunions avec l'administration, l'industrie, la distribution de :

- mesurer l'ampleur de la tâche, s'organiser pour définir les mélanges prioritaires à proposer
- redéfinir la place et les limites de chacun dans le déroulement de l'étude entreprise,
- qui fait quoi et comment ? sachant que dès le départ, jugeant que ce n'était pas son rôle, l'ITV a clairement fait savoir qu'il était dans l'impossibilité de remplir les fiches de demande pour chaque mélange, ainsi que les fiches techniques des produits proposés, certains renseignements nécessitant ces données de la Société ayant obtenu l'homologation.

En résumé, lors de la mise au point de cette démarche "mélanges", il a été demandé aux instituts :

- La rédaction d'un document général mélanges vigne, explicitant leurs intérêts agronomique, pratique et économique, en vue d'une évaluation par les différentes instances chargées de la recevabilité, de l'instruction technique et de la validation,
- De l'intérêt et la justification agronomique des mélanges proposés dans les listes pour assurer une lutte simultanée :
 - o Contre plusieurs maladies,
 - o Contre maladie et ravageur,
 - o Contre plusieurs maladies et ravageur...
 - o Pour un contrôle efficace de la flore adventice du vignoble (entretien des sols par voie chimique).

La réalisation par l'ITV des listes de mélanges (renseignées de la manière la plus complète possible), prend en compte les faits énumérés ci-dessus, plus l'évolution réglementaire concernant les produits proposés :

- 1) Position de la communauté européenne quant au devenir immédiat de certains produits (400 produits seraient interdits en 2004) ;
- 2) Évolution éventuelle des critères de prévention des risques d'utilisation du produit pour l'applicateur, l'environnement, etc.... :
 - o Réduction des doses,
 - o Reconsidérations de phases de risque,
 - o Introduction de la notion de zone de non traitement pour les produits plus anciens qui n'en possédaient pas,
 - o Durée d'emploi avant récolte,
 - o Limitation du nombre d'applications en cours de campagne, pour des problèmes de résistance par exemple.

Je laisse le soin à Monsieur HERLEMONT de vous donner le dernier état d'avancement des enregistrements des mélanges en viticulture, ce qui permettra à chacun de considérer ce qu'il reste à accomplir par chacune des parties concernées.

Résidus phytosanitaires

Un bilan satisfaisant dans les vins - Exemples de démarches pour les réduire au maximum

Magali GRINBAUM, ITV France
2260 Route du Grès, 84100 Orange

À l'heure où on parle de plus en plus d'agriculture durable, se pose inévitablement la question de l'avenir des produits phytosanitaires. Ainsi, en 2002 a été élaborée par la Commission européenne, une stratégie thématique concernant « l'utilisation durable des pesticides ». Celle-ci était prévue dans le 6^{ème} programme d'action en faveur de l'environnement (6^{ème} PAE), adopté par le parlement européen en juillet 2002 et qui couvre la période 2002-2011.

Un bilan de la situation actuelle en matière de produits phytosanitaires, au sein de la Communauté européenne y est dressé. Il montre que l'Union européenne, avec environ 320.000 tonnes de substances actives, vendues chaque année, représente ¼ du marché mondial. La France est fortement concernée, car elle est le 2^{ème} pays utilisateur au monde, derrière les États-Unis et la filière viticole française représente à elle-seule 50 % en tonnage de la demande agricole française.

Face à ce constat, un certain nombre de mesures est proposé par la commission, afin de réduire les risques pour la santé et l'environnement, liés à l'utilisation des produits phytosanitaires. Elles visent de façon générale, à une « réduction globale de l'utilisation et de la dépendance à l'égard des pesticides ».

Mais la présence de résidus dans les produits consommables et l'environnement peut-elle être évitée ?

Dans la mesure où un traitement phytosanitaire a été réalisé sur une culture, il est difficile de « garantir » qu'elle sera exempte de toute trace de résidu. En effet, une fois appliquée sur le végétal, la substance active est susceptible de se dégrader, sous l'influence de facteurs physiques (Température, rayonnement U.V. ...) ou biologique (micro-organismes ...). Cette dissipation est variable selon les produits et les conditions d'emploi (dose appliquée, nombre d'applications, délai avant récolte ...).

Un des moyens d'assurer la qualité sanitaire des aliments et de garantir la sécurité du consommateur, consiste à fixer pour tous les produits agricoles, des Teneurs Maximales de Résidus ou TMR (anciennes LMR). En ce qui concerne la vigne, ces valeurs sont fixées réglementairement uniquement pour le raisin.

Bien qu'évaluées dans le vin et proposées dans le cadre de l'homologation européenne (directive 91/414 CEE), elles ne sont, pour l'instant, pas officielles en France et au sein de la Commission Européenne.

Cependant, des pays comme les États-Unis, la Suisse ou l'Italie en ont déjà fixé.

L'étude conduite pendant trois ans par le groupe de travail sur les résidus, coordonnée par ITV France et financée par l'ONIVins, a relancé ce dossier au sein de la filière vin en France. Une première proposition française a donc été présentée à l'O.I.V pour une quarantaine de molécules et est actuellement en cours de discussion. Ces propositions sont basées sur les valeurs

proposées dans le projet d'Arrêté de la DGAL (à partir des données de la Commission des Toxiques), sur les résultats des discussions et commentaires des États membres de l'OIV et sur les discussions au sein des membres du groupe de travail de cette étude (BNIC¹, CIVC², Inter Rhône, Chambre d'Agriculture des Pyrénées-Orientales, SRPV³, DGCCRF⁴ et INRA⁵).

L'étude est réalisée sur 3 millésimes : 1999 – 2000 et 2001, afin de couvrir des années climatiques différentes. Les 3 années d'étude, sont toutes réalisées dans des conditions expérimentales maîtrisées (applications, vinifications, analyses), mais seules les campagnes 2000 et 2001 font l'objet d'expérimentations « spécifiques », réalisées selon les BPE, avec des stratégies de traitements et des matières actives sélectionnées, par le groupe de travail.

La première campagne a permis d'une part de rassembler les données bibliographiques des travaux menés par la filière sur le sujet et d'autre part, de faire le point plus général, sur la présence de résidus dans les raisins, les vins et les alcools, en provenance de toute la France.

En 1999, l'étude a porté sur des raisins, des vins et des alcools, issus des expérimentations déjà mises en place par les différents organismes et pour lesquelles, les calendriers de traitement sont parfaitement connus, ce qui représente 34 parcelles, réparties sur 9 régions dans tout le territoire français.

Les deux autres années, un programme d'expérimentation spécifique « LMR vins » est mis en place, dans 5 régions viticoles différentes :

- Champagne (CIVC – Epernay)
- Charente (BNIC – Cognac)
- Languedoc (ITV France – Rodilhan)
- Roussillon (ITV France – Perpignan)
- Vallée du Rhône (ITV France – Orange).

Le même programme et la même stratégie de traitements sont appliqués sur les 3 régions suivies par ITV France, de manière à pouvoir faire une comparaison interrégionale des résultats.

Les applications sont réalisées avec des appareils pneumatiques à dos, avec passage face par face, en respectant les BPE (Bonnes Pratiques d'Expérimentation).

Le CIVC suit les parcelles en Champagne, dans le cadre d'un programme de protection raisonnée du vignoble. Le BNIC s'est chargé des essais en Charente.

Chaque parcelle fait l'objet d'une mini-vinification en conditions contrôlées. Après vendange mécanique, des mini-vinifications, suivies de distillations « pilotes » charentaises (double chauffe) sont effectuées par la Station Viticole du BNIC. Au total, 32 molécules différentes (28 matières actives + 4 métabolites) sont recherchées sur les trois années et 362 analyses réalisées.

Les résultats des analyses montrent que parmi les 32 molécules étudiées, 11 ne sont pas décelées ni dans les raisins, ni dans les vins, 8 sont détectées dans les raisins mais à des teneurs inférieures aux LMR, et 13 se retrouvent dans les vins à des niveaux variables selon les régions étudiées.

Le **tableau 1** reprend ces résultats en précisant le nom des matières actives identifiées. Les teneurs dans les vins sont toutes inférieures aux LMR vins proposées, à l'exception du thirame pour lequel, elles sont quelque fois dépassées (**Tableau 2**).

Pour le pyriméthanil on retrouve dans un essai de Midi-Pyrénées, en 1999, une teneur supérieure à la LMR vins proposée. Il s'agit d'un essai ayant reçu une application à mi-véraison. On

¹ BNIC : Bureau National Interprofessionnel du Cognac

² CIVC : Comité Interprofessionnels des Vins de Champagne

³ SRPV : Service Régional de la Protection des Végétaux

⁴ DGCCRF : Direction Générale du Commerce, de la Concurrence et de la Répression des Fraudes

⁵ INRA : Institut National de la Recherche Agronomique

constate que les teneurs dans les vins sont d'autant plus élevées que le délai entre le traitement et la récolte est plus court. Toutefois, les teneurs retrouvées dans les vins des autres essais durant l'étude sont toutes inférieures à la LMR vins proposée (teneur moyenne retrouvée 0,30 mg/l).

Tableau 1 - Identification des matières actives analysées en fonction de leur action

Molécules ou matières actives	Action des molécules				
	Herbicides	Insecticides	Fongicides		
			Anti-Oïdium	Anti-Mildiou	Anti-Botrytis
Non décelées sur raisins, ni vins	Diuron Glyphosate AMPA Simazine	Chlorpyriphos-éthyl Chlorpyriphos-méthyl Deltaméthrine Lamda-cyhalothrine Méthidathion	Penconazole	Fénamidone	
Détectées uniquement sur raisins (1)		Parathion-méthyl Méthomyl	Quinoxyfen Tébuconazole	Famoxadone Folpel Mancozèbe Oxadixyl	
Détectées sur vins		Tébufénoside		Acide phosphoreux Azoxystrobine Diméthomorphe Phtalimide Métabolite de la fénamidone	Cyprodinil Fludioxonil Procymidone 3,5 DCA Pyriméthanyl Thirame Fenhexamide

(1) à des teneurs inférieures aux TMR raisins

Tableau 2 - LMR vins proposées par le groupe bilan des trois années d'étude

Molécules	Teneur maximale détectée dans les vins (en mg/l)	LMR proposées à l'OIV (en mg/l)
Acide phosphoreux	12,60	50,00
Azoxystrobine	0,25	1,00
Chlorpyrifos-éthyl	< 0,004	0,10
Chlorpyrifos-méthyl	< 0,008	0,05
Cyprodinil	0,08	0,50
Deltaméthrine	< 0,01	*
Diméthomorphe	0,58	1,00
Diuron	< 0,01	0,02
Famoxadone	< 0,02	*
Fénamidone	< 0,02	2,00
Métabolite de la fénamidone	0,04	*
Fenhexamide	0,20	1,00
Folpel	< 0,004	0,10
Métabolite folpel = phtalimide	1,14	*
Fludioxonil	0,05	0,50
Glyphosate	< 0,05	0,10
Métabolite du glyphosate = AMPA	< 0,05	*
Lambda-cyhalothrine	< 0,01	*
Mancozèbe (CS2)	< 0,10	0,10
Méthidathion	< 0,04	*
Méthomyl	< 0,02	*
Oxadixyl	< 0,03	0,75
Parathion-méthyl	< 0,01	0,02
Penconazole	< 0,02	*
Procymidone	0,07	2,00
Métabolite du procymidone = 3,5 DCA	0,01	*
Pyriméthanil	1,18	1,00
Quinoxyfen	< 0,01	0,02
Simazine	< 0,02	0,02
Tébuconazole	< 0,04	0,05
Tébufénoside	0,11	0,30
Thirame (CS2)	0,68	0,10

* Pas de proposition OIV

Présence de métabolites dans les vins

Les quatre métabolites étudiés (3,5 DCA, phtalimide, métabolite de la fénamidone, acide phosphoreux), sont présents dans les vins. Les teneurs sont faibles pour le 3,5 DCA et le métabolite de la fénamidone (respectivement 0.01 et 0.04 mg/l). Les teneurs mesurées sont plus élevées pour le phtalimide, métabolite provenant du folpel. Les teneurs en phtalimide dans les vins sont directement proportionnelles aux teneurs de folpel sur les raisins. Ces teneurs élevées se remarquent surtout dans la région du Roussillon, où le Délai Avant Récolte (DAR) est plus court et où les teneurs en folpel sont les plus élevées dans les raisins (1.14 mg/l). L'acide phosphoreux, métabolite du Fosétyl se retrouve également dans les vins (12,6 mg/l) mais à une teneur quatre fois inférieure à la LMR proposée.

Différences régionales

Après trois ans, on constate, dans les conditions bien précises de cette étude, des résidus en plus grande quantité (bien que tous inférieurs aux LMR vins proposées) dans les régions du Sud, pour lesquelles les années 2000 et 2001 ont été particulièrement sèches et très ensoleillées.

Enfin, les essais menés par la station vitivinicole du BNIC montrent que la distillation par double chauffe, semble être une excellente barrière pour les résidus de produits phytosanitaires. Aucun résidu des molécules étudiées ne passe dans l'eau-de-vie. Sur les 9 molécules étudiées en Charente depuis 1999, 3 matières actives et un métabolite sont retrouvés dans les vins, à des teneurs inférieures aux LMR proposées à l'OIV (Tableau 3).

Tableau 3 – Récapitulatif des analyses de résidus sur eaux-de-vie des trois années

Matières actives	Teneurs en résidus dans les vins en mg/l	Teneurs en résidus dans les eaux-de-vie en mg/l	LMR vins proposée en mg/l
Azoxystrobine	0,100	< 0,020	1,00
Chlorpyrifos-éthyl	< 0,001	< 0,005	0,10
Diméthomorphe	0,086	< 0,025	1,00
Famoxadone	< 0,015	< 0,015	-
Fénamidone	< 0,020	< 0,020	2,00
Métabolite de la Fénamidone	0,044	< 0,020	-
Fenhexamide	0,200	< 0,010	1,00
Quinoxifen	< 0,010	< 0,010	0,01

En conclusion, les résultats obtenus dans le cadre expérimental de cette étude, montrent que peu de molécules se retrouvent dans les vins à des teneurs qui peuvent être supérieures aux LMR proposées. Toutefois, des précautions sont à prendre avec :

- thirame, qui bien que le DAR officiel soit de 28 jours, est à utiliser de préférence au plus tard 60 jours avant récolte,
- pyriméthanil pour lequel le DAR de 35 jours, doit être impérativement respecté pour éviter tout risque de dépassement de LMR proposée dans les vins (1,00 mg/l), notamment dans les régions du Sud, les années à faible pluviométrie.
- fludioxonil, cyprodinil et tébufénoside qui s'ils sont utilisés en «conditions limites» (DAR plus courts) donnent des résidus un peu élevés dans les raisins, proches des LMR. Toutefois, aucun problème n'est constaté dans les vins,
- folpel, pour lequel il est important pour éviter des problèmes fermentaires, de respecter le DAR de 28 jours et la dose de 1500 g/ha. Le folpel se transforme dans les vins en phtalimide, métabolite sans effet sur les fermentations.

Le facteur « région » ressort également de l'étude car les parcelles de Perpignan contiennent plus de résidus que les autres régions. Ceci peut s'expliquer par :

- des délais entre dernier traitement et récolte, généralement plus courts (récolte plus tôt),
- des conditions climatiques particulièrement sèches,
- un manque de développement de la végétation lors des traitements, pouvant entraîner une concentration du produit sur les grappes.

Cette étude nationale a permis de bien définir la situation des principales matières actives utilisées en viticulture, vis-à-vis du risque résidu. Elle complète les enquêtes et autres études menées antérieurement, notamment par la Protection des Végétaux et la Direction Générale de l'Alimentation et du Ministère de l'Agriculture.

Ainsi les enquêtes « raisin/vin » réalisées chaque année depuis 1990 au plan national apportent un grand nombre d'informations sur la situation « résidu » en viticulture.

Les résultats montrent que les LMR dans les raisins sont respectées dans 99,5 % des cas, que plus de 80 % des raisins contiennent moins de 1/10^{ème} des LMR et 45 % sont inférieures aux limites de quantification de méthodes. Seul le 1/3 des molécules étudiées se retrouvent dans les vins, le plus souvent à des teneurs faibles, nettement inférieures à celles observées sur raisins.

Les molécules qui se retrouvent systématiquement dans les vins sont des fongicides anti-mildiou (cuivre, diméthomorphe, acide phosphoreux, oxadixyl, azoxystrobine), des fongicides anti-botrytis (iprodione, procymidone, vinchlozoline, pyriméthanol, fludioxonil, cyprodinil, benzimidazoles) et un insecticide (tébufénozide).

Ces différents résultats montrent que la situation « résidus dans les vins » est globalement satisfaisante. Ils confirment l'élimination de la majorité des molécules pendant la vinification et le fait que la présence de résidus est bien souvent liée aux conditions d'emploi des produits phytosanitaires au vignoble (non respect des délais avant récolte en particulier).

Quoi qu'il en soit, les teneurs décelées dans les vins sont faibles et il convient, au vu de ces résultats rassurants, de relativiser les risques encourus par le consommateur de vin. Cela ne doit pas nous empêcher de rester vigilant et de rappeler l'intérêt de réduire encore ces teneurs, dans les vins, par la pratique d'une protection raisonnée (respecter les doses et le nombre d'applications, les délais avant récolte, la pratique de l'alternance des substances actives au sein des programmes de traitements).

En effet, en l'absence de LMR, la présence, même extrêmement faible, de résidus dans les vins, peut poser des problèmes à l'exportation, notamment avec les molécules qui ne sont pas utilisées dans le pays importateur et qui n'ont pas de tolérance d'importation.

Laisser un minimum de résidus dans les produits consommables et l'environnement fait maintenant partie des objectifs souhaités à la fois par le consommateur et le producteur.

À ce sujet, plusieurs démarches ont été engagées par l'industrie phytosanitaire, dans le but de généraliser des pratiques ayant un effet positif sur l'environnement et qui minimisent les quantités de produits phytosanitaires utilisées. Il s'agit de « mieux utiliser » les produits phytosanitaires en faisant évoluer les pratiques.

Ainsi, la **démarche « Identité Préservée du Vin »**, développée par Du Pont de Nemours en partenariat avec ITV France en est un exemple.

Testée sur 5 exploitations « pilotes » en 2000, « Identité Préservée » a été étendue à 12 en 2001, puis à 18 exploitations en 2002. Celles-ci sont situées dans les grandes régions viticoles françaises suivantes : Champagne, Alsace, Bourgogne, Beaujolais, Provence, Côtes-du-Rhône, Languedoc, Sud-Ouest, Bordeaux, Vallée de la Loire.

La démarche globale, vise à produire un vin de qualité avec le moins de résidu possible, tout en diminuant les quantités de matières actives apportées à l'hectare. L'objectif ultime est de construire une banque de données de résultats pour toutes les matières actives et d'arriver à composer des programmes de traitement adaptés à chaque région. Cela consiste à comparer deux programmes de protection raisonnée du vignoble, menés sur deux parcelles de même cépage et même terroir par des viticulteurs :

- une parcelle qui reçoit le programme « Identité Préservée », préconisé par la Société Du Pont de Nemours,
- une parcelle «témoin » qui reçoit le programme de protection habituel du producteur.

L'ensemble de la démarche est ensuite contrôlé par un organisme indépendant « Bureau Véritas ».

Les viticulteurs qui participent à l'expérimentation sont des producteurs, soit vigneron indépendants de petits ou grands domaines ou encore de caves coopératives. Ils conduisent tous leur vignoble de façon raisonnée : recours à des molécules au profil environnemental favorable ; alternance des produits ; bonnes pratiques d'utilisation ; raisonnement des traitements (observations, modèles, avertissements ...).

Dans chaque exploitation, les essais sont menés en grandeur nature. Les parcelles sont vinifiées à part, jusqu'à la mise en bouteilles, de manière à pouvoir réaliser l'analyse des résidus des matières actives utilisées par le producteur. Les méthodes de vinification sont celles utilisées par le vigneron (traditionnelle, macération pelliculaire, en blanc, en rouge ...). Ainsi, en 3 ans d'expérimentations, une gamme importante de cépages a été vinifiée : chardonnay, chenin, sauvignon, semillon, gewurztraminer, pour les blancs et pinot, gamay, syrah, grenache, merlot et cabernet pour les rouges.

L'analyse des résidus des matières actives dans les vins est effectuée avant assemblage par des laboratoires indépendants et reconnus conformes aux « Bonnes Pratiques de Laboratoire ». En 3 ans, c'est un total de 450 analyses qui a été réalisé et 34 molécules recherchées.

La dégustation des vins finis est également réalisée par des œnologues indépendants. Elle permet de comparer la qualité gustative du vin issu de la parcelle témoin de celui issu de la parcelle « Identité Préservée ». Les matières actives sélectionnées par les programmes « Identité Préservée » de 2000 à 2002, sont précisées dans le tableau 4.

Les résultats des analyses de résidus montrent que sur 34 matières actives recherchées, 11 sont retrouvées dans les vins.

En revanche, aucune trace de résidu n'a été détectée aux limites de quantification des méthodes utilisées pour les 23 autres matières actives (Cf. Tableau 4).

Tableau 4 – 34 matières actives utilisées dans le programme « Identité Préservée » de 2000 à 2002

Nombre	Détection dans les vins	Enquête DGAL/SRPV (90 à 2000)	Etude ONIVINS (99 à 2001)	Identité Préservée du vin Du Pont de Nemours (2000 à 2002)	Limite de quantification en mg/l
	Matières actives				
1	Acide phosphoreux	Déecté	Déecté	Déecté	0,50
2	Azoxystrobine	Déecté	Déecté	Déecté	0,01
3	Chlorpyriphos	-	ND	ND	0,01
4	Clofentézine	ND	-	ND	0,04
5	Cymoxanil	ND	-	ND	0,02
6	Cyprodinil	Déecté	Déecté	Déecté	0,02
7	Cuivre	Déecté	-	Déecté	0,02
8	Dinocap	ND	-	ND	0,02
9	Diméthomorphe	Déecté	Déecté	Déecté	0,02
10	Famoxadone	ND	ND	ND	0,02
11	Fenhexamide	Déecté	Déecté	Déecté	0,02
12	Fenpropathrine	-	-	ND	0,01
13	Fénoxycarbe	ND	-	ND	0,02
14	Fluzinam	ND	-	ND	0,02
15	Fludioxonil	Déecté	Déecté	ND	0,02
16	Flufénoxuron	ND	-	ND	0,01
17	Flusilazole	ND	-	ND	0,05
18	Folpel	ND	ND	ND	0,01
19	Foséthyl-al	ND	-	ND	0,5
20	Indoxacarbe	-	-	ND	0,02
21	Iprodione	Déecté	-	Déecté	0,02
22	Krésoxim-méthyl	ND	-	ND	0,01
23	Lufénuron	ND	-	ND	0,02
24	Mancozèbe	ND	ND	ND	0,10
25	Méfénoxam	-	-	ND	0,04
26	Méthomyl	ND	ND	ND	0,02
27	Méthirame de zinc	ND	ND	ND	0,10
28	Procymidone	Déecté	Déecté	Déecté	0,02
29	Phtalimide	-	-	Déecté	0,025
30	Pyriméthanil	Déecté	Déecté	Déecté	0,01
31	Quinalphos	-	-	Déecté	0,02
32	Quinoxifen	ND	ND	ND	0,02
33	Tralométhrine	-	-	ND	0,01
34	Trifloxystrobine	-	-	ND	0,02

ND = NON DÉTECTÉ

Le **tableau 5** précise le pourcentage de détection des 11 molécules retrouvées dans les vins, pendant les 3 années d'expérimentations.

Tableau 5 – Molécules détectées dans les vins

Action	Matières actives	Nombre de détection	Pourcentage de détection
		Nombre d'analyses	
Anti-mildiou	Cuivre	26/26	100 %
	Acide-phosphoreux	23/24	96 %
	Phtalimide	12/19	63 %
	Diméthomorphe	4/6	67 %
Anti-oïdium	Azoxystrobine	2/2	100 %
Insecticide	Quinalphos	1/7	14 %
Anti-botrytis	Cyprodinil	1/2	50 %
	Fenhexamide	5/12	42 %
	Iprodione	2/3	67 %
	Procymidone	3/3	100 %
	Pyriméthanol	12/13	92 %

Pour le cuivre, les résultats montrent une corrélation entre les 3 dernières applications et les teneurs en résidus retrouvées dans les vins. En moyenne, 1000 g/ha appliqués entraînent une teneur en cuivre dans les vins de 0,12 mg/l. De manière générale, on trouve 3 fois plus de résidus de cuivre dans les rouges (0,18 mg/l), que dans les blancs (0,08 mg/l).

En ce qui concerne l'acide phosphoreux, aucune corrélation n'a pu être établie entre le stade d'application et la teneur retrouvée. Les seules corrélations observées, sont la dose/ha et le type de vinification.

Ainsi, en moyenne, 1000 g/ha de fosétyl donnent 1,85 mg/l d'acide phosphoreux dans les vins. Dans ce cas également, on trouve 3 fois plus de résidus dans les rouges que dans les blancs. Les teneurs vont de 1,4 mg/l (pour une application de fosétyl à 1500 g/ha et vinification en blanc) à 40 mg/l (pour 8 applications à 1800 g/ha et vinification en rouge).

Enfin, pour le pyriméthanol, la teneur en résidu dans les vins est corrélée avec le stade d'application (B et C).

En ce qui concerne les quantités de produits utilisées : elles sont passées de 60 kg/ha en moyenne, en 2000 avec le programme de protection habituel du viticulteur à 26 kg/ha en moyenne en 2002 avec le programme « Identité préservée ». Cela fait une réduction de 57 % des quantités totales utilisées (soufre et cuivre compris). L'utilisation des seules matières actives de synthèse a été réduite de 30 % en 3 ans.

De même, les quantités d'emballages ont diminué par rapport aux programmes habituellement appliqués par les viticulteurs.

De plus, les programmes « Identité préservée » n'ont pas entraîné de surcoût par rapport aux programmes de référence.

Enfin, la dégustation des vins n'a pas présenté de différences significatives des qualités organoleptiques entre les vins témoins et les vins « Identité préservée ».

Ainsi, cette démarche, qui depuis 3 ans, donne des résultats encourageants, permet :

- d'obtenir des vins contenant un minimum de résidus, tout en préservant leurs qualités organoleptiques,
- la maîtrise des coûts de production,
- une réduction significative des quantités de matières actives apportées à l'hectare et du volume d'emballage à recycler, ce qui contribue à un meilleur respect de l'environnement.

Elle s'inscrit dans la démarche plus globale de DuPont, de respect de l'environnement et de protection raisonnée de la vigne.

Un autre exemple de démarche suivi par l'Industrie phytosanitaire est celui du **Réseau Ageris de SYNGENTA**. Il a pour objectif de montrer que rendement, qualité et respect de l'environnement, sont des notions compatibles.

Pour cela, 14 exploitations réparties sur l'ensemble du territoire français, s'engagent sur les principes d'une Agriculture Raisonnée, dont 5 sont des domaines viticoles, il s'agit :

- en Anjou du Château Soucherie,
- dans le Bordelais du Château Les Vergnes,
- dans le Beaujolais du Domaine des Terres Morel,
- en Champagne du Domaine Rousseaux,
- dans les Costières de Nîmes du Château St-Louis la Perdrix.

Ces 5 exploitations sont destinées à servir de référence en matière de pratiques raisonnées viticoles. Elles se sont donc engagées :

- **à respecter les Bonnes Pratiques Agricoles**, en disposant notamment des équipements indispensables pour lutter contre toutes formes de pollutions qu'elles soient diffuses ou ponctuelles (local de stockage des produits phytosanitaires adapté, aires dédiées et aménagées de rinçage et de remplissage du pulvérisateur, respect des recommandations d'emploi des produits, contrôle des pulvérisateurs, récupération des emballages vides, gestion des fonds de cuve ...),
- **à raisonner la conduite des vignobles**, en fonction des caractéristiques de la parcelle, du risque maladie, de la flore adventice ou de la prolifération des ravageurs nuisibles. Pour cela, le viticulteur fait appel à diverses techniques (avertissements agricoles, modélisation, observations, comptages, piégeages ...). En fonction des résultats, il intervient avec le produit le mieux adapté, à la dose souhaitable, au stade optimum et dans des conditions climatiques les plus favorables possible.
- **à préserver l'environnement et le paysage rural**, en entretenant et en renouvelant les zones non cultivées (haies, boqueteaux ...), pour lutter contre l'érosion et les pollutions ou encore en installant des bandes enherbées le long des cours d'eau qui permettent d'éviter les dérives de pulvérisation et qui constituent un filtre naturel qui limite le transfert des molécules vers le milieu aquatique.

La mesure des résultats issus des techniques, efforts et précautions mis en œuvre sur ces exploitations est faite par des audits (un au lancement de l'opération, puis plusieurs réguliers dans le temps). Ces audits sont réalisés par des organismes indépendants :

- ARVALIS – Institut du végétal pour les audits « eau »,
- Fédération Nationale des Chasseurs, pour les audits « faune sauvage »,
- Institut National Agronomique de Paris-Grignon pour les audits « flore sauvage » .

Toutes les opérations réalisées sur les parcelles de l'exploitation sont enregistrées (logiciel de gestion parcellaire) et mises à la disposition de la filière. Ainsi, les exploitations viticoles du réseau peuvent servir de « vitrine » pour les distributeurs et les prescripteurs qui veulent communiquer sur les avantages d'une agriculture raisonnée. Le réseau AGERIS constitue donc un outil pédagogique de référence, pour tous les acteurs des filières et ce depuis l'agriculteur, jusqu'au consommateur.

Le but est de promouvoir une agriculture économiquement viable, mais également soucieuse de mettre sur le marché, des produits de qualité, des produits « tracés », qui sont une garantie en termes de sécurité alimentaire.

Les deux démarches citées, font partie des opérations engagées dans le but d'arriver à une « utilisation durable des pesticides ». Mais elles ne sont pas les seules.

En effet, l'industrie phytosanitaire, à travers l'UIPP, s'inscrit de façon générale, dans cette voie d'agriculture durable. Ainsi, en 30 ans, les doses d'utilisation à l'hectare ont été divisées par 100. Des investissements dans la recherche sont réalisés (exemple Société BAYER), pour obtenir des produits qui nécessitent de moins en moins de principes actifs à l'hectare ou qui se dégradent très vite, occasionnant un impact réduit sur le milieu naturel, ou encore des matières actives déjà présentes, à l'état naturel, dans l'environnement.

La promotion des « Bonnes Pratiques phytosanitaires » fait également partie des programmes de l'UIPP, qui a mis en place, un réseau de fermes « pilotes », chargées d'informer et de former les agriculteurs, mais également les relais d'opinion et le grand public, à la bonne utilisation des produits phytosanitaires.

L'extension rapide de l'agriculture raisonnée représente un enjeu majeur pour tous, autant pour les producteurs, sur le plan quantitatif et qualitatif, que pour les consommateurs, soucieux de leur santé et les citoyens dans leur ensemble, qui souhaitent préserver leur environnement.

Produits phytosanitaires : des outils informatiques pour aider à mieux les utiliser

En viticulture, il n'existe souvent pas de solution suffisamment efficace en matière de lutte biologique ou de mesures prophylactiques et le recours aux produits phytosanitaires s'avère ainsi indispensable. Ceux-ci ne s'utilisent malheureusement pas sans risque de porter atteinte à l'environnement, à différents niveaux lors de leur mise en oeuvre.

Les outils informatiques peuvent aider à prendre en compte les aspects environnementaux lors de l'utilisation des produits phytosanitaires, en donnant une vision relativement simplifiée, mais la plus juste possible d'un système complexe.

DiaPhyt : pratiques agricoles et risques induits pour l'homme et les animaux

Philippe DELVAL – ACTA

Maison des Agriculteurs, 18 Av. des Monts d'Or, 69890 La Tour de Salvagny

Dans la perspective d'une agriculture durable, il est nécessaire, concernant les techniques de production, de faire un état de la situation relatif à l'impact de ces techniques sur les différentes composantes du milieu, tant pour le diagnostic du système d'exploitation que pour l'évaluation de nouvelles techniques proposées.

L'agriculteur a besoin, aujourd'hui et encore plus demain, d'outils le guidant dans son raisonnement pour minimiser les risques éventuels liés à ses pratiques et notamment à l'usage des produits phytosanitaires et ainsi répondre positivement aux attentes de la société.

C'est pourquoi une action de recherche dénommée « élaboration d'un outil d'appréciation des pratiques phytosanitaires en agriculture » a été engagée avec comme ICTA pilote l'ACTA et comme responsable de l'étude Jean-Noël REBOULET, décédé l'an dernier.

Cette action a été développée en trois phases :

- une phase d'analyse des méthodes existantes ou en cours d'élaboration à cette date,
- une phase d'élaboration du système par des groupes de travail ,
- une phase de validation et de développement informatique.

1/ Analyse de méthodes existantes ou en cours d'élaboration

Au cours de l'année 1998, treize méthodes déjà utilisées ou en cours d'élaboration en Europe ont été analysées.

La plupart des méthodes recensées avait pour objectif d'évaluer les risques de pollution des eaux souterraines et superficielles.

Très peu considéraient les risques agronomiques, les risques pour la faune et la flore terrestre, ou les risques pour la santé.

Aucune des méthodes ne prenait en considération les risques de pollution ponctuelle liés aux manipulations et aux modalités d'utilisation des produits.

En conclusion, l'objectif de créer un outil global d'appréciation du risque au niveau de l'exploitation était donc confirmé puisque inexistant et pouvant répondre à un besoin.

2/ Élaboration de l'architecture globale du système d'appréciation des risques

La démarche s'est inscrite, elle aussi, en plusieurs phases :

- définition du principe général de travail,
- choix des différents types de risques,
- choix des paramètres,
- définition du principe d'appréciation globale des niveaux de danger, d'exposition et de risque.

Principe général

Pour chaque module, chaque intervention phytosanitaire réalisée sur chaque culture et chaque parcelle de l'exploitation est analysée selon une démarche destinée à apprécier un éventuel RISQUE lié au DANGER et à l'EXPOSITION.

Le DANGER d'un produit correspond à ses caractéristiques toxicologiques, écotoxicologiques et physico-chimiques.

Le travail final aboutit à l'utilisation de bases de données existantes ou à l'élaboration de bases manquantes permettant de classer les spécialités commerciales en fonction de catégories déterminées par les experts.

L'EXPOSITION à un produit, pour un traitement donné, est liée aux caractéristiques du milieu et aux modalités d'utilisation avant, pendant et après le traitement.

Cela conduit à définir également des classes d'EXPOSITION au produit.

Le RISQUE résulte de la combinaison des classes de DANGER et des classes d'EXPOSITION.

L'objectif était d'aboutir à un système simple permettant à l'agriculteur de visualiser rapidement les points critiques éventuels et d'envisager des améliorations souhaitables telles que les précautions d'utilisation, le choix des produits, l'époque et le nombre de traitements, voire certaines techniques de production.

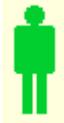
Choix des différents types de risque à apprécier

L'étude préliminaire avait défini un certain nombre de risques et cela avait résulté à envisager de travailler initialement sur onze modules d'appréciation.

Pour trois modules, l'insuffisance de données scientifiques n'a pas permis de bâtir une démarche suffisamment fiable :

- le transfert par l'air,
- les lombriciens,
- la persistance des produits dans le sol.

Sept modules ont été donc retenus avec pour chacun d'eux un ensemble de partenaires :

- la santé humaine [CCMSA, Centre Anti-Poison de Lyon, CNITV de Lyon] 
- la santé animale (animaux de rente) [CNITV de Lyon] 
- la pollution des eaux de surface et des eaux souterraines [ICTA, INRA Colmar] et les organismes aquatiques [INRA Thonon] 
- la faune sauvage terrestre [INRA Versailles, ONCFS] 
- les abeilles domestiques [INRA Lusignan] 
- les auxiliaires entomophages [ICTA] 
- les résistances des ennemis des cultures [INRA Versailles, INRA Dijon]. [module non terminé]

Dans le module pollution et organismes aquatiques, le logiciel s'intéresse plus particulièrement aux pratiques qui provoquent des pollutions ponctuelles. Concernant les pollutions diffuses, un système d'alerte simple conduit l'agriculteur à utiliser des systèmes reconnus (CORPEN, INDIGO[®]) afin d'affiner l'analyse.

Choix des paramètres

À partir de la liste exhaustive des paramètres, établie lors de l'étude préliminaire, il a été nécessaire, pour chaque module, de faire un choix des paramètres selon les critères suivants :

- pour les DANGERS des produits, les paramètres ont été sélectionnés d'une part sur avis des experts qui ont participé à l'élaboration de chaque module et d'autre part selon la disponibilité des données toxicologiques, écotoxicologiques et physico-chimiques disponibles pour l'ensemble des spécialités commerciales et notamment de bases de données.
- Pour l'EXPOSITION, les paramètres sont également sélectionnés selon l'avis des experts qui ont participé à l'élaboration de chaque module. Un deuxième critère de choix est la possibilité, par l'utilisateur du système, de renseigner facilement et assez rapidement l'ensemble des paramètres d'exposition prévus pour chaque module.

En final, un nombre limité de paramètres pertinents et facilement accessibles a été retenu pour chacun des modules.

Appréciation globale des niveaux

Les membres des groupes de travail dans chaque module ont ensuite procédé :

- à définir les questions appropriées à retenir en fonction de chaque paramètre,
- à hiérarchiser ces différents paramètres,
- à élaborer un principe d'appréciation des niveaux de DANGER et d'EXPOSITION,
- à croiser les niveaux de DANGER et d'EXPOSITION pour obtenir un indice de RISQUE.

Concernant le DANGER, selon les modules, trois à cinq classes ont été retenues :

- négligeable et / ou faible,
- moyen,
- élevé et / ou très élevé

Concernant l'EXPOSITION, la somme des différents critères pris en compte résulte à un score représenté sur une échelle progressive avec trois classes :

- faible,
- moyenne,
- élevée.

Sur avis d'experts et suite aux premières simulations, la combinaison des classes de DANGER et des classes d'EXPOSITION indique le RISQUE lié à un traitement avec un produit donné, exprimé pour chaque module avec trois classes :

- risque faible,
- risque moyen,
- risque élevé.

3/ Validation et développement informatique

L'ensemble des résultats d'expertises et des démarches spécifiques à chaque module fait l'objet d'un développement informatique qui a débuté à la fin de la deuxième année d'étude. Actuellement sur les sept modules prévus, six sont informatisés et permettent de faire des démonstrations de validation auprès des acteurs de la filière.

Les différentes fonctionnalités de ce logiciel, dénommé DIAPHYT, sont les suivantes :

- Après avoir saisi les caractéristiques générales de l'exploitation (environnement, présence de points d'eau, local de stockage,...)

ACTA **DiaPhyt** version 2.0
P. Megeol Info-Bulles

Évaluation des risques liés à l'utilisation de produits phytosanitaires.

PARAMÈTRES GÉNÉRAUX DE L'EXPLOITATION

Merci de remplir le questionnaire suivant, en validant les différents choix possibles. Il s'agit ici de critères assez généraux et le plus souvent communs à tous les modules. Cela permettra à DiaPhyt d'éviter de vous poser les mêmes questions à chaque traitement.

Quel type de matériel utilisez-vous habituellement pour les traitements par pulvérisation ?

Type de matériel : Pulvérisation :

Quel est l'environnement général de l'exploitation ?

Facteurs d'environnement :

Facteurs de pollutions diffuses : Zone tampon ou non traitée autour des points d'eau
 Sol battant (ruissellement)
 Dispositif de drainage
 Sol filtrant (résERVE utile < 100mm)

Y'a-t'il des animaux sur l'exploitation : Oui Non

Gestion des produits phytosanitaires et du pulvérisateur :

Local de stockage des produits :

- Sol du local de stockage cimenté
- Local de stockage avec dispositif de rétention
- Stockage à proximité d'aliments stockés
- Stockage à proximité d'animaux en bâtiment
- Stockage à proximité de passages d'animaux
- Rincage des emballages vides
- Emballages vides stockés dans container

Préparation des baillies :

- Aire de préparation cimentée
- Présence d'un système anti-débordement
- Présence d'un bac de récupération
- Remplissage depuis réseau eau ou captage irrigation
 - Clapet anti-retour ou cuve intermédiaire
 - Aspiration dans un point d'eau
- Préparation à proximité d'aliments stockés
- Préparation à proximité d'animaux en bâtiment
- Préparation à proc. d'animaux en pâture ou libres

Gestion du pulvérisateur :

- Reliquat dans la cuve (même exceptionnellement)
 - Fonds de cuve récupérés dans bac
 - Fonds de cuves pulvérisés sur culture
 - Fonds de cuve déversés sur le sol
 - Autre...
- Pulvérisateur avec dispositif de rinçage
 - Rinçage cuve à proximité d'aliments stockés
 - Rinçage cuve à proximité d'animaux en bâtiment
 - Rinçage cuve à proc. d'animaux en pâture ou libres

Écran 1: Paramètres globaux de l'exploitation

et les caractéristiques de chaque parcelle (culture, environnement, sol,...),

Nom ou référence de la parcelle :

Surface totale (ha) : Commune :

Surface actuellement cultivée (ha) :

Culture en cours : Liste...

Date de semis / plantation : Date de récolte :

Historique :

Environnement

Quel est l'environnement de CETTE parcelle ?

Facteurs d'environnement :

Y'a-t'il un POINT D'EAU à moins de 1 km : Oui Non

Facteurs de pollutions diffuses : Zone tampon ou non traitée autour des points d'eau
 Sol battant (ruissellement)
 Dispositif de drainage
 Sol filtrant (résERVE utile < 100mm)

Parcelle n° 7 / 16

Écran 2 : Caractéristiques d'une parcelle

- l'utilisateur saisit chaque traitement effectué (date, opérateur, parcelle traitée, surface traitée, spécialité commerciale, dose, volume de bouillie/ha).

Opérateur :	Leffis Georges	
Date du traitement :	samedi 19 avril 2003	
Durée du traitement :	< 4 h	
Conditions climatiques :	< 25° et pas de vent	
Identification de la parcelle : petit verger		
Surface totale de la parcelle : ha	0,3 ha	
Surface cultivée : ha	0,3 ha	
Surface traitée : ha	0,3 ha	
Cultures :	vigne	Précisez le type de Traitement : <input type="radio"/> Desherbage <input checked="" type="radio"/> Parties aériennes
Produit employé :	Elakur	concentré émulsionnable
Dose employée /ha :	1,50 L/ha	Dose max autorisée : 2 L de produit / ha
Volume de bouillie employé : L/ha	100 L/ha	
Date prévue pour la récolte :	mardi 2 septembre 2003	Délai avant récolte : 21 j

Écran 3 : référence du traitement

- Pour chaque module, les dangers du produit utilisé sont précisés, à partir de différentes bases de données intégrées au logiciel.

DANGERS DU PRODUIT		
Toxicité Aiguë : Majeure troubles digestifs (nausées, vomissements, crampes abdominales, diarrhées), maux de tête, vision floue, sueurs, salivation, difficultés respiratoires en rapport avec d'abondantes sécrétions bronchiques, crampes musculaires et tremblements, pertes d'urines. L'intoxication fait suite à une ou des pulvérisation(s) intensive(s) avec inhalation d'aérosols et surtout protection insuffisante de la peau.	Toxicité Locale : Modérée - vision floue et pupilles serrées en cas de projection oculaire accidentelle ; - essoufflement ou crise d'asthme en cas d'inhalation d'aérosols en milieu clos ; - exceptionnellement, dermatite d'irritation ou eczéma allergique ou réaction phototoxique lors du contact répété sans protection.	Toxicité Chronique : Faible Fatigue, pertes de mémoire, troubles de l'humeur, atteinte des nerfs périphériques possibles en cas d'exposition prolongée avec intoxications minimes à répétition. En l'état actuel des connaissances, pas d'effet à long terme en l'absence d'intoxication(s) aiguë(s).

Écran 4 : danger / santé humaine

- L'utilisateur renseigne obligatoirement tous les paramètres d'exposition retenus et spécifiques à chaque module. L'exposition apparaît alors sur une échelle progressive.

EXPOSITION AU PRODUIT :			
Culture traitée : Vigne (parties aériennes)	Pulvérisation : Jet projeté	Exposition Faible 	
Dose utilisée : Max : 2 L/ha 1,50 L/ha	Type de matériel : Tracteur traîné	Équipement pour la Préparation : <input checked="" type="checkbox"/> Combinaison adaptée <input checked="" type="checkbox"/> Gants adaptés <input checked="" type="checkbox"/> Masque à charbon actif <input checked="" type="checkbox"/> Lunettes <input type="checkbox"/> Bottes <input type="checkbox"/> Chapeau	Équipement pour l'Application : <input checked="" type="checkbox"/> Combinaison adaptée <input checked="" type="checkbox"/> Gants adaptés <input checked="" type="checkbox"/> Masque à charbon ou cabine filtr. <input checked="" type="checkbox"/> Lunettes <input type="checkbox"/> Bottes <input type="checkbox"/> Chapeau
Volume de bouillie L/ ha : 100 L/ha	Durée de traitement : < 4 h		
Conditions climatiques : < 25° et pas de vent			

Écran 5: exposition / santé humaine

- Le risque est représenté en bas de l'écran et est rappelé par la silhouette du module correspondant de la couleur exprimant l'indice final (vert, orange ou rouge)

RESQUES Risque Aigu : **Moyen** Risque Local : **Faible** Risque Chronique : **Faible**

Écran 5 : risques / santé humaine



- Un écran de synthèse récapitule les traitements déjà effectués sur l'exploitation. Cet écran permet de nombreuses actions destinées à effectuer un diagnostic phytosanitaire annuel global de l'exploitation ou un diagnostic pour chaque module de risque.

ACTA **DiaPhyt** version 2.0
P. Mougel Info-Bulles

Évaluation des risques liés à l'utilisation de produits phytosanitaires.

14 traitements / 14

Date traitement	Opérateur	Identification de la parcelle	Culture	Produit	Personne	Environnement	Équipement	Produit	Autre	Autre	Autre
16/07/03	Bongrain Jean	Potager chez Louis	asperge	Aatifen	●		●	●	●	●	●
19/04/03	Bongrain Jean	Champ du haut	maïs	Atrates EL	●	●	●	●	●	●	●
19/04/03	Bongrain Jean	Vigne du haut	vigne	Zerial	●	●	●	●	●	●	●
19/04/03	Bongrain Jean	Champ du dessous	betterave	Naba	●	●	●	●	●	●	●
19/04/03	Bongrain Jean	Coteau sud	vigne	Esparène	●	●	●	●	●	●	●
19/04/03	Bongrain Jean	Coteau sud	vigne	Dorado	●	●	●	●	●	●	●
19/04/03	Bongrain Jean	Vigne du sud	vigne	Vamin LM	●	●	●	●	●	●	●
19/04/03	Bongrain Jean	Champ chez Louis	blé	Tracker 108 EC	●	●	●	●	●	●	●
19/04/03	Lefils Georges	petit verger	poisnier	Ekalon	●	●	●	●	●	●	●
19/04/03	Lefils Georges	Grand champ	haricot	Systephas	●	●	●	●	●	●	●
19/04/03	Bongrain Jean	AB10	blé	Folimate	●	●	●	●	●	●	●
01/12/03	Lefils Georges	Petit jardin chez Paul	pois	Aztec	●	●	●	●	●	●	●
21/08/03	Bongrain Jean	Vigne coteau est	vigne	Esparène	●	●	●	●	●	●	●
26/09/03	Bongrain Jean	maurin	vigne	Pledge	●	●	●	●	●	●	●

Écran 6 : Récapitulatif des traitements

L'utilisateur a ainsi la possibilité de faire des simulations (modification des caractéristiques d'exposition, choix du produit) et d'avoir un aperçu immédiat de l'incidence de ces changements sur chacun des modules de risque.

Avant une quelconque diffusion du logiciel, il est nécessaire de :

- finaliser les sept modules réalisés en intégrant les remarques, conseils et compléments des organismes auxquels les démarches ont été présentées,
- vérifier les bases de données existantes, créer des liens avec d'autres, réaliser les bases de données manquantes.
- Finaliser les écrans de saisie d'information.
- Valider en réalisant des tests et des démonstrations auprès d'agriculteurs.
- Définir les conditions de lancement du produit.

L'objectif étant de présenter l'outil finalisé au prochain salon de l'Agriculture.

PhytoChoix : impact environnemental et choix des produits

Christian BOCKSTALLER^{1,2}, Marie THIOUET², Philippe GIRARDIN²,
Philippe KUNTZMANN³, Arnaud DESCOTES⁴

¹ Association pour la Relance Agronomique en Alsace (ARAA)

² UMR INPL-ENSAIA-INRA Agronomie et Environnement Nancy-Colmar (France)

³ Centre Technique Interprofessionnel de la Vigne et du Vin (ITV France)

⁴ Comité Interprofessionnel du Vin de Champagne (CIVC)

À partir du moment où ils sont appliqués sur la vigne, les produits phytosanitaires présentent un risque de dispersion dans l'environnement.

L'ambition de PhytoChoix est d'évaluer ce risque pour certains compartiments de l'environnement à l'échelle de la parcelle viticole.

Que fait PhytoChoix ?

Le logiciel PhytoChoix est une application de I-PHY[®]vigne (Thiouet, 2003), qui évalue l'impact des traitements phytosanitaires sur l'environnement sous forme d'un indicateur.

Un indicateur est une valeur qui donne une information simplifiée, représentative de l'état probable d'un système complexe. Le centre INRA de Colmar a construit 10 indicateurs viti-environnementaux, regroupés sous le terme INDIGO[®] (Girardin *et al.*, 1999).

I-PHY[®]vigne est l'indicateur phytosanitaire d'INDIGO[®], à partir duquel l'INRA en collaboration avec l'ARAA (Association pour la Relance Agronomique en Alsace), a développé l'application PhytoChoix, en relation et à la demande d'ITV France et du CIVC (Comité Interprofessionnel du Vin de Champagne).

PhytoChoix effectue le classement des produits phytosanitaires en fonction de l'impact potentiel de leurs **substances actives** sur différents compartiments de l'environnement (air, eaux superficielles, eaux souterraines, auxiliaires). Celui-ci est évalué en tenant compte de certaines de leurs propriétés physico chimiques, toxicologiques et écotoxicologiques, en relation avec les conditions d'application, le mode d'application (type de pulvérisation), et des caractéristiques du milieu (sensibilité au ruissellement, au lessivage, à la dérive).

Les produits phytosanitaires sont classés par leur nom de spécialités commerciales en trois listes de couleur jaune, orange ou rouge, selon la valeur de leur indicateur, ce qui permet à l'utilisateur, en fonction des caractéristiques de la parcelle, de choisir les produits et les conditions d'application, les moins pénalisants pour l'environnement.

Remarques :

- PhytoChoix n'évalue pas l'impact des traitements phytosanitaires sur la faune du sol.
- Il ne donne qu'une indication sur le danger encouru par l'applicateur, sans aucun paramétrage tenant compte du port des équipements de protection.
- PhytoChoix n'évalue pas le risque de pollution ponctuelle lié aux pratiques phytosanitaires.

Comment fonctionne PhytoChoix ?

PhytoChoix repose sur une base de données Access qui contient toutes les valeurs possibles de I-PHY[®]vigne calculées pour les différentes conditions de paramétrage (conditions d'application et sensibilité du milieu) à l'échelle de la parcelle viticole.

Outre certaines propriétés physico-chimiques, toxicologiques et écotoxicologiques des substances actives, le calcul du risque environnemental fait intervenir un paramétrage tenant compte des caractéristiques du milieu.

Pour les eaux souterraines, le calcul du risque fait intervenir en premier lieu les propriétés de la substance active (KOC, DT50 sous forme de l'indice GUS (Van Der Werf et Zimmer, 1998)) puis la sensibilité du sol de la parcelle au lessivage. Pour les eaux superficielles, c'est la sensibilité du sol de la parcelle au ruissellement des produits phytosanitaires qui intervient prioritairement, ainsi que la proximité d'un plan d'eau ou cours d'eau (« risque de dérive vers cours d'eau »). Enfin pour l'évaluation du risque de propagation de produits phytosanitaires dans l'air, une variable physico-chimique de la substance active (Constante d'Henry) et le type de pulvérisation (« risque de dérive aérienne ») sont pris en compte.

Pour chacun de ces trois modules de l'environnement considérés, intervient un autre paramètre : la position d'application, sur le sol ou sur un couvert végétal. Dans tous les cas le calcul prend en compte la couverture du sol et la direction de l'application par rapport au plan de palissage (**Figure 1**).

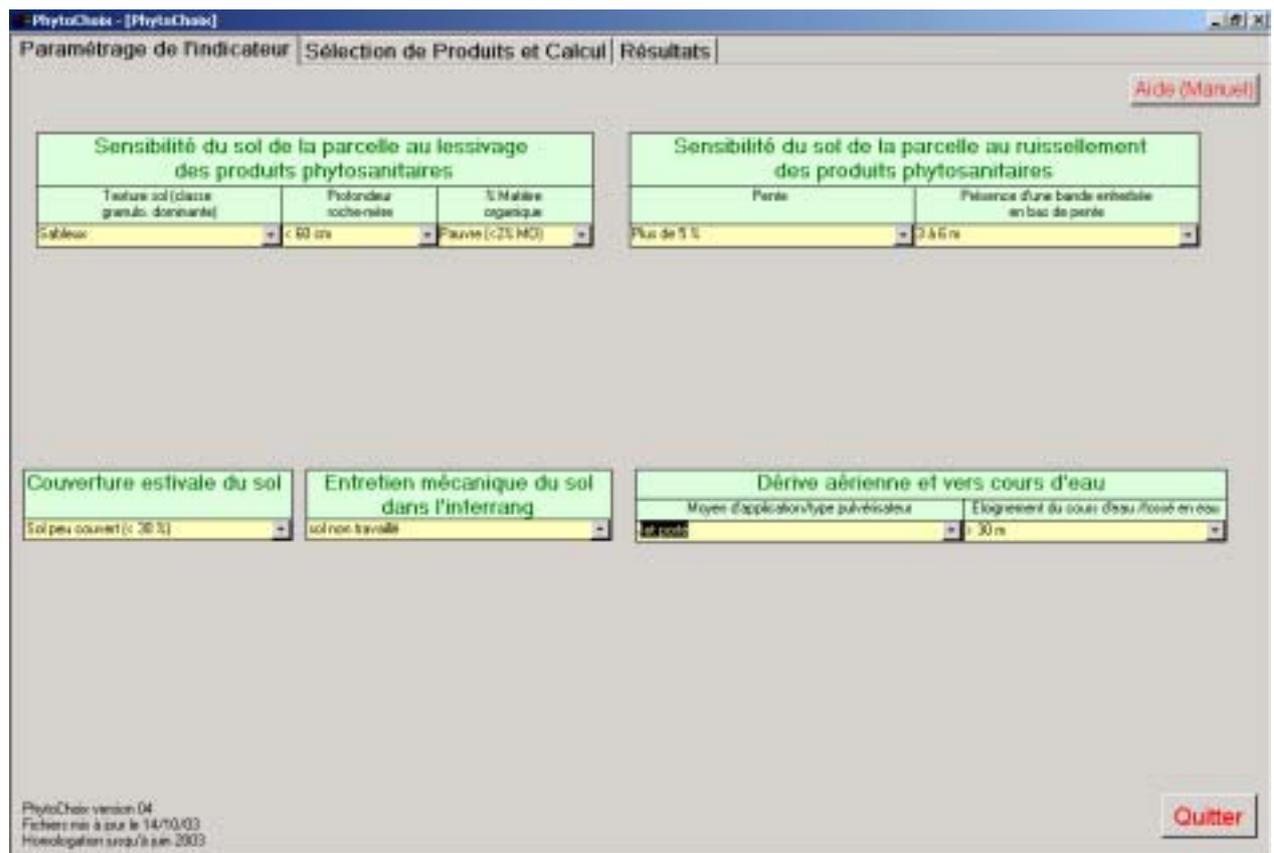


Figure 1 : Écran de paramétrage du logiciel PhytoChoix. Remarque : les éléments et résultats affichés sur cette copie d'écran sont susceptibles d'évoluer selon la version du logiciel.

La sensibilité de la parcelle au lessivage des produits phytosanitaires est liée à la texture (sol argileux, sableux ou limoneux), à la teneur en cailloux, à la profondeur et à la teneur en matière

organique du sol de la parcelle. La sensibilité de la parcelle est maximale pour un sol pauvre en matière organique, filtrant (sableux et très caillouteux) et superficiel. À l'inverse la sensibilité sera minimale pour un sol riche en matière organique, peu filtrant (limoneux et sans cailloux) et très profond.

La sensibilité de la parcelle au ruissellement des produits phytosanitaires est liée à la pente de cette dernière, à la texture de son sol et à la nature du travail du sol effectué sur l'inter-rang (travail profond ou superficiel), à la présence d'une couverture herbeuse estivale sur les inter-rangs de la parcelle (enherbement ou mulch) et à la présence d'un enherbement en bas de parcelle. La sensibilité sera maximale pour un sol argileux nu et non travaillé, avec une pente supérieure à 5% et sans bande enherbée en bas de parcelle. A l'inverse elle sera nulle pour une parcelle dont la pente est nulle.

Comment utiliser PhytoChoix ?

Après avoir renseigné les caractéristiques parcellaires et le mode d'application, l'utilisateur du logiciel effectue une sélection de produits phytosanitaires dans une liste alphabétique ou dans une liste de produits classés par type de traitement et par homologation pour une maladie ou un ravageur (*Figure 2*).

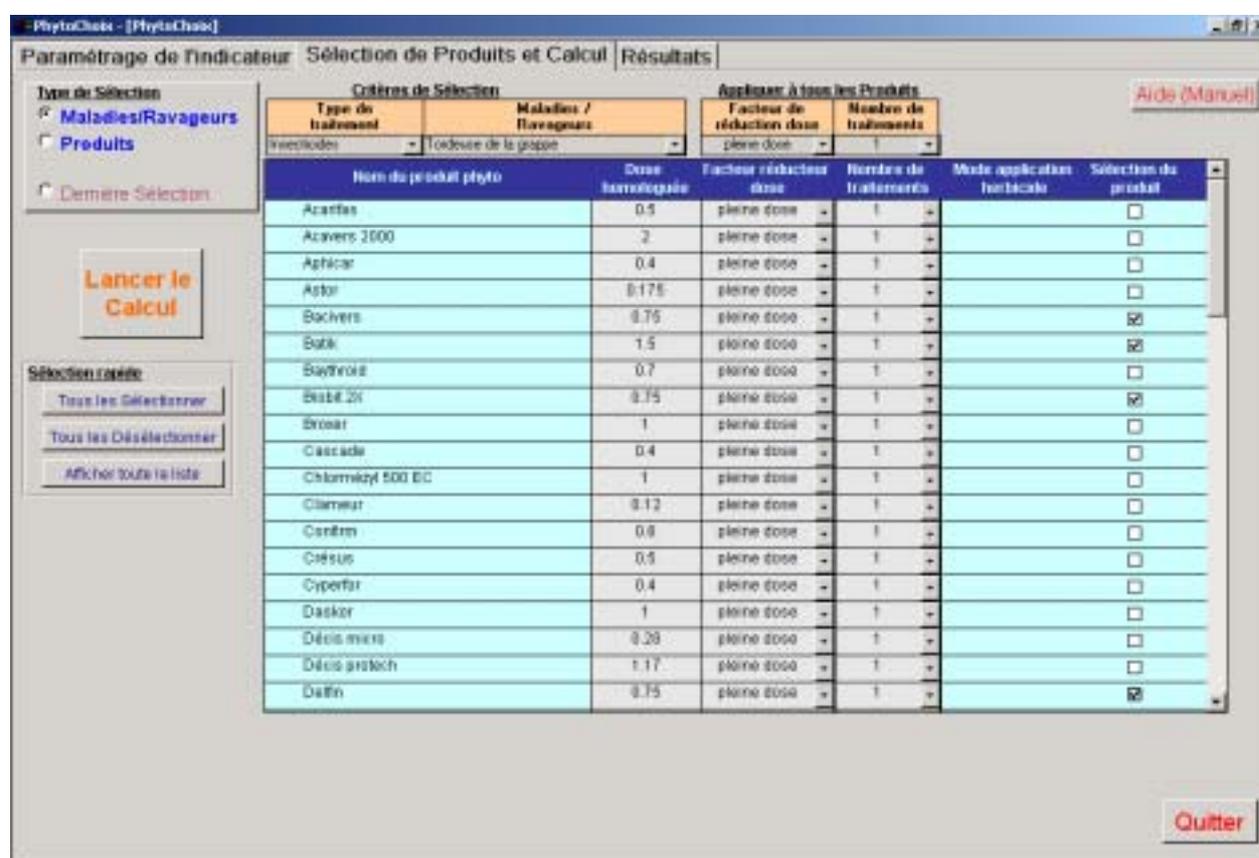


Figure 2 : Écran du logiciel PhytoChoix permettant de choisir les produits phytosanitaires pour le calcul de I-PHY[®] vigne. Remarque : les éléments et résultats affichés sur cette copie d'écran sont susceptibles d'évoluer selon la version du logiciel.

Lors du choix des produits phytosanitaires, il est possible de prendre en compte un coefficient de réduction de dose ainsi que de choisir un nombre d'applications (compris entre 1 et 5). Pour les herbicides, l'utilisateur de PhytoChoix peut choisir entre une application sur toute la surface de la parcelle ou sur le rang seulement (*Figure 2*).

Une fois le calcul effectué, le logiciel affiche les résultats de I-PHY[®]vigne sous forme d'un classement des produits phytosanitaires dans une liste rouge (risque environnemental maximal), orange (risque environnemental fort) ou jaune (risque environnemental minimal) selon la valeur de l'indicateur. Dans le cadre de la Production Intégrée, les produits phytosanitaires seront choisis prioritairement dans la liste jaune, en liste orange si la précédente ne contient pas suffisamment de produits permettant de construire un programme de traitements cohérent avec les autres principes de la Production Intégrée, comme par exemple la gestion des risques de résistance. Les produits de la liste rouge sont vivement déconseillés sauf en cas d'impasses techniques.

Certains paramètres parcelaires, comme les potentiels de lessivage, de ruissellement et de dérive, sont rappelés lors de l'affichage des résultats (risque environnemental maximal = 1 ; risque environnemental minimal = 0) (**Figure 3**).

Produit	INDICATEUR	Dose homologuée (kg ou l/ha)	Facteur dose	Nb. trait.	Sensibilité du sol au lessivage	Sensibilité du sol au ruissellement	Sensibilité à la dérive	Classement toxicologique
Deltin	0.0	0.75	1	1	1.00	0.00	0	Sans classement
Biotin D1	0.0	0.75	1	1	1.00	0.00	0	Irritant
Bysli	0.0	1.5	1	1	1.00	0.00	0	Sans classement
Bactera	0.0	0.75	1	1	1.00	0.00	0	Sans classement

Figure 3 : Écran de présentation des résultats du calcul de I-PHY[®]vigne pour les produits phytosanitaires sélectionnés dans les conditions parcelaires définies par l'utilisateur du logiciel PhytoChoix. Remarque : les éléments et résultats affichés sur cette copie d'écran sont susceptibles d'évoluer selon la version du logiciel.

L'utilisateur peut consulter le détail des résultats du calcul de I-PHY[®]vigne pour chaque produit phytosanitaire sélectionné.

Il dispose ainsi de plusieurs niveaux de résultats (**Figure 4**) :

- Le risque pour les eaux souterraines ;
- Le risque pour les eaux de surface ;
- Le risque pour l'air ;
- Le risque environnement (résultat de l'agrégation des risques eaux souterraines, eaux de surface, air et dose d'application) ;
- Le risque pour les organismes auxiliaires (acariens prédateurs uniquement) ;
- Et enfin, le risque global pour chaque substance active contenue dans le produit (résultat de l'agrégation du risque environnement et du risque pour les organismes auxiliaires).

Produit	dose (kg ar/ha)	nombre de traitements	Substance active	Note Eaux		Note Air	Note Fongos	Note Aus.*	Note globale **	
				Profondeur	Surface					
Ecovert	0.75	1	1	bacillus thuringiensis	10.0	10.0	6.0	9.0	10.0	9.0
Botk	1.5	1	1	bacillus thuringiensis	10.0	10.0	6.0	9.0	10.0	9.0
Bobé 2X	0.75	1	1	bacillus thuringiensis	10.0	10.0	6.0	9.0	10.0	9.0
Dallin	0.75	1	1	bacillus thuringiensis	10.0	10.0	6.0	9.0	10.0	9.0

* Note auxiliaire (phytochoix). Si la population de phytozoaires de la parcelle est résistante, alors la note globale correspondra à la note environnementale.

** Le score global est divisé proportionnellement à la surface traitée pour les traitements insecticides. La réduction du score est estimée à 50 % pour un traitement sur le rang, (2x pour I-PHY ; ou passe de 4 à 7)

Figure 4 : Écran de présentation du détail des résultats du calcul de I-PHY® vigne pour les produits phytosanitaires sélectionnés dans les conditions parcelles définies par l'utilisateur du logiciel PhytoChoix. Remarque : les éléments et résultats affichés sur cette copie d'écran sont susceptibles d'évoluer selon la version du logiciel.

Enfin l'accès à l'impression des résultats, se fait par le bouton « aperçu avant impression des résultats... »

À qui s'adresse PhytoChoix ?

PhytoChoix s'adresse à tous les viticulteurs engagés dans une démarche de Production Intégrée, qui veulent choisir les produits phytosanitaires ayant le moins d'impact possible sur l'environnement en fonction de leurs conditions d'application et de la nature de leurs parcelles, ainsi qu'aux techniciens qui conseillent les viticulteurs.

En complément de cette démarche de choix des produits phytosanitaires *a priori*, nous travaillons à la diffusion de l'indicateur I-PHY® vigne, qui permettra d'évaluer l'impact environnemental d'un programme de traitements, et ainsi de vérifier *a posteriori* la pertinence des choix effectués grâce à PhytoChoix.

Où se procurer PhytoChoix ? PhytoChoix sera diffusé sous forme d'un CdRom disponible auprès d'ITV France.

Collaboration technique : Comité de Développement du Beaujolais, Chambre d'Agriculture Rhône, Chambre d'Agriculture Vaucluse

Références :

Girardin, P., C. Bockstaller, et H.M.G. Van Der Werf. 1999. Indicators : tools to evaluate the environmental impacts of farming systems. *J. Sustain. Agric.* 13 : 5-21.

Thiollet, M. 2003. Construction des indicateurs viti-environnementaux de la méthode INDIGO®. Rapport d'activité. INRA, Colmar. 113 p.

Van Der Werf, H.M.G., et C. Zimmer. 1998. An indicator of pesticide environmental impact based on fuzzy expert system. *Chemosphere* 36 : 2225-2249.

Le traitement des effluents vinicoles appliqué aux petites caves

Démarches préalables à l'équipement

Joël ROCHARD, Valérie MOUTON-FERRIER, Sébastien KERNER
Pôle Environnement, ITV France Épernay
Joel.rochard@itvfrance.com

1. Introduction

La filière viticole, comme tout autre secteur, se doit de limiter l'impact environnemental de son activité. Les rejets issus des pressoirs et des caves sont susceptibles de perturber l'équilibre biologique des rivières, en particulier pendant la période des vendanges. En effet, les éléments organiques issus des activités vinicoles génèrent, dans un milieu aquatique, le développement de micro-organismes qui puisent l'oxygène dissous au détriment de la faune piscicole.

La lutte contre la pollution issue des caves repose sur deux démarches complémentaires. En amont, une adaptation du processus d'élaboration doit être mise en œuvre pour réduire la charge polluante et assurer une gestion optimale de l'eau. En aval, le traitement des effluents de cave réalisé individuellement ou collectivement, peut-être envisagé avec plusieurs techniques : évaporation, épandage, dispositif biologique.

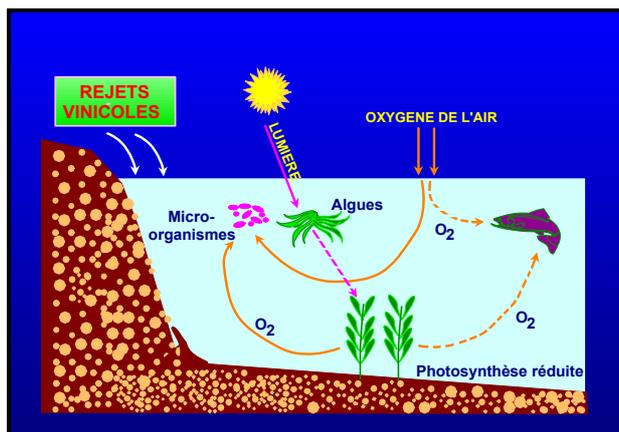
L'objet de cette communication est de développer les réflexions et les démarches qui s'imposent préalablement à la mise en place du traitement.

2. Origines et Conséquences

La pollution contenue dans les effluents de cave provient soit des composants mêmes du raisin, du moût ou du vin (pellicule, rafle, terre, sucre, acides, bourbes, alcool, polyphénols, levures, bactéries), soit des produits de détartrage et de nettoyage, soit encore de produits intervenant dans la vinification (média filtrant, colle, par exemple).

Pour l'ensemble de ces effluents, la matière organique représente la principale source de pollution. De même, ponctuellement, des cas de pollution liés à des effluents toxiques peuvent être rencontrés (produits de nettoyage, de détartrage).

La matière organique issue des eaux usées, lorsqu'elle est rejetée en grande quantité dans une rivière, un étang ou un lac, engendre la multiplication de micro-organismes qui assurent sa dégradation. Les micro-organismes puisent l'oxygène dissous dans l'eau, au détriment de la faune et de la flore du milieu naturel. Par ailleurs, les matières en suspension des rejets limitent le passage de la lumière solaire indispensable à la photosynthèse, source d'oxygénation du milieu (*2 - Incidence des rejets organiques sur un milieu aquatique*).



Source Actions sur le milieu naturel. Source ITV France – CIVC

Le plus souvent, les effluents vinicoles sont rejetés dans une station d'épuration, qui n'a pas été dimensionnée, afin de pouvoir traiter le surcroît de pollution dû aux vendanges (augmentation de la population des villages, effluents des vendangeoirs). Dans ces conditions, en aval de la station, les eaux restent souvent très chargées. De plus, l'afflux de matière organique déséquilibre le système biologique de la station, l'équilibre nécessaire au bon fonctionnement des installations d'épuration n'étant souvent rétabli qu'après plusieurs semaines, voire plusieurs mois.

3. Caractérisation

La variabilité en terme de volume et de charge polluante est une des caractéristiques des effluents vinicoles. Le type de vin, le type d'équipements, la sensibilisation du personnel sont les principaux facteurs de variabilité des effluents.

La composition moyenne des effluents vinicoles est la suivante :

Tableau I : Caractéristiques moyennes des effluents vinicoles

pH	4,1 à 6, parfois 10 à 13 en période de détartrage
MES	1000 à 2000 mg/l
DCO	3000 à 20 000 mg d'O ₂ /l
Volume généré	Volume généré : de 30 à 250 litres par hectolitre de vin élaboré, dont 40 à 60 % pendant les vendanges

Une caractérisation fine impose l'utilisation de matériels spécifiques de mesure de débit et de prélèvement. Les mesures doivent être réalisées tout au long de l'année, afin d'avoir une bonne connaissance de la variabilité saisonnière en liaison avec les différentes étapes de l'élaboration. La période de vendange, pointe de pollution pour la plupart des caves, doit faire l'objet d'un suivi précis (mesures journalières).

Concernant les petites et moyennes caves, il est possible d'envisager un suivi simplifié établi sur la base de données moyennes régionales complétées par des mesures sur site.

Le volume d'effluents peut être évalué à partir du compteur d'eau. Le volume d'eau utilisé pour les activités domestiques doit être déduit du volume global lorsque le compteur n'est pas spécifique à la cave.

La caractérisation qualitative est plus problématique car des prélèvements ponctuels ne permettent qu'une évaluation très approximative. Une approche un peu plus fine consiste à stocker les effluents pendant une journée puis à effectuer un prélèvement après homogénéisation.

4. Réglementation

Les installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) sont les installations exploitées ou détenues qui peuvent présenter des dangers ou des inconvénients, soit pour la commodité du voisinage, soit pour la santé, la sécurité, la salubrité publique, soit pour l'agriculture, soit pour la protection de la nature et de l'environnement, soit pour la conservation des sites et des monuments.

La loi prévoit un **régime d'autorisation** ou **de déclaration** selon la gravité des inconvénients ou dangers présentés par l'installation.

L'ensemble des activités ou des installations visées par la loi du 19 juillet 1976 est recensé au sein de la nomenclature des installations classées, revue périodiquement.

Les valeurs limite d'émission contenues dans les textes ministériels d'application de la loi du 19 juillet 1976 sont définies en prenant en considération les performances des meilleures techniques disponibles à un instant donné. Toutefois, l'inspecteur des installations classées peut imposer des prescriptions réglementaires localement plus contraignantes, pour respecter les objectifs de qualité du milieu récepteur.

Les installations classées au titre de la protection de l'environnement sont exposées aux sanctions administratives et pénales découlant de leur soumission partielle aux dispositions de la loi sur l'eau (article 22 et 30).

Depuis le décret n°93-1411 du 29 décembre 1993, les activités liées à la préparation et au conditionnement de vins sont intégrées dans la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement sous la rubrique 2251.

Ainsi, les établissements vinicoles, dont la production annuelle est supérieure à 500 hl de vin, sont soumis à la réglementation des installations classées pour la protection de l'environnement, selon deux régimes :

- l'**autorisation** pour les caves vinifiant **plus de 20 000hl/an**,
- la **déclaration** pour les caves vinifiant entre **500 et 20 000hl/an**.

Les installations soumises à déclaration doivent déposer en préfecture un dossier descriptif complet en trois exemplaires. Ce dossier comprend:

1. **l'identité** : la dénomination ou raison sociale, la forme juridique, l'adresse, n° SIRET et APE et les nom, prénom et qualité du signataire de la demande
2. **la localisation** de l'installation
3. **la nature et le volume** des activités
4. **le plan de situation** du cadastre
5. **un plan d'ensemble au 1/200^e** dans un rayon de 35 m annoté
6. **le mode et les conditions** d'utilisation, d'épuration et d'évacuation des eaux résiduaires et des émanations de toute nature ainsi que l'élimination des déchets et résidus de l'exploitation et les dispositions prévues en cas de sinistre seront précisés.

Après examen de conformité du dossier, le préfet délivre un récépissé de déclaration, accompagné des prescriptions générales des conditions d'exploitation. Des prescriptions complémentaires, dites « spéciales », fixées par un arrêté préfectoral peuvent être imposées, après présentation du dossier au conseil départemental d'hygiène (CDH).

1.1.1. Prescriptions générales

ÉTABLISSEMENT VINICOLE SOUMIS A DÉCLARATION Production entre 500 et 20 000hL/an	
Consommation d'eau	- doit être limitée ; - relevé au moins une fois par an ; tous les mois en période d'activité si le débit est >10 m ³ /jour.
Refroidissement en circuit ouvert	Interdit au-delà d'un débit de 5 m ³ /jour
Réseau de collecte	De type séparatif, pour séparer les eaux résiduaires polluées des eaux pluviales.
Déchets	- limiter la quantité de ses déchets produits ; - les diverses catégories de déchets doivent être collectées séparément puis valorisées ou éliminées dans des installations appropriées ; - brûlage des déchets à l'air libre est interdit.
Stockage des produits dangereux	- les produits dangereux (d'entretien et de traitement) doivent être stockés dans des locaux étanches ; - éviter le déversement accidentel de produits dangereux et de vin dans les égouts ou le milieu naturel.
Stockage des déchets	- dans des conditions prévenant les risques de pollution (prévention des envols, des infiltrations dans le sol, des odeurs) ; - la quantité de déchets stockés sur le site ne doit pas dépasser la capacité mensuelle produite ou un lot normal d'expédition vers l'installation d'élimination.

ÉTABLISSEMENT VINICOLE SOUMIS A DÉCLARATION ET A AUTORISATION	
POINTS DE REJETS	En nombre aussi réduit que possible et aménagés pour permettre un prélèvement aisé d'échantillons représentatifs
RACCORDEMENT A UNE STATION D'ÉPURATION COLLECTIVE	Convention préalable passée entre l'exploitant et le gestionnaire de l'infrastructure d'assainissement
VALEURS LIMITES APPLICABLES AUX REJETS DANS LE MILIEU NATUREL	pH : 4 à 8.5 T°C < 30°C MEST : 100 mg/l jusqu'à 15 kg/j, 35 mg/l au-delà DBO5 : 100 mg/l jusqu'à 30 kg/j, 30 mg/l au-delà DCO : 300 mg/l jusqu'à 100 kg/j, 125mg/l au-delà
VALEURS LIMITES APPLICABLES AUX REJETS VERS UNE STATION D'ÉPURATION *	pH : 4 à 8.5 T°C < 30°C MEST : 600 mg/l au-delà de 15 kg/j DBO5 : 800 mg/l au-delà de 15 kg/j DCO : 2000 mg/l au-delà de 45 kg/j

* des conditions moins strictes peuvent être définies dans la convention de raccordement dès lorsque la station communale est adaptée au traitement des effluents vinicoles (surdimensionnement, bassin tampon).

5. Agence de l'Eau

- **Redevance**

L'assiette de la redevance correspond à la pollution produite au cours d'un jour normal du mois de rejet maximal. La quantité de pollution s'évalue grâce aux principaux paramètres, telles que les matières en suspension (MES), les matières oxydables (MO), les matières azotées (MA) et les matières phosphorées (MP).

Le calcul de la redevance pollution est basé sur des coefficients forfaitaires, déterminés dans le tableau d'estimation forfaitaire (TEF) national. Ainsi, à chaque activité polluante correspond une grandeur caractéristique (G_c) et des coefficients spécifiques de pollution.

En cas de contestation, la redevance peut être calculée à partir de valeurs mesurées et non plus forfaitaires.

Calcul de la redevance pollution

$$\text{Redevance} = G_c \times C_s \times T$$

G_c est la grandeur caractéristique, elle équivaut aux hectolitres de vin produits par jour (appréciation du niveau d'activité).

C_s est le coefficient spécifique de pollution (un par paramètre polluant), il représente la quantité de pollution produite.

T est le taux de chaque paramètre de la redevance, exprimé en francs par kg de MES, MO, MA, MP. Chaque agence fixe annuellement ses taux

Extrait du Tableau d'Estimation Forfaitaire

Activités polluantes	Numéro d'activité	Grandeurs caractéristiques	Coefficients spécifiques de pollution (en grammes)			
			MES	MO	NR	P
PRODUCTION ET CONDITIONNEMENT DE VINS, LIQUEURS, SPIRITUEUX						
Opérations de réception, égrappage, pressurage et vinification autres que celles concernant les vins d'Alsace et de Champagne.	G110	Hectolitre de vin produit	59	210	2,0	0,2
Opération de vinification des vins de Champagne : lavage des pressoirs, des belons et sols.	G113	Hectolitre de moût produit	20	150	4	0,5
Non-récupération des bourbes (Champagne uniquement)	G114	Hectolitre de bourbes non-récupérées	4000	11000	155	18
VINS D'ALSACE						
Production :						
Vendanges, foulage, égrappage, pressurage	G115	Hectolitre de moût produit	10	60	1	0,1
Opérations postérieures au pressurage, sauf opérations de conditionnement	G116	Hectolitre de vin	65	190	0,6	0,2
Conditionnement de vin	G117	Hectolitre de vin	15	50	0,1	0
Déchets liquides :						
Rejets de bourbes et lies	G118	Litre d'alcool pur contenu dans les déchets non récupérés	300	2000	8	1
Déchets solides	G119	Tonnes de marc de raisins non récupérés	36800	23000		

- **Prime pour épuration**

La prime pour épuration se déduit de la redevance.

Redevance nette = redevance brute – prime pour épuration

Elle dépend de la quantité journalière de pollution éliminée par un dispositif de traitement. Cette prime est liée au rendement épuratoire de l'installation.

L'assiette de la prime pour épuration est égale à la quantité de pollution, définie par l'assiette de la redevance, multipliée par un coefficient de prime.

Coefficient de prime = fraction soumise au traitement x coefficient de rendement épuratoire x coefficient de destination des boues d'épuration

Le **coefficient de rendement épuratoire** est déterminé chaque année en fonction d'éléments transmis par le redevable et validés par l'agence de l'eau. En l'absence d'éléments sur le suivi des effluents et d'indicateurs de fonctionnement de l'ouvrage, la prime n'est pas attribuée.

Le **coefficient de destination des boues et sous-produits d'épuration** est déterminé forfaitairement en fonction des filières de traitement des boues (épandage, mise en décharge, incinération...) ou à partir de mesures.

La prime pour épuration d'un épandage agricole est déterminée en fonction de critères qualitatifs et de respect des doses.

Lors d'une épuration par évaporation, le coefficient de prime est de 100 % pour chaque paramètre, si la destination des boues est optimale (valorisation agricole, mise en décharge contrôlée, incinération).

Dans le cas d'un raccordement à la station communale, l'agence de l'eau verse la prime à la collectivité peut ensuite la redistribuer. Les conditions de reversement de la prime sont à préciser dans la convention de raccordement.

- **Aides financières**

Les aides financières concernent les études préalables et les investissements destinés à réduire la pollution des établissements redevables auprès de l'agence de l'eau. Dans certains cas (accords cadre profession et Agence de l'Eau), les caves non redevables peuvent bénéficier d'aides.

Ces aides peuvent concerner :

1. les études préalables (reconnaissance des réseaux, caractéristique des effluents, étude comparative des filières de traitement),
2. les mesures d'économie d'eau, de réduction de la pollution à la source ou d'amélioration de la collecte des rejets,
3. les équipements de points de mesure,
4. les investissements pour la mise en place d'ouvrages de traitement des rejets.

Les aides financières sont sous forme de subventions ou de prêts à faible taux. Elles varient selon chaque agence et sont révisées régulièrement.

6. Adaptation de l'élaboration

• *Économie d'eau*

Les différentes études menées sur la consommation d'eau dans les caves soulignent la très grande variabilité des volumes utilisés pour le nettoyage. Les volumes d'eau consommés peuvent varier de 20 à 300 litres par hectolitre de vin produit. Cette fourchette s'élargit encore plus si l'on considère les volumes utilisés pour le refroidissement des cuves en eau perdue.

- les volumes d'eau conditionnent directement les volumes des rejets à traiter et par là même la taille des installations de traitement ou les volumes à transporter.

Trois aspects principaux sont à prendre en compte pour limiter le volume de rejet.

1) Séparation des eaux « propres »

Le coût de l'épuration dépend étroitement du volume à traiter (stockage, énergie, ...). Par conséquent, la séparation des eaux « propres » (refroidissement par ruissellement, lavage des bouteilles neuves, eaux de pluie) est un préalable indispensable à la mise en œuvre d'un dispositif d'épuration.

Les eaux « propres » peuvent être rejetées selon les cas dans le réseau pluvial ou dans le milieu naturel.

2) Limiter les pertes

Réduire les consommations d'eau ne doit pas remettre en cause la qualité du nettoyage et de l'hygiène générale de la cave. Cependant, la sensibilisation du personnel est un facteur important, surtout durant les périodes de vendanges, pendant lesquelles la main-d'œuvre est principalement composée de « temporaires ». Ne pas laisser un robinet ouvert inutilement, réaliser des pré-nettoyages à sec (raclette, balais) sont autant de gestes élémentaires limitant l'utilisation de l'eau. Il est important que dans chaque établissement une personne soit plus sensibilisée sur ces problèmes et puisse mettre en place des techniques et des aménagements limitant les volumes et les charges polluantes à traiter.

Les dispositifs d'arrêt automatique permettent de réduire les pertes en eau. Par ailleurs, ils peuvent générer un jet d'eau puissant à fort effet mécanique.

3) Augmenter la performance des nettoyages

L'efficacité d'un nettoyage dépend étroitement de plusieurs facteurs :

- type et concentration du produit de nettoyage ;
- temps de contact du détergent avec la surface à nettoyer ;
- température de la solution détergente ;
- importance de l'effet mécanique.

Ainsi, selon le type de nettoyage à réaliser, il est possible d'obtenir un nettoyage équivalent, parfois même plus performant, tout en consommant moins d'eau, par l'utilisation d'une technique adaptée.

➤ Surpresseurs

Le lavage à haute pression, grâce à un effet mécanique puissant, permet de faciliter l'élimination des souillures avec peu d'eau. Il doit être utilisé le plus souvent possible après un pré-nettoyage à sec. Cette technique associée à des buses réactives est intéressante pour le nettoyage des drains de pressoirs pneumatiques.

Il est également possible de mettre en place un dispositif de distribution d'eau sous pression (16 bars) généralisé à l'ensemble de la cave.

➤ Canon à mousse

Cet appareil permet de générer de la « mousse » à partir du produit de nettoyage par injection de gaz. Cette mousse augmente ainsi le temps de contact et l'efficacité du lavage.

➤ Autolaveuse

Couramment employée dans le nettoyage industriel, l'utilisation des autolaveuses dans les industries agro-alimentaires est en plein essor, notamment dans les caves ayant de grandes surfaces à nettoyer. Ces machines permettent l'application d'un produit de nettoyage tout en contribuant à un effet mécanique par des brosses ou des disques. L'aspiration et le recyclage des solutions de nettoyage limitent les consommations d'eau et les rejets d'effluents.

➤ Conception et aménagement des chais

L'aménagement et les extensions futures des bâtiments vinicoles doivent être prévus pour assurer une bonne gestion des effluents.

Au niveau des sols, le choix d'une pente suffisante (2 à 3 %) et la mise en place d'un réseau d'écoulement adapté et régulièrement réparti facilitent dans une large mesure les opérations de nettoyage tout en réduisant la consommation en eau.

Le revêtement des sols doit être un compromis entre l'aspect sécurité (chute due à la glisse) et la facilité de nettoyage, qui sont généralement deux paramètres inversement proportionnels. En fonction du danger de chute par glisse (sol en pente), il peut être nécessaire de mettre en œuvre des revêtements de type antidérapant, qui restent cependant plus difficiles à nettoyer. D'une manière plus générale, il faut adapter le revêtement à la zone de travail.

• ***Récupération des sous-produits de la vinification***

Tout au long de la chaîne d'élaboration d'un vin, les phases de stabilisation, de clarification et de nettoyage conduisent à des rejets de sous-produits et de résidus de vinification à l'origine d'une pollution importante. La récupération de ces résidus permet de limiter la charge polluante des effluents, ce qui contribue à limiter le coût de l'épuration. Quelle que soit la technique de traitement, une politique de récupération des sous-produits particulièrement rigoureuse doit être mise en œuvre pour atteindre le niveau d'épuration correspondant aux contraintes législatives.

- Pressurage

La récupération des bourbes issues de la sédimentation naturelle (2 à 6 % en volume) ou de la centrifugation des moûts permet de réduire de 40 à 50 % le niveau polluant des rejets. Ces bourbes peuvent être filtrées (filtre rotatif sous vide, filtre à lie) valorisées par distillation ou éventuellement par épandage.

- Soutirage

Les fermentations alcooliques et éventuellement malolactiques sont généralement suivies d'un soutirage du vin clair. Les lies qui subsistent au fond des cuves, composées de levures, de bactéries et d'autres composés organiques floculés ou précipités, représentent une source de pollution importante, ce qui justifie leur récupération. La distillation représente la destination la plus courante.

- Filtration

Les nouveaux matériels proposés sur le marché dénommés « filtres écologiques » permettent de récupérer le gâteau de filtration sous forme d'une pâte pelletable. L'assèchement partiel des médias filtrants est obtenu par l'intermédiaire d'un gaz vecteur (azote). La pâte est le plus souvent éliminée des plateaux de filtration par l'intermédiaire de la force centrifuge.

Ces matériels présentent une plus-value de l'ordre de 20 à 30 % par rapport aux filtres classiques, mais cet investissement complémentaire est souvent compensé par une diminution de la perte en vin. L'utilisation d'un bac de transfert permet de faciliter le déchargement du gâteau asséché.

• **Détartrage du matériel vinaire**

Une fraction de l'acide tartrique, composant naturel du raisin, précipite au cours de l'élaboration du vin sous forme de cristaux de bitartrate de potassium (hydrogénotartrate de potassium). Ceux-ci ont tendance à s'accrocher sur les supports en contact avec le vin. Leur élimination impose le plus souvent l'utilisation de soude concentrée. Le rejet de cette solution de détartrage représente, en plus de la pollution organique due à la dissolution des cristaux de tartre, une pollution chimique par la présence importante de sodium et d'un niveau de pH élevé.

Plusieurs solutions s'offrent à l'utilisateur pour réduire cette pollution :

- Favoriser le détartrage par effet mécanique et effet thermique

L'apparition de nouveaux matériaux de constitution des contenants a modifié les pratiques traditionnelles de détartrage par effet mécanique (raclage des parois, projection d'eau sous pression...) au profit d'un détartrage chimique. Néanmoins, il peut être intéressant dans certaines conditions de procéder à un détartrage par effet mécanique avant la mise en œuvre d'un détartrage chimique. Ainsi, le nettoyage des cuves, juste après soutirage, facilite le décrochage des cristaux de tartre et permet d'évacuer une partie du tartre sous forme solide. Il est recommandé de récupérer ces cristaux en sortie de cuve de manière à éviter toute détérioration des canalisations et des pompes de reprise. De plus, ce tartre ainsi récupéré peut être revendu à des entreprises spécialisées dans la commercialisation de l'acide tartrique et de ses dérivés.

L'utilisateur a aussi la possibilité de mettre en œuvre des dispositifs de lavage qui accentuent l'effet mécanique, facilitant ainsi le décrochage des cristaux :

- jet d'eau sous pression (surpresseur) ;
- boule perforée, fixe ou rotative ;
- jet fixe ou rotatif, qui présente une meilleure efficacité et permet de traiter des cuves de capacité supérieure.

L'utilisation d'eau chaude, par dissolution partielle des cristaux de tartre, facilite le détartrage. La combinaison des effets thermique et mécanique accroît le décrochage des cristaux de tartre et ce d'autant plus, que le lavage est réalisé rapidement après le soutirage de la cuve.

- Utiliser des surfaces plus lisses

L'accroche des cristaux est d'autant plus réduite que l'état de surface de la cuve est lisse. Le revêtement des supports rugueux (ciment en particulier) par des résines alimentaires et le polissage électrolytique des accessoires internes en inox permettent d'optimiser l'élimination et la récupération du tartre par un lavage à l'eau chaude.

Le polissage électrolytique est obtenu par immersion de la pièce à traiter dans une solution électrolytique dans laquelle l'application d'un courant continu provoque une dissolution du métal de surface. Ainsi, les microporosités disparaissent, la surface est nivelée et présente un aspect brillant.

Concernant les nouvelles cuveries, il est également possible d'utiliser une finition d'inox (recuit brillant) facilitant les opérations de nettoyage.

- Respecter les doses d'emploi des produits de détartrage

Un surdosage des produits de détartrage diminue, certes, le temps de nettoyage mais n'améliore pas la qualité du détartrage. Il convient donc de raisonner les quantités de produits par rapport à la quantité de tartre à dissoudre. Hormis l'intérêt économique, une telle pratique permet d'utiliser toute la potentialité de la soude.

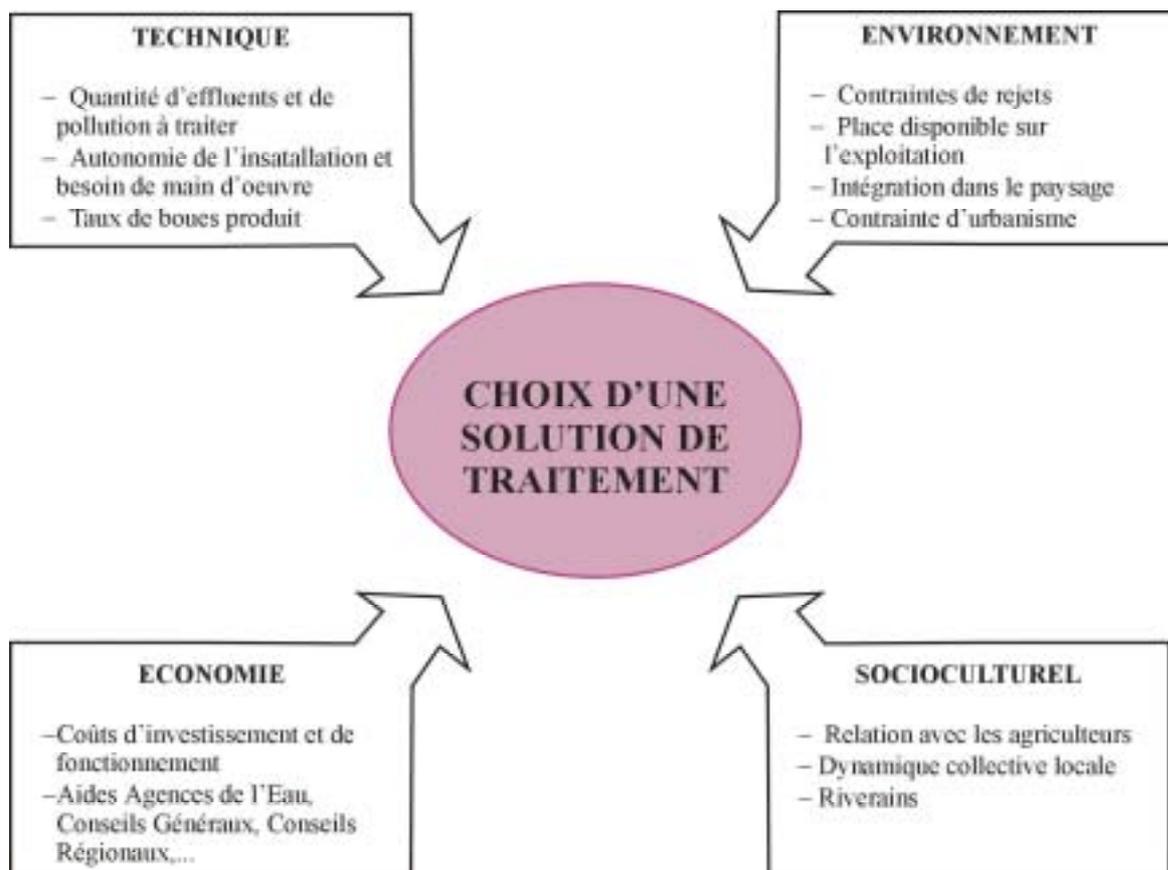
- Recycler les solutions de soude

Le détartrage chimique est réalisé en circuit fermé par projection d'une solution de soude sur les parois de la cuve grâce à une boule ou un jet.

Un système de partenariat environnemental entre la cave et une société spécialisée permet de recycler la soude.

La société de traitement livre à la cave des cuves de solution de soude prête à l'emploi, et assure leur collecte lorsqu'elles sont saturées. La cave doit fournir une solution suffisamment saturée en acide tartrique (suivi par densité). La société traite ensuite la soude pour en extraire l'acide tartrique, utilisé par exemple en industrie agro-alimentaire.

7. Critères de choix d'un système de traitement



Facteurs à prendre en compte pour le choix d'une installation de traitement - Source E.Proffit

La mise en place d'un système de traitement représente généralement un investissement lourd associé à des coûts de fonctionnement importants. Il n'existe pas de technique d'épuration idéale, universelle mais un ensemble de solutions adaptées à chaque situation. Plusieurs facteurs sont à prendre en considération dans le choix.

• Facteur « Technique »

Le volume d'effluents rejetés est un des facteurs déterminants de la capacité de l'installation de traitement à mettre en place et conditionne fortement l'investissement nécessaire (coût du stockage). La composition des effluents influence le choix de la technique et par conséquent les coûts de fonctionnement ce qui impose de bien connaître les volumes et les charges à traiter.

Le second point technique à ne pas sous-estimer est le besoin de main-d'œuvre pour l'entretien de l'installation ainsi que le savoir-faire requis. En effet, en période de vendanges et vinification, l'activité est intense. Il peut être difficile pour l'exploitation de monopoliser une personne pour s'occuper de l'installation de traitement des effluents. Les solutions rustiques ou totalement automatisées pourront par conséquent être préférées à celles nécessitant une forte surveillance.

Enfin, de nombreux procédés de traitement (stockage, aéré, évaporation, boues activées...) produisent des boues dont la gestion doit être intégrée au projet. Ainsi, la quantité de boues produites *in fine* peut intervenir dans le choix de la solution de traitement.

- **Facteur « Économique »**

Les coûts d'investissement et de fonctionnement doivent être étudiés lors du choix d'une solution de traitement. En effet, de faibles coûts d'investissement peuvent, dans certains cas, engendrer des coûts de fonctionnement élevés.

Il faut également s'intéresser aux aides accordées par des organismes comme les Agences de l'Eau, les Conseils Généraux, les Conseils Régionaux qui ne subventionnent généralement que les coûts d'investissement ; les coûts de fonctionnement étant laissés à la charge de l'exploitant.

- **Facteur « Environnemental »**

Le terme environnemental est ici employé au sens large. Ces contraintes peuvent être séparées en deux groupes : celles de rejet et celles de site.

Les contraintes de rejet prennent en compte les obligations réglementaires de valeurs limites de rejets des décrets d'application de la loi sur les installations classées pour la protection de l'environnement. De plus, des orientations peuvent être formulées par les différentes structures institutionnelles (mairie, district, conseil départemental d'hygiène, préfecture, DDAF, DRIRE, Agence de l'Eau...).

Quant aux contraintes de site, elles se rapportent à la place disponible sur l'exploitation pour implanter une solution de traitement, aux terrains éventuellement utilisables pour l'épandage mais également à la présence de voisins proches contraignant l'exploitant à maîtriser les bruits et odeurs générées par l'installation de traitement.

La mise en place d'un dispositif de traitement des effluents de cave ne doit pas contribuer à défigurer le paysage. L'intégration dans le site doit être gérée au cas par cas. Les dispositifs enterrés ne sont souvent pas perceptibles de l'extérieur mais la construction de dalle conduit à un surcoût significatif. Parallèlement à l'aspect esthétique, cette solution permet, la plupart du temps, d'utiliser l'espace situé au-dessus du dispositif (zone de stockage, de lavage) ce qui est particulièrement intéressant pour les caves exiguës situées dans le village.

Pour d'autres types d'installations (bassins aérés ouverts, bassins d'évaporation...) un aménagement paysager doit être mis en œuvre (plantation d'arbres, de végétaux, etc...).

Une approche complémentaire peut être envisagée à l'occasion de la mise en place d'un dispositif de traitement. L'idée est d'intégrer cette démarche d'épuration dans la communication environnementale de la cave. Un espace « éco-paysager » peut être intégré dans le circuit de la visite de la cave. Parallèlement aux supports explicatifs, il est possible de prévoir des aménagements complémentaires ou associés au traitement, dont la perception esthétique, pédagogique ou symbolique conforte l'image de la cave.

Différents aspects peuvent être envisagés (aménagement des bassins en étang, plantation de roseaux, chute, jet d'eau). Cependant, l'efficacité du procédé doit rester la priorité de l'équipement.

- **Facteur « Socioculturel »**

Sous ce terme, sont regroupés tous les aspects relationnels gravitant autour d'un sujet souvent délicat à aborder avec les riverains lorsque le milieu est dégradé par les effluents. Si un traitement collectif des effluents est envisagé, il doit se faire en intégrant les avis de toutes les parties concernées

par la gestion du dossier (par exemple : municipalité, riverains du site de traitement, associations de protection de la nature...).

Il est important de souligner que ce facteur peut devenir limitant dans la gestion d'un tel dossier si les relations ne sont pas définies clairement et que tous les acteurs ne peuvent pas s'exprimer.

8. Sécurité

L'activité vinicole présente des risques, en particulier lorsque le personnel est amené à pénétrer dans les cuves. Le dégagement de gaz carbonique lié à la fermentation est un phénomène bien connu par les praticiens, même si des accidents interviennent encore trop fréquemment. Par contre, les risques de formation de méthane et de sulfure d'hydrogène dans les cuves de stockage d'eaux usées sont moins coutumiers des professionnels du vin.

Toute intervention dans une cuve d'effluents vinicoles peut donc présenter un danger. C'est pourquoi, afin d'éviter que des accidents ne se produisent, il est indispensable :

- d'avoir une bonne connaissance des risques ;
- d'assainir l'atmosphère de la cuve par un système de ventilation
- d'être toujours accompagné par une personne restant à l'extérieur de la cuve.

Trois risques majeurs d'accident sont présents dans une cuve de stockage ou de traitement d'eaux usées :

- l'explosion, provoquée par la présence de méthane et de sulfure d'hydrogène. Lorsque ces gaz inflammables sont mélangés à l'air, la simple présence d'une flamme, d'une étincelle ou une température excessive peut amorcer une explosion ;
- l'asphyxie, liée à une diminution de la quantité d'oxygène, à cause de la présence d'autres gaz issus de réactions chimiques ou de fermentations. En-dessous de 18 % d'oxygène, l'air devient asphyxiant, avec tout au long de l'asphyxie une manifestation de symptômes caractéristiques, qui vont de l'accélération du rythme cardiaque jusqu'à la perte de conscience et la mort ;
- l'intoxication, due à la présence de certains gaz tels que le sulfure d'hydrogène, le gaz carbonique... qui sont produits par la fermentation de matières organiques résiduelles dans la cuve.

L'assainissement de l'atmosphère de la cuve sera réalisé avec un ventilateur centrifuge par soufflage d'air sain qui repousse l'air pollué vers la sortie de la cuve. Ce dispositif devra être mis en place suffisamment longtemps avant l'intervention pour que l'air de la cuve soit totalement renouvelé avant l'entrée du personnel : le temps de balayage doit correspondre au minimum à 6 fois le volume de la cuve.

Dans le cas d'un séjour prolongé dans la cuve pour effectuer des réparations par exemple, la ventilation doit être maintenue durant toute la visite.

Il est possible d'utiliser des appareils de détection des gaz. Ils permettent de vérifier la qualité de l'atmosphère obtenue après la ventilation. Ces appareils de mesure ne donneront que des indications ponctuelles et locales des teneurs en O₂, CO₂, H₂S, gaz inflammables... Ils ne dispensent pas de l'application des règles de sécurité.

9. Conclusion

Les eaux usées qui résultent des opérations de lavage constituent notamment au cours de la période de vendanges une source de pollution organique. Au-delà des aspects législatifs, la prise en compte de l'environnement constitue un enjeu vis-à-vis de l'image de la filière.

Ces impératifs justifient d'une part une adaptation du processus d'élaboration (économie d'eau, récupération des sous-produits) et d'autre part la mise en place d'un système de traitement individuel ou collectif adapté aux spécificités de la cave. Le choix du système optimal justifie le plus souvent une connaissance approfondie des effluents et une analyse comparative des systèmes de traitement envisageable.

Bibliographie

Ouvrages

CIVC, « Gestion de l'eau et des effluents vinicoles en Champagne », CIVC ÉPERNAY, mai 1999.

ITV France : les filières d'épuration des effluents vinicoles, ITV France, Paris, 2000

JOURJON F., RACAULT Y., ROCHARD J., « Effluents vinicoles, gestion et traitement », Edition FERET, 2001

MULLER D.H., ROCHARD J., BARTRA E., « Gestion des effluents vinicoles » CD-ROM (version F,E,D), diffusion ITV France, 1999.

RACAULT Y., STRICKER A.E., VEDRENNNE J., « Les effluents vinicoles : problématique du traitement et premier bilan sur la conception et le fonctionnement des procédés biologiques. Ingénieries n°32 Déc 2002.

ROCHARD J., MOUTON-FERRIER V., « Dépollution des eaux, le traitement des effluents », Académie d'Agriculture, n°87, 2001.

ROCHARD J., (coordinateur) «gestion des effluents de cave », Cahiers scientifiques et techniques (version française et anglaise), OIV PARIS, 1999.

Techniques de traitements classiques des effluents vinicoles

Marie-Noëlle HAMOUDI-VIAUD, François BERTHOUMIEUX, Arnaud DESCOTES
Comité Interprofessionnel du Vin de Champagne (CIVC), Épernay

Les effluents vinicoles issus des petites unités de vinification ont des caractéristiques polluantes similaires à celles des grosses unités, hormis les volumes à traiter et une saisonnalité plus marquée. De ce fait, les techniques classiques d'épuration des effluents vinicoles : épandage sur terrains agricoles, stockage aéré et raccordement sur station d'épuration collective peuvent être déclinées à petite échelle dans un contexte réglementaire et administratif légèrement différent de celui des installations classées pour la protection de l'environnement.

L'épandage sur terrains agricoles

L'épuration des effluents vinicoles par application sur des sols agricoles reste la solution la plus souvent retenue dans les petites unités de production. La mise en œuvre d'un épandage suppose de respecter les prescriptions techniques et administratives édictées dans le règlement sanitaire départemental ou dans l'arrêté du 15 mars 1999 pour les installations classées pour la protection de l'environnement soumises à déclaration (production annuelle comprise entre 500 et 20 000 hl de moût ou de vin).

Aménagements nécessaires au sein des établissements vinicoles

- Tous les effluents vinicoles, y compris ceux issus du lavage des machines ou des caisses à vendanger, doivent être collectés dans un réseau de type séparatif et acheminés vers un stockage.
- L'établissement vinicole doit implanter un stockage tampon d'au moins cinq jours. Les contraintes liées à ce stockage sont étanchéité et résistance à l'agressivité des effluents vinicoles. Ainsi, il est possible d'utiliser des cuves métalliques ou béton revêtues d'une résine époxydique, des cuves en polyester ou en plastique, ... Ces cuves peuvent être enterrées, semi-enterrées ou aériennes.

Démarches administratives

- Tous les terrains agricoles ne sont pas forcément aptes à recevoir des effluents vinicoles. La première démarche consiste donc à réaliser ou à faire réaliser une étude préalable à l'épandage. Cette étude vérifie si le terrain respecte les conditions d'éloignement par rapport aux cours d'eau, aux habitations, aux captages, ... et détermine en fonction du sol et des cultures pratiquées une dose d'épandage, ainsi qu'un taux de rotation.
- Une fois l'épandage mis en œuvre, il importe de tenir au jour le jour le cahier d'épandage, qui fait preuve de l'épuration.

Exemples de contraintes pour le choix d'un terrain agricole

- Etre à plus de 35 mètres des puits, des forages, des sources, des aqueducs, des stockages d'eau, des berges et des zones inondables si la pente du terrain est inférieure à 7%
- Etre à 200 mètres des lieux de baignades
- Etre hors des périmètres de protection des captages
- Avoir une pente faible à moyenne (inférieure à 7%)
- Etre à plus de 100 mètres des habitations

Eléments du cahier d'épandage

- Date de réalisation
- Localisation de la parcelle (commune, numéro de cadastre, nom de l'exploitant)
- Culture en place ou à planter
- Volumes épandus
- Surfaces utilisées

Réalisation de l'épandage

L'épandage par canon asperseur à partir d'un réseau souterrain de canalisation est très rarement utilisé dans les petites unités de production, l'investissement nécessaire à ce type d'épandage étant démesuré par rapport aux volumes à épandre. La solution retenue est donc dans la quasi-totalité des cas l'épandage par tonne à lisier. L'achat de cet outil d'épandage représente, toutefois, un investissement important pour une petite structure. Le plus souvent les établissements vinicoles font appel à un prestataire de service ou se regroupent à plusieurs au sein d'une CUMA pour acheter en commun la tonne à lisier.

Toutefois quelle que soit la personne qui réalise l'épandage, il convient de respecter les bonnes pratiques :

- appliquer les doses conseillées,
- éviter la stagnation, le ruissellement ou la percolation,
- ne pas épandre sur sols gelés ou enneigés,
- ne pas générer de brouillards fins.

Le stockage aéré

Traitement biologique aérobie discontinu, réservé jusqu'à présent, aux grosses unités de production, le stockage aéré connaît ces dernières années des adaptations pour le rendre accessible financièrement et techniquement aux petites caves.

Stockage aéré individuel ou collectif

Classiquement, le stockage aéré était réalisé dans un bassin béton de capacité égale à la totalité des effluents vinicoles. L'utilisation de cuves plastiques ou en polyester a permis de développer le stockage aéré individuel dans des caves rejetant une cinquantaine de mètres-cubes, les coûts d'investissement étant réduits par rapport à des stockages béton.

Pour les établissements ayant moins de 50 m³ ou ne possédant pas de place pour l'implantation d'un stockage aéré individuel, il s'est développé ces cinq dernières années des ouvrages collectifs

d'épuration basés sur le principe d'un stockage aéré mais dont les effluents proviennent de plusieurs établissements vinicoles.

Schéma-type d'un stockage aéré collectif

- Collecte des effluents vinicoles dans les caves ou raccordement des caves sur l'ouvrage collectif
- Poste de dépotage des effluents collectés
- Dégrillage des effluents
- Envoi des effluents dans le bassin d'aération
- Reprise des effluents épurés vers un filtre à sable
- Passage des effluents épurés par un canal de mesure avant rejet dans le milieu naturel
- Reprise et épandage des boues d'épuration

Aménagements nécessaires au sein des établissements vinicoles

- Comme pour n'importe quel dispositif d'épuration, tous les effluents vinicoles doivent être collectés séparément et dirigés vers le stockage aéré individuel ou vers un stockage tampon avant envoi vers l'ouvrage collectif.
- En solution individuelle, le stockage doit être conçu de manière à pouvoir épurer la totalité des effluents rejetés. La plupart du temps, il s'agit d'un ouvrage unique dont la capacité est équivalente à la totalité des effluents rejetés.
Dans quelques cas particuliers (rejets d'effluents éloignés de plusieurs semaines), la capacité du stockage peut être réduite si les effluents épurés peuvent être rejetés avant l'arrivée de nouveaux effluents bruts. Certains constructeurs et prestataires de service proposent des solutions visant à accélérer la phase d'épuration et à supprimer la phase de décantation en la remplaçant par une filtration sur membrane.
Lorsque le milieu récepteur est trop sensible pour recevoir des effluents épurés en période estivale, il peut être nécessaire de fractionner le stockage en deux afin de pouvoir rejeter une partie des effluents épurés à la fin de l'hiver et de conserver l'autre partie des effluents épurés pour un rejet automnal.

Démarches administratives

- L'implantation d'un stockage aéré individuel ou collectif peut nécessiter la demande d'un permis de construire.
- L'incidence des rejets dans le milieu naturel doit être étudiée avant la réalisation du stockage aéré. Pour les effluents évacués dans un réseau d'assainissement, une autorisation de raccordement doit être obtenue et une convention de rejet signée.
- Pour l'épandage des boues, l'étude préalable doit être réalisée.
- Dans le cas des installations classées pour la protection de l'environnement, le dossier de déclaration doit être mis à jour.
- Pour les stockages aérés collectifs, il est nécessaire de constituer une structure juridique regroupant l'ensemble des établissements vinicoles (CUMA ou GIE) qui pourra engager les démarches administratives et obtenir des aides de l'Agence de l'Eau. Ces démarches peuvent s'avérer longues car selon la taille des établissements vinicoles, selon la capacité totale de production annuelle ou selon les quantités épurées journalièrement, l'ouvrage relève soit de la législation relative à la loi sur l'eau soit de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation ou à déclaration.

Le raccordement des effluents vinicoles sur le réseau d'assainissement

Le rejet des effluents vinicoles dans un réseau d'assainissement communal constitue la solution de traitement la plus simple à mettre en œuvre pour les établissements de petite taille. Cependant, comme pour les installations classées pour la protection de l'environnement, le raccordement des établissements vinicoles de petite taille ne peut s'effectuer que sous certaines conditions techniques et administratives.

Conditions techniques requises pour la station d'épuration

La station d'épuration doit être suffisamment surdimensionnée pour accepter des effluents vinicoles. Plusieurs configurations sont possibles selon la répartition annuelle et le pourcentage de charge dus aux effluents vinicoles.

- Dans le cas où l'activité vinicole présente une forte saisonnalité, la station d'épuration comporte un stockage tampon en amont du bassin d'aération et est légèrement surdimensionnée pour absorber les quantités stockées sur quelques mois.
- Dans le cas où l'activité vinicole est plus constante tout au long de l'année, la solution réside dans un surdimensionnement de la station d'épuration proportionnel aux quantités d'effluents vinicoles à épurer.

Conditions techniques requises dans l'établissement vinicole

Avant rejet dans un réseau d'assainissement, les volumes et la charge polluante des effluents vinicoles doivent être réduits. Cela suppose la mise en œuvre des mesures visant à économiser l'eau et à récupérer à la base tous les sous-produits et les co-produits issus de la vinification.

La mise en séparatif des réseaux, la rectification du pH, le stockage des volumes sur quelques heures, le contrôle des rejets sont quelques unes des conditions qui peuvent être demandées aux caves avant leur raccordement.

Conditions administratives

Le rejet des effluents vinicoles doit être autorisé par la collectivité et les conditions techniques et financières du raccordement doivent être précisées dans la convention de raccordement signée entre l'établissement vinicole, le propriétaire et éventuellement le gérant de la station d'épuration.

En conclusion

Les techniques classiques d'épuration sont applicables aux établissements vinicoles de petites tailles avec des coûts qui peuvent rebuter certains. Toutefois, il ne faut pas oublier qu'une réglementation existe et qu'elle doit être respectée quels que soient les volumes d'effluents générés. La solution universelle n'existe pas, il convient à chacun de déterminer la technique d'épuration la plus adéquate à sa situation (volumes à traiter, contraintes locales,...).

Traitements	Épandage sur terrain agricole	Stockage aéré individuel	Stockage aéré collectif	Raccordement au réseau d'assainissement
Avantages	Méthode peu onéreuse Facilité de mise en œuvre	Autonomie de l'épuration	Solution accessible aux toutes petites caves	Sous-traitance de l'épuration
Inconvénients	Dépendance vis-à-vis des agriculteurs	Investissement élevé Technicité du suivi	Investissement élevé	Dépendance financière forte pour le fonctionnement
Exemples de coûts d'investissement dans des petites unités champenoises	37 €/hl	64 €/hl	80 €/hl	17 €/hl

Gestion de l'eau et des effluents vinicoles en Champagne
Comité Interprofessionnel du Vin de Champagne – Mai 1999

Les filières d'épuration des effluents vinicoles
Coordination et diffusion ITV – 2000

Stockage aéré collectif
Comité Interprofessionnel du Vin de Champagne – Décembre 2001

Nouveaux procédés en cours d'expérimentation

Jean-Michel CLERC, Pôle Construction Matériaux Verseau
Le Millénaire II, 417 Rue Samuel Morse, 34000 Montpellier

Concernant le traitement des effluents vinicoles des moyennes et petites caves, on ne peut réellement parler de l'émergence d'innovations majeures. La connaissance des flux polluants et les retours d'expérience issus des développements, des fonctionnements des différents procédés d'épuration implantés sur des caves ces dix dernières années, conduisent aujourd'hui à des évolutions notables détaillées ci-après.

a) Une adaptation des procédés existants aux effluents des moyennes et petites caves

Les fabricants de station d'épuration, de matériels et fournitures pour la viticulture proposent des équipements dimensionnés pour traiter des flux polluants réduits. Il s'agit généralement de procédés antérieurement validés, dont la conception technique et le fonctionnement ont été revus et optimisés afin d'être attractifs en terme de coût d'investissement et de fonctionnement, d'utilisation simplifiée, et admettre pour certains procédés biologiques un traitement mixte (effluents vinicoles, effluents domestiques).

Quelques illustrations peuvent en être fournies ci-après, parmi d'autres.

❖ Évaporation naturelle et évaporation « forcée »

Rappel du principe : il s'agit d'une concentration par évaporation totale de la phase liquide des effluents préalablement dégrillés et décantés, jusqu'à l'état de résidus pelletables.

Les bassins d'évaporation naturelle sont mis en œuvre depuis plus de vingt ans en région méditerranéenne pour des caves coopératives et sont appréciés pour leur maintenance réduite, sans technicité particulière. Pour une moyenne/petite cave, un bassin de 500 m² de surface utile est à même d'évaporer 200 m³/an, mais il peut s'avérer non compétitif en terme d'investissement par rapport à un procédé biologique. Le dimensionnement est effectivement fonction des données hydro-météorologiques locales, de la répartition mensuelle des rejets et du volume cumulé annuel. Pour prévenir l'apparition de nuisances olfactives, l'expérience montre qu'il est préférable d'opter pour un bassin vide en juillet. Implantation (minimum 250 m des habitations et en zone non inondable) et réalisation soignées (étanchéité par géomembrane ou argile rapportée contrôlée par suivi géotechnique, clôture et aménagement paysager) sont indispensables. Les progrès enregistrés sur les matériaux contribuent ici à une mise en œuvre facilitée et une plus grande longévité des géomembranes.

Existant depuis 1993, les installations d'évaporation « forcée » mettent en œuvre un bassin tampon réduit, des panneaux alvéolés de surface spécifique élevée (200 m²/m³), une injection automatisée de solution biocide nettoiyante .

Un concept technique en module fermé compact est dédié aux petits volumes d'effluents : 100 m³ d'effluents évaporés/an sur site de température moyenne annuelle 15°C et d'humidité relative moyenne 66 %, 50 m³ d'effluents évaporés/an sur site de température moyenne annuelle 10°C et d'humidité relative moyenne 80 %. Le module comprend : bac tampon, surface d'échange PEHD, ventilateur assurant un flux d'air, dévésiculeur en partie supérieure de l'évaporateur et reste de maintenance réduite.

❖ **Traitement biologique à alimentation séquentielle (SBR)**

Rappel du principe : le traitement des effluents s'effectue par cycles. En début de cycle, un volume déterminé d'effluent est ajouté dans le réacteur qui contient les boues activées, puis aéré jusqu'à élimination de la pollution soluble biodégradable. À l'arrêt de l'aération commence une phase de décantation, qui permet la séparation des boues de l'effluent épuré.

À la fin du cycle de décantation, le volume introduit précédemment est évacué et remplacé par l'effluent brut pour démarrer un nouveau cycle. Par rapport aux stations classiques à alimentation continue, il n'y a pas de décanteur ni de dispositif de recirculation des boues.

La filière comprend généralement : poste de dégrillage, bassin tampon (acier ou béton revêtu intérieur époxy), réacteur SBR (acier ou béton revêtu intérieur époxy), raccord éboueur ou cuve de stockage des boues résiduelles.

Le procédé est doté de bonnes références depuis 1994 (INRA Narbonne, Ateliers Occitanie), sur des caves vinifiant entre 2000 hl/an et 32000 hl/an (rendements épuratoires supérieurs à 97 % sur DBO₅, 93-96 % sur DCO).

L'acquit technique conduit à une filière fiable, d'exploitation facilitée, adaptée aux moyennes et petites caves (production > 800 hl) et admettant un traitement mixte (effluents vinicoles, effluents domestiques) particulièrement intéressant pour les sites de production ayant une activité complémentaire de gîtes, d'accueil du public ou lorsqu'ils ne sont pas raccordés à un réseau d'assainissement collectif.

b) Une transposition de procédés employés dans les filières d'épuration urbaine

C'est notamment le cas des dispositifs d'infiltration percolation sur massifs rapportés (sable, pouzzolane, média multicouches multi matériaux) pour lesquels on dispose d'un solide retour d'expérience à l'échelle mondiale. En assainissement collectif, ceux-ci sont effectivement couramment employés en traitement tertiaire avant rejet au milieu naturel ou réutilisation des eaux épurées en irrigation d'espaces verts ou de cultures. En effluents vinicoles, l'utilisation d'un massif sableux en traitement de finition d'effluents pré traités par stockage aéré résulte des travaux (1996-1997) du CSTB et de la société Vaslin Bucher, qui ont conduit au « Procédé Cascade » évalué au Domaine Chevalier de Léognan (Racault et Vedrenne, 1999) commercialisé depuis lors.

D'autres média peuvent être employés, comme la pouzzolane dans le cas du filtre Alba dédié aux caves de 500 à 1500 hl. Ce traitement de finition éprouvé sur la cave de La Grange des Maures (650 hl) intervient ici après un stockage et traitement biologique en bassins aérés séparés.

Une expérimentation en cours concerne l'évaporation d'effluents vinicoles de petite cave à Régnié, en enceinte semi ouverte (serre plastique) et sur massif rapporté de compost. Plusieurs fonctions intéressantes peuvent être attribuées à ce concept d'évapo-filtration (développé par Daïman Conseils) : évaporation, filtration, adsorption, avec des réactions aérobies et anaérobies spécifiques au média (compost) employé. À noter ici qu'un média multicouche (Lombricompost, sciure et copeaux, graviers) breveté au Chili avait donné antérieurement des résultats prometteurs sur effluents vinicoles (Quinteros, 1999).

Les massifs siliceux rapportés plantés de roseaux font l'objet d'expérimentations et suivis en tant que : traitement de finition après un procédé biologique, traitement complet avec recirculation, traitement de boues biologiques.

Principes et mises en œuvre de l'épuration sur supports granulaires sont rappelés par A. Liénard, avec des perspectives d'application au traitement des effluents vinicoles détaillées ci-après par V. Mouton-Ferrier.

Par ailleurs, l'utilisation du sol en place avec un couvert végétal spécifique comme traitement de finition d'effluents urbains existe en zone méditerranéenne depuis de nombreuses années, avec l'avantage d'une bonne intégration paysagère et une protection des cours d'eau contre l'eutrophisation.

En effluents vinicoles, l'utilisation du couple sol plante comme moyen d'épuration des effluents fait actuellement l'objet de plusieurs expérimentations et suivis. Une illustration peut être donnée avec le domaine du Château de Corcelles. Les 1400 m³/an d'effluents dégrillés et décantés sont renvoyés dans un bassin de stockage de 250 m³, qui alimente un réseau d'irrigation sous pression en contre bas de la cave. Un taillis en courte rotation est ici conduit sur une surface de 5000 m². Le concept apparaît séduisant, mais les enseignements issus du traitement des effluents urbains ne doivent pas être oubliés. Les caractéristiques du sol, la stratégies des apports ainsi que l'entretien du couvert végétal sont effectivement déterminants.

En dernier lieu, il convient de citer la séparation de la biomasse par filtration membranaire. Il s'agit d'un procédé éprouvé et reconnu au plan mondial en traitement d'eaux résiduelles urbaines et industrielles, que ce soit en système intégré au bassin (ultrafiltration sur membranes organiques) ou en système re-circulé (modules d'ultrafiltration sur membranes céramiques ou organiques) à l'extérieur du bioréacteur.

Réclamant un savoir-faire spécifique, seuls quelques exemples d'application existent en effluents vinicoles. En 2000-2002, de bons résultats ont ainsi été enregistrés sur un stockage aéré réduit destiné aux petites caves, avec séparation des boues par filtration membranaire (procédé Cascade CP, suivi ESA Angers) et finition sur massif sableux.

La séparation de la biomasse en excès est aujourd'hui couramment assurée en prestation de service et en système re-circulé monté sur remorque, par la Société M. Paetzol.

c) Une réutilisation des effluents vinicoles épurés en irrigation d'espaces verts, de cultures

Ce recyclage est effectif dans les zones géographiques du monde (Australie, Californie par exemple) aux ressources en eau limitées ou aux milieux naturels (superficiels, souterrains) déjà dégradés. Sauf cas particuliers (mélange avec des eaux de rinçage de matériels de pulvérisation, mélange avec des eaux industrielles...), les effluents vinicoles épurés ne contiennent pas de micro polluants minéraux ou organiques et peuvent être ré-employés en irrigation. Matériels d'irrigation et stratégies d'irrigation sont ici déterminés en fonction du sol, de la culture pratiquée, du climat et en tenant compte de valeurs limites édictées (OMS, législations locales ...).

Dans le Midi de la France, cette réutilisation des effluents vinicoles épurés en irrigation est pratiquée ponctuellement, en substitution du rejet au cours d'eau lorsque l'écoulement naturel atteint un faible débit, afin de protéger le milieu récepteur.

Dans le cas d'un traitement mixte effluents vinicoles – effluents urbains, le projet de réutilisation des eaux usées épurées doit tenir compte des Recommandations du Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France (1991-92) et suivre une instruction spécifique auprès des services de l'Etat.

d) Une offre en matière de traitement en prestation de service qui se diversifie

Différents opérateurs privés locaux (*Ex.* société M. Paetzold) ou nationaux (*Ex.* CGE, Lyonnaise) proposent des contrats de prestations de service. Correspondant à une obligation de moyens et de résultats, ces contrats comprennent généralement :

- un contrôle du fonctionnement général de l'installation, qui s'effectue par télésurveillance couplé à des interventions sur site d'un personnel qualifié. Le suivi analytique effectué dans le cadre de l'auto surveillance peut inclure un rendu d'information aux administrations.
- un entretien électromécanique préventif des installations, exécuté selon un planning d'entretien établi avec le personnel de la cave.

- une exploitation globale (contrôles, suivis, nettoyage, maintenance) qui peut inclure (ou non) les fournitures d'entretien et produits de traitement, l'évacuation des refus de dégrillage et des boues résiduelles.

Les avantages principaux résident ici dans l'allègement des contraintes subies par la cave en période de vendange, dans un confort d'exploitation et un équipement d'épuration maintenu performant. Les coûts totaux varient suivant l'étendue des prestations et objectifs de qualité prédéfinis par la cave, la filière d'élimination retenue pour les boues résiduelles, la distance entre la cave et le (les) centre (s) d'exploitation de l'opérateur privé .

En terme de traitement en prestation de service, une autre solution réside dans la dépollution en station d'épuration collective privée. Celle-ci reçoit les effluents dégrillés, stockés sur chaque site de production, quantifiés en terme de volume et de pollution organique lors de l'étape de collecte. La facturation tient ici compte des volumes traités, de leur DCO et peut intégrer une modulation saisonnière de la tarification de traitement (*Ex.* CTWM en Gironde) .

REMARQUES :

La norme NFP 15-900-3 publiée en novembre 2002 définit les activités de service exercées dans le cadre de la gestion d'un système de traitement des eaux usées d'une collectivité publique. Elle contient un certain nombre de prescriptions en matière d'exploitation et d'opérations spécifiques (traitement biologique, boues) et aussi des indicateurs relatifs à la qualité du service et à son prix. Ces éléments peuvent s'avérer particulièrement utiles dans le cas où la cave rejette ses effluents au réseau urbain ou servir de lignes directrices dans l'appréciation du service proposé par un opérateur privé. Récemment publié, le guide sectoriel ISO 14001 « Systèmes de Management Environnemental pour l'assainissement » contient par ailleurs d'autres recommandations et conseils pertinents.

e) Une large palette d'outils d'aide à la décision proposés aux professionnels

La capitalisation de l'expérience acquise en matière de caractérisation et quantification des effluents vinicoles et du fonctionnement des procédés de traitement est retranscrite sur support papier ou fichier informatique, largement accessible par exemple sous forme de :

- Fiches techniques « Filières d'épuration des effluents vinicoles » Onivins, ITV, Groupe Technique Effluents Vinicoles - 2000.
- Guide « Bonnes Pratiques Environnementales pour le Chais de Vinification » Bureau national Interprofessionnel du Cognac – 2002.
- Cédérom « Méthodes de choix des filières de traitement » Cemagref - 2003.
- Logiciel d'aide à la décision « Vini conseils » Laboratoire GRAPPE Ecole Supérieure d'Agriculture d'Angers - 1998.

Bibliographie

Bureau National Interprofessionnel du Cognac, Guide des bonnes pratiques environnementales pour les chais de vinification, Edition BNIC, 2002, 40 p.

Conseil Supérieur Publique d'Hygiène de France. Recommandations concernant l'utilisation, après épuration, des eaux résiduelles urbaines pour l'irrigation des cultures et espaces verts (Circulaire du 22.07.1991 et 03.08.1992).

ITV France, Les filières d'épuration des effluents vinicoles, nouvelle édition, Editions ITV, 2000, 86 p.

Quinteros D., Tratamiento ecologico de riles. Mémoire d'ingénieur, Université Vicente Pérez Rosales au Chili, 1999.

Racault Y., Vedrenne J., Evaluation du procédé « Cascade » de la société Vaslin-Bucher pour le traitement des effluents vinicoles. Suivi de l'installation du domaine Chevalier de Léognan, 1999.

Épuration sur supports granulaires : principes et mises en œuvre

Alain LIENARD, Cemagref Lyon – Yvan RACAULT, Cemagref Bordeaux

Introduction

Les techniques de traitement d'effluents faisant appel à une infiltration sur supports granulaires ont d'abord trouvé leur domaine d'application dans le traitement des eaux usées domestiques. Depuis quelques années, on tente d'adapter ces procédés pour traiter des effluents dans le secteur de la petite industrie agroalimentaire et plus récemment dans le domaine vinicole.

Avant de présenter les possibilités d'application de ces techniques pour traiter les effluents vinicoles il convient de rappeler les principes des principaux procédés développés à ce jour et de présenter le bilan de l'expérience acquise avec les effluents domestiques. Les filières de traitement des eaux usées domestiques en milieu rural, tant en assainissement collectif pour les parties agglomérées que pour l'assainissement non collectif des habitations non raccordées à un réseau public de collecte des eaux usées, sont souvent basées sur des processus de filtration intervenant sur des supports minéraux. Outre la rétention en surface de la fraction particulaire de la pollution, il se développe au sein de ces supports granulaires une biomasse épuratoire qu'il convient de maintenir dans des conditions aérobies. Le Cemagref a regroupé ces filières de traitement sous l'appellation de "cultures fixées sur supports fins". Rappelons-en brièvement les principales caractéristiques en traitement d'eaux usées domestiques (Boutin *et al.*, 2000) :

- Nécessité d'un traitement primaire préalable (sauf filtres plantés de roseaux) pour éliminer la fraction la plus grossière des matières en suspension,
- Application de faibles quantités de matière organique qui constitue le substrat des bactéries sur la surface utile des supports granulaires (souvent moins de 50 g de DCO.m⁻².j⁻¹), afin que leur perméabilité initiale ne se réduise trop par développement des micro-organismes dans la porosité inter-granulaire. Les limites des charges admissibles ne sont pas connues avec précision et le dimensionnement est encore très empirique avec des surfaces par habitant.
- Alimentation alternée d'au moins 2 massifs filtrants en parallèle pour ménager des phases de repos au cours desquelles la biomasse décroît et où se reconstitue le stock d'oxygène,
- Alimentation par bâchées, à fort débit pendant un temps court, pour répartir le mieux possible les effluents sur le massif filtrant en service.

Pour autant le fonctionnement intime et les facteurs clefs qui le gouvernent sont encore trop peu connus. L'étude de ces milieux complexes est en effet plus difficile que celle des systèmes à mélange intégral (i. e. : boues activées) du fait des difficultés à quantifier la biomasse qui se développe et régresse successivement au cours des périodes d'alimentation et de repos.

Lorsque leur fonctionnement est optimal, les massifs filtrants sont placés en condition de non-saturation hydrique, les volumes libres dans les espaces inter-granulaires seront occupés alternativement par les gaz résultant des processus de dégradation pendant les périodes de fonctionnement (principalement du CO₂) et seront progressivement remplacés par de l'air, plus riche en oxygène, au cours des périodes de repos.

Trois principaux types de traitements sur supports granulaires

❖ Les lits d'infiltration-percolation sur sable

Comme l'indique leur nom, il s'agit de massifs filtrants garnis de sable sur une épaisseur d'environ 70 cm. Trois lits sont généralement recommandés et ils sont alimentés en alternance 2 fois par semaine. Un lit est mis en service le lundi jusqu'au jeudi, puis le deuxième fonctionne du jeudi au lundi suivant et le troisième entre en fonction le lundi jusqu'au jeudi. De cette façon, les séquences de fonctionnement de 3 ou 4 jours sur chacun des lits sont espacées d'une semaine de repos. Cette absence d'eaux usées oblige les bactéries à consommer leurs réserves, à se concurrencer pour tenter de survivre et certaines disparaîtront libérant ainsi des espaces libres pour l'aération entre les grains de sable.

Néanmoins, pour réduire les risques de colmatage superficiel, les eaux usées doivent subir une décantation permettant d'éliminer la fraction la plus grossière des matières en suspension [MES]. Cependant, cette opération n'est pas suffisante et une ou deux fois par mois, après une période de repos, il convient de scarifier la plage d'infiltration. La croûte de dépôts superficiels sera enlevée 3 ou 4 fois par an, lorsqu'ils sont suffisamment secs.

En traitement d'eaux usées domestiques, le dimensionnement standard est de 1.5 m² par habitant soit environ 60 g DCO/m².j, sous la forme de 3 lits de chacun 0.5 m² par habitant.

❖ Les filtres enterrés

Lorsque les massifs filtrants ne sont pas visibles et que les eaux ayant aussi subi une décantation préalable sont réparties sur toute la surface du filtre par un réseau de distribution, les lits d'infiltration-percolation sur sable sont appelés filtres enterrés. La surface peut être recouverte de terre végétale mais on lui préfère désormais des graviers assez grossiers (20/40 mm, par exemple) qui laissent mieux passer l'air.

Étant donné qu'il n'est pas possible d'entretenir la surface des filtres, un dimensionnement sécuritaire est choisi en doublant la surface utile des lits d'infiltration-percolation sur sable. Les filtres enterrés sont donc dimensionnés à 3.0 m² par habitant, répartis en 3 fois 1 m² par habitant ou 2 fois 1.5 m² par habitant pour les petites installations qui sont alors alimentées en alternance chaque semaine.

Comme pour les lits d'infiltration-percolation, la répartition des effluents nécessite une alimentation syncopée à fort débit, encore appelée "alimentation par bâchées". Lorsque la topographie le permet, les eaux sont stockées pendant quelques heures dans un réservoir et celui-ci est vidé à fort débit pendant un temps court à l'aide d'un siphon. Si cette disposition n'est pas possible, il faut alors recourir à une pompe.

❖ Les filtres plantés de roseaux

Ils sont constitués de 2 étages en série, chaque étage étant lui-même constitué de 3 filtres. Les filtres du 1^{er} étage sont garnis majoritairement de gravillons fins [2 à 8 mm]. Ils sont alimentés par des eaux usées domestiques brutes dont les MES sont retenues à plus de 85 % sur la surface où se forme une couche de dépôts organiques qui se minéralisent progressivement. Les filtres du second étage, partiellement constitués de sable, complètent le traitement de la matière organique résiduelle et réalisent l'essentiel de l'oxydation des composés azotés sous forme de nitrates.

Comme les filières de traitement évoquées précédemment, l'alimentation est alternée de périodes de repos et les eaux usées sont alimentées par bâchées. La surface utile de l'ensemble des filtres des 1^{er} et second étages est généralement comprise entre 2.0 et 2.5 m² par habitant.

Enseignements issus de l'expérience du traitement des eaux usées domestiques

❖ Processus en jeu dans les lits d'infiltration-percolation sur sable

En raison de sa finesse, l'oxygénation dans le sable est plus faible que celle prévalant dans des granulats plus grossiers tels les gravillons et graviers ; elle est surtout efficace dans les 15 à 20 cm superficiels. En outre, sous l'action de forces de capillarité d'autant plus conséquentes que le matériau est fin, l'eau est retenue dans le sable en quantité plus importante que celle qui prévaudrait du seul fait du ressuyage entraîné par l'écoulement gravitaire. La porosité représentant l'ensemble des volumes d'espaces entre les

grains, est plus réduite et elle est partiellement occupée par les bactéries qui assurent la dégradation des substances polluantes, couramment appelée biomasse épuratoire. Cette biomasse est, elle aussi, composée à au moins 90 % d'eau, ce qui accroît encore l'humidité du milieu et gêne le renouvellement de l'oxygène.

La décantation primaire préalable, en retenant les MES les plus grosses ou denses assure une diminution d'environ 1/3 de la charge organique et cette réduction est prise en compte dans les surfaces utiles présentées auparavant. Malheureusement, ce processus génère aussi des boues dont la gestion est rendue difficile en raison de difficultés croissantes pour les épandre sur les terres agricoles.

❖ **Avantage relatif des filtres plantés de roseaux**

L'action des roseaux est essentielle car leurs tiges viennent abondamment percer la couche de dépôts superficiels constituée des MES contenues dans les eaux usées brutes en créant autour de chacune d'elles un anneau constamment réalésé par les oscillations dues au vent. L'eau pénètre ainsi dans la couche de gravillons dont la granulométrie plus élevée permet conjointement une meilleure infiltration et aération.

Les roseaux eux-mêmes (comme d'ailleurs tous les végétaux aquatiques), sont en outre capables de transférer une partie de l'oxygène photo-synthétisée par les parties aériennes jusqu'aux racines, et plus particulièrement à l'apex des radicelles, via des tissus creux dénommés "aérenchymes". La réalité de ces apports par les plantes n'est pas contestée par les scientifiques (Armstrong *et al.* 1992, Brix 1993) mais peu d'entre eux s'accordent sur les doses disponibles pour le milieu environnant, notamment selon les saisons. En période estivale, les valeurs maximales d'évapotranspiration des roseaux mentionnées dans la bibliographie (Rodewald-Rudescu, 1974) peuvent atteindre 17 à 18 mm.j⁻¹ et, plus généralement, il peut être considéré que l'évaporation d'une roselière est le double de celle d'un plan d'eau dans les mêmes conditions climatiques. Partant de ces hypothèses, il est indéniable que l'évapotranspiration va au cours des périodes de repos éliminer du massif filtrant de l'eau susceptible de s'écouler progressivement sous l'action de la gravité mais surtout celle retenue sous forme capillaire par les forces de succion. Le roseau est en effet réputé exercer une succion bien supérieure, Rodewald-Rudescu (1974) cite des pressions osmotiques pouvant atteindre 20 bars. De ce fait, l'eau ainsi extraite du milieu pendant les périodes de repos est consécutivement remplacée par de l'air.

La couche de dépôts organiques retenue en surface est en contact quasi permanent avec l'atmosphère entre 2 bâchées et continuellement au cours de la période de repos, la minéralisation aérobie des particules organiques qui s'accumulent progressivement chaque semaine est ainsi assurée. On pense également que l'ombrage et l'évapotranspiration des roseaux créent au sein de ces dépôts organiques des conditions très favorables à l'activité des bactéries responsables de la minéralisation, mais il n'existe pas d'études le prouvant. On y trouve ainsi de nombreux lombrics qui sont les représentants les plus évolués d'une biocénose encore peu connue mais résolument aérobie. La boue ainsi transformée ressemble à un terreau et constitue elle-même un matériau filtrant très riche et actif qui participe à la dégradation des composés organiques dissous.

À partir d'échantillons et analyses opérés à la station de Gensac la Pallue en Charente, en service depuis juillet 1987, à l'occasion de vidanges de filtres réalisées en 1996 et 2001, on a pu estimer la siccité de la couche de dépôt (20 à 25 % malgré des conditions pluvieuses) et établir une vitesse d'accumulation moyenne de 10 à 15 mm par an. Un calcul approché permet d'estimer le stock de boue à environ 35 % du flux de MES apporté par les eaux usées, ce qui corrélativement suppose une minéralisation de 60 à 65 %.

Le **tableau 1** montre que les performances observées à la station de Gensac la Pallue ont tendance à s'accroître avec le développement de la couche de dépôts superficiels dont l'activité propre s'ajoute à celle induite par la biomasse épuratoire présente dans le massif granulaire.

Tableau 1 : Évolution comparée des rendements des filtres plantés de roseaux en 1^{er} étage entre 1988 – 1992 et 1996 à Gensac la Pallue

		DCOb	DCOf	MES	NTK
10 bilans 24 ou 48h entre 1988 et 1992	Rendement moyen des filtres et [Ecart-Type]	68.1% [6.3%]	-	87.2% [2.3%]	28.9% [8.9%]
Février 1996	Qualité (mg l ⁻¹)	110	70	20	31
	Rendement des filtres (1 ^{er} étage)	80%	50%	92%	33%

Sur 2 autres installations plus jeunes suivies par l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse, dont les données n'ont pas encore été publiées, les abattements obtenus, avec un matériau superficiel plus fin et d'une plus grande épaisseur, sont du même ordre en DCO et MES mais meilleurs en NTK [Azote Kjeldahl qui représente la somme azote organique + sels ammoniacaux].

Au plan de la conductivité hydraulique, cette couche de boue épaisse de 25 centimètres est le facteur limitant. Sa perméabilité est de l'ordre de 10^{-5} m.sec⁻¹, autorisant quand même une charge hydraulique journalière proche de 0.9 m sur le filtre en service.

Principales caractéristiques des effluents vinicoles

L'application des procédés d'infiltration sur supports granulaires à des effluents non domestiques suppose un bref rappel des caractéristiques des effluents vinicoles et de leur impact sur la conception des systèmes de traitement.

Les effluents vinicoles résultent des opérations de nettoyage nécessaires au maintien d'une bonne hygiène pour produire et élaborer un produit fini de qualité. Après un simple tamisage permettant d'éliminer les particules les plus grossières (feuilles, rafles, pépins), les eaux de lavage contiennent des matières en suspension de petites tailles (essentiellement minérales lors du lavage des équipements pendant les vendanges) et des substances dissoutes (sucres, alcools, acides, polyphénols, produits de nettoyage et désinfection, ...) qui confèrent un caractère polluant aux rejets. Ceux-ci sont de surcroît saisonniers, puisque une fraction importante de la charge est produite durant la vendange et le début de la vinification, sur cinq à six semaines. Pendant cette période, des concentrations importantes de matières organiques (MO), quantifiées globalement sous forme de DCO, peuvent être relevées. Si ces MO sont en majeure partie très biodégradables, la principale difficulté résulte de l'obligation de satisfaire aux normes de rejet en concentration, ce qui impose évidemment des rendements très élevés.

Pour le reste de l'année, les concentrations et volumes d'effluents peuvent être influencés par les soutirages, le mode de commercialisation et les lavages d'équipements qui en résultent, mais les charges sont généralement sensiblement plus faibles dès lors que les bourbes, lies, tartres et terres de filtration sont récupérées et valorisées. Pour un traitement par cultures fixées, la présence d'une charge organique suffisante le reste de l'année conditionne le maintien d'une biomasse active minimale utilisable pour les vendanges suivantes. Suivant le type de vinification et la répartition des rejets dans l'année il conviendra donc d'adapter le mode de fonctionnement en début de cycle annuel (vendanges) pour développer une biomasse permettant d'atteindre à nouveau les niveaux de qualité requis.

Le concepteur d'installations de traitement est ainsi confronté au difficile compromis consistant à minimiser le dimensionnement au regard d'une période de pointe relativement courte sans pour autant hypothéquer les performances épuratoires d'un système qui doit s'adapter à une très grande variabilité spatio-temporelle. Jourjon *et al.* (2001) ont classé ces divers facteurs en analysant des bases de données quantitatives et qualitatives régionales.

Aperçu des premières expériences de traitement d'effluents vinicoles

▪ Une démarche prudente : le stockage préalable

La séparation des réseaux d'eaux pluviales et la réduction des flux d'eaux usées à la source constituent normalement la 1^{ère} étape d'une démarche responsable de gestion des effluents qu'il n'est pas inutile de rappeler. Quand elle est franchie, une approche pragmatique souligne que, pendant les vendanges, l'attention du viticulteur n'est pas focalisée sur la gestion et l'épuration de ses effluents, et, de ce fait, le stockage pouvant accueillir tout le flux produit au cours de cette période est a priori la solution la plus simple et surtout la plus sécurisante, sous réserve de disposer de la place suffisante.

Le stockage présente, en outre, l'avantage de lisser les pointes journalières et laisse ouverte toute possibilité d'épandage sur terres agricoles sachant que jusqu'à une période assez récente cette destination était encore considérée comme la seule solution opérationnelle agréée pour les petits chais. Pour éviter les problèmes d'odeurs apparaissant lors du passage en anaérobiose, une légère aération est recommandée. Dans tous les cas, des abattements non négligeables en terme de DCO (jusqu'à 35 %) prennent place dans cet ouvrage même s'il ne s'agit pas du but recherché en cas d'épandage agricole. Pour cette dernière solution, les capacités épuratoires du sol sont largement excédentaires au regard des doses annuelles apportées lorsque celles-ci sont convenablement raisonnées en terme de fréquence et quantités à chaque apport pour ne pas entraîner colmatage superficiel, brûlures des végétaux, phytotoxicité ou ruissellement.

Évidemment, pour tenter de réduire les coûts d'investissement, le stockage peut être dimensionné sur de plus courtes durées et être sensiblement plus aéré, du statut de bassin tampon - stockage il accède alors au rang de filière de traitement en assurant la majeure partie de la dégradation de la matière organique (Racault *et al.*, 2002). Ainsi, avec une séparation de l'eau traitée et de la boue, des rendements supérieurs à 90 % en DCO peuvent être atteints.

▪ Les supports granulaires en complément de traitement

L'idée de compléter les performances plus ou moins poussées déjà obtenues dans un stockage aéré par un traitement sur supports fins a fait l'objet d'une approche empirique dérivée du traitement des eaux usées domestiques. Deux objectifs sont généralement attendus lors de cette étape : retenir les matières en suspension résiduelles et affiner le traitement de la matière organique dissoute.

Les concentrations des effluents traités sont généralement fixées à 300 mg/l de DCO, 100 mg/l de DBO et de MES sauf milieu récepteur très sensible. La qualité exigée pour l'eau traitée est donc sensiblement inférieure à celle qui est demandée dans le cas d'une collectivité rurale (à l'exception du niveau D1 de la circulaire du 17 février 1997).

– Lits d'infiltration-percolation ou filtres à sable

Quelques essais de traitement direct des effluents vinicoles ont été tentés dans la première moitié des années 1990, notamment dans la région Centre, sans être complètement infructueux, ils ont clairement montré la nécessité de recourir à un bassin tampon de décantation pour lisser les charges, diminuer les fréquences d'alternance des filtres et espacer les opérations de ratissage de la plage d'infiltration afin d'éviter un colmatage précoce.

Les véritables applications fonctionnelles se sont en fait mises en place à l'issue d'un stade de traitement préalable en stockage aéré. En l'absence de connaissances sur la biodégradabilité de la matière organique résiduelle et sur les limites réelles de charges pouvant être appliquées, les concepteurs ou constructeurs ont souvent recommandé d'alimenter les lits avec des effluents dont les concentrations n'excédaient pas 1 000 mg/l de DCO et des charges surfaciques d'environ 60 g de DCO.m⁻².j⁻¹. Une telle charge correspond peu ou prou à celle que reçoivent des lits d'infiltration-percolation sur sable en traitement d'eaux usées domestiques.

Compte tenu de la souplesse de fonctionnement qu'apporte le traitement préalable par stockage aéré, un seul lit est mis en place mais il n'est bien sûr pas alimenté quotidiennement afin de respecter les périodes d'alimentation et de repos préconisées.

L'installation de ces lits a démarré dans des caves coopératives dont les effluents avaient séjourné deux à trois mois en stockage aéré. L'application la plus connue est vraisemblablement celle proposée par la

société Vaslin Bucher sous le nom de "procédé Cascade" qui a fait l'objet d'un suivi sur un château du Bordelais (Racault et Vedrenne, 1999).

Les concentrations en DCO obtenues en sortie des lits ont toujours été inférieures à 150 mg/l.

– Filtre gravillonnaire à recirculation [FGR]

Commercialisé et adapté au traitement des effluents vinicoles par la société Alba qui l'a breveté, ce système est inspiré d'études entreprises antérieurement par la station expérimentale caprine du Pradel, la SINT et le Cemagref pour le traitement des eaux de lavage de fromageries fermières contenant du lactosérum. Il a fait l'objet d'un suivi sur une exploitation du Beaujolais et ses performances ont été jugées satisfaisantes pour obtenir un agrément par l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse.

Après dégrillage, le traitement est de type séquentiel par passage successif dans 2 cuves aérées artificiellement par des pompes équipées d'un dispositif aéroéjecteur et une aspersion sur filtre depuis la seconde cuve. Les effluents sont stockés pendant la journée dans une cuve de réception brassée et aérée dont le volume correspond approximativement au volume d'eaux usées produit en 4 jours. Les effluents déjà traités partiellement à ce niveau sont envoyés pendant la nuit dans une cuve de recyclage également aérée équivalant à 3 jours de production d'effluents. Le traitement biologique déjà largement amorcé dans chacune des cuves par des bactéries en suspension est complété par plusieurs passages successifs sur un massif de pouzzolane arrosé par 4 asperseurs et progressivement colonisé par une biomasse fixée. A l'issue de ce processus, une décantation est opérée et le transfert du surnageant épuré vers le milieu récepteur est assuré par une petite pompe de rejet commandée par des poires de niveau et asservie par une horloge programmable.

La granulométrie de la pouzzolane permet vraisemblablement au filtre de traiter des charges sensiblement plus élevées que celles qui pourraient l'être dans un filtre garni de sable. Les temps de séjours plus courts de l'effluent avec la biomasse épuratoire fixée sont compensés par un processus de recirculation permettant plusieurs passages. En début de saison, au moment des vendanges, la colonisation bactérienne du filtre est facilitée par le développement d'une biomasse en suspension déjà installée dans les cuves amont. En revanche, les risques de colmatage du filtre sont limités par la longue période de fonctionnement à faible charge en dehors des périodes de vendange – vinification et soutirage. Des études de vieillissement sont cependant nécessaires sur le long terme pour déterminer la durée de vie de la pouzzolane.

– Filtres plantés de roseaux

À notre connaissance, les différents essais de traitement direct des effluents vinicoles avec des lits plantés sur la base des systèmes domestiques n'ont pas conduit à des performances épuratoires suffisantes. Les concepteurs de ces systèmes sont encore confrontés à une connaissance imparfaite des capacités réelles de traitement dans le contexte du secteur vinicole (effet de pointe, charges organiques élevées, ...). Parallèlement, le dimensionnement et l'agencement de ces dispositifs doivent être optimisés. Des améliorations sont incontestablement possibles sous certaines conditions qui seront ébauchées ultérieurement.

À titre d'exemple, dans le Bordelais, un essai de traitement par filtres plantés de roseaux à l'issue d'un stockage aéré important, conçu par la SINT en collaboration avec EURALIS AGRO-VIGNE, a donné des résultats prometteurs mais perfectibles, ils sont résumés ci-après.

Partant de la souplesse conférée par le stockage aéré en amont largement dimensionné, la démarche retenue a été plus expérimentale. Le dimensionnement des filtres est calé sur une charge organique par m² de surface utile relativement élevée (200 g de DCO.m⁻².j⁻¹), et l'objectif a consisté à déterminer la charge volumique et les concentrations en entrée acceptables pour atteindre les objectifs de traitement (300 mg/l de DCO, 100 mg/l de DBO et de MES).

La conception retenue est très inspirée du traitement des eaux usées domestiques puisque l'installation comporte 2 étages de traitement en série, scindés en 2 lignes parallèles fonctionnant en alternance une semaine sur deux. En dépit d'imperfections de la réalisation et d'une colonisation progressive par la biomasse sur environ 1 mois, les abattements dans les 2 étages de filtres sont suffisants lorsque la DCO de sortie du stockage aéré est de l'ordre 2.0 g/l. Prenant en compte l'expérience acquise, une installation optimisée pourrait vraisemblablement accepter une DCO en entrée de 3.0 g/l à condition de fonctionner en circuit fermé pendant la période transitoire de colonisation qui se renouvellera chaque année.

Perspectives d'adaptation des filtres plantés de roseaux pour le traitement direct des effluents vinicoles

L'attrait essentiel des filtres plantés de roseaux provient de leur aptitude à admettre des eaux usées brutes sans décantation préalable.

Le fait que l'essentiel des boues produites se retrouvent en surface des massifs filtrants et que cette couche accumulée sur le long terme soit aisément extractible sans nuire à l'intégrité du système et à sa pérennité rassure les utilisateurs potentiels. En prévoyant à la conception des installations une revanche d'au moins une trentaine de centimètres, il est aujourd'hui avéré que les filtres du 1^{er} étage sont fonctionnels pour une durée de 10 à 15 ans avant qu'il soit nécessaire de procéder à une extraction des boues ainsi accumulées. Cette opération peut être réalisée avec un tracto-pelle en rétro équipé d'un outil sans dents comparable à celui utilisé pour le curage des fossés. Cet équipement assez courant ne requiert donc pas un investissement exceptionnel. Il faut cependant s'assurer dès la conception de l'accessibilité de l'engin extracteur et d'une benne de capacité adaptée aux distances de transport vers une aire de stockage. La possibilité de démonter le réseau de distribution pour faciliter l'opération est également à considérer.

La repousse des roseaux à partir des rhizomes laissés en place dans le matériau filtrant, qui ne doit pas être altéré, s'effectue en moins de 3 mois avec une vidange réalisée en mars, sans qu'il apparaisse de différence notable de développement végétal avec un filtre non curé en juin.

Les concentrations en MES observées dans les chais en période de vendange sont très variables. On peut cependant les situer dans une gamme allant de 500 mg.l⁻¹ à 3000 mg.l⁻¹ sur l'ensemble des régions vinicoles (Jourjon *et al.*, 2001). Des mesures réalisées par le Cemagref dans Bordelais sur 5 à 6 semaines consécutives donnent par exemple des valeurs moyennes suivant les sites de 280 mg.l⁻¹ à 2300 mg.l⁻¹, cette dernière valeur étant relative à un chai ayant une très faible consommation d'eau. L'aptitude, désormais prouvée en eaux usées domestiques, des filtres plantés de roseaux à admettre, sans risque de colmatage, des charges de MES annuels de l'ordre de 20 kg de MES.m⁻².an⁻¹ peut donc constituer une caractéristique également intéressante pour les effluents vinicoles, même si les flux annuels cumulés de MES seraient vraisemblablement moindres.

Ces observations prouvant à la fois l'efficacité du traitement des filtres du 1^{er} étage plantés de roseaux et leur fiabilité à long terme ne doivent toutefois pas susciter un enthousiasme démesuré pour leur utilisation en mode "traitement direct" avec des effluents d'origine vinicole,

En admettant un abattement 65 % sur les filtres du 2^{ème} étage (sans recirculation), le niveau requis de 300 mg/l de DCO au rejet dans le milieu récepteur ne peut être atteint que si en sortie du 1^{er} étage des filtres la concentration en DCO n'excède jamais 850 mg/l.

Aucune observation ni projection à partir des connaissances actuelles sur les filtres plantés ne permet actuellement d'espérer des abattements tels qu'ils puissent opérer un lissage garantissant en permanence une telle concentration en sortie de 1^{er} étage. Par conséquent, il est pratiquement impossible de faire l'économie d'une capacité tampon d'un volume correspondant au moins à 5 ou 6 jours de production d'effluents.

Comment aménager ces systèmes pour parvenir aux abattements nécessaires en période de vendanges – vinification ? Nous entrevoyons 4 voies qu'il conviendrait d'explorer simultanément.

- Dans le cas des chais de petite taille, traiter conjointement des effluents vinicoles et des eaux usées domestiques. Sachant que ces dernières présentent une concentration rarement supérieure à la concentration visée en sortie de 1^{er} étage, tout apport conséquent agit donc comme facteur de dilution.

En première évaluation, pour un chai produisant 500 hl par an et ayant une consommation d'eau spécifique de 2.0 l/l de vin, on peut estimer que les effluents domestiques devraient représenter au moins 45 % de l'ensemble du flux traité en pointe pour obtenir une dilution significative. Une telle proportion d'eaux usées domestiques est compatible avec les rejets d'une famille de 4 personnes et d'une vingtaine de vendangeurs. La période critique pourrait de ce fait être reportée sur les soutirages, pour lesquels la dilution par les effluents domestiques serait moindre quand les vendangeurs ne seraient plus sur le domaine.

Outre cette contribution directe, la pérennité de rejets domestiques au cours de l'année et notamment en période creuse d'activité vinicole présente aussi l'avantage d'alimenter les ouvrages de façon à maintenir une activité bactérienne minimale ainsi que le développement des roseaux. Enfin,

accessoirement les effluents domestiques, en augmentant les volumes traités, permettent une meilleure répartition spatiale sur les filtres et rééquilibrent également les effluents vinicoles déficitaires en azote et phosphore.

- Mettre en place une recirculation des effluents. Une autre façon de limiter les concentrations d'entrée en pointe consiste évidemment à diluer le mélange [eaux usées domestiques + effluent vinicole] avec une certaine proportion d'effluent ayant déjà subi tout ou partie du traitement (renvoyer en tête l'effluent de sortie ou celui ayant seulement transité par les filtres du 1^{er} étage, par exemple).

C'est à ce niveau que la mise en place d'un dispositif de recirculation revient à créer une capacité tampon et un volume de stockage qui s'intègre à la filière de traitement. Outre la conception d'un dispositif simple et fiable pour réaliser une telle recirculation, il ne faut pas négliger son incidence sur les charges hydrauliques dès que des taux de recirculation de 300 % à 500 % sont envisagés.

- Augmenter la couche de gravier fin superficiel : passage de 40 cm à 80 cm sur les filtres du 1^{er} étage et mise en place d'une aération passive complémentaire par diffusion à mi-hauteur même si cette contribution à l'oxygénation des massifs filtrants n'est pas encore aujourd'hui quantifiable qu'elle provienne du réseau de drainage au fond des lits ou de celui-ci. A notre connaissance, personne n'est aujourd'hui capable de dimensionner de tels systèmes d'aération passive, mais tout aménagement pouvant contribuer à maximiser les apports d'oxygène est profitable. Ce choix se justifie d'autant plus que, comme nous l'avons vu, les possibilités d'aération sont plus limitées lorsque le matériau est du sable, comme cela est le cas sur les filtres du 2^{ème} étage.
- Pratiquer une alternance systématique tous les 2 jours en période de pointe pour répartir la charge au mieux sur l'ensemble des ouvrages tout en leur autorisant une période de repos double de la période d'alimentation nécessaire à la réoxygénation, à la limitation du développement de la biomasse et à la minéralisation des dépôts superficiels. Même si une rotation de vannes est simple et rapide, il faut déterminer si cette contrainte est compatible avec la charge de travail de l'exploitant à une période cruciale de son activité ?

Ces aménagements concernent - ou ont majoritairement une incidence sur le fonctionnement des filtres du 1^{er} étage. Il restera également à vérifier que les rendements communément observés sur les seconds étages de filtres plantés de roseaux en effluents domestiques (65 à 70 %) sont au moins égaux avec des effluents vinicoles et qu'il soit ainsi possible de satisfaire aux normes de rejet.

Au plan des charges surfaciques la question est la suivante : quelle surcharge peut-on imposer en pointe aux filtres du 1^{er} étage, les plus sollicités, pendant environ 1.5 mois, en période climatique encore favorable (septembre – octobre) sans risquer une dégradation des abattements ni compromettre la pérennité du système ?

Il est bien entendu encore impossible aujourd'hui d'avancer une valeur basée sur une expérience qui n'a pas encore été réalisée avec une conception de filtres plantés optimisée pour cet objectif.

Néanmoins, il peut être envisageable de charger les filtres du 1^{er} étage à plus de 0.7 kg de DCO.m⁻².j⁻¹ pendant une dizaine de jours de pointe de vendange – vinification si cette charge peut être approximativement divisée par 2 au moment des soutirages plus tardifs dans l'année et donc en situation de température moins favorable.

Pour le reste de l'année, en dépit d'une charge organique vinicole proportionnellement aux effluents domestiques non négligeable, les lits recevraient une charge bien inférieure à 50.0 g de DCO.m⁻².j⁻¹ qui leur permettrait largement de récupérer. En volume, hors période de pointe d'activité, les rejets de 4 habitants représenteraient environ 85 % des volumes totaux produits sur l'exploitation.

Cette approche essentiellement théorique mais s'appuyant sur la connaissance du fonctionnement des filtres plantés en eaux usées domestiques doit évidemment être concrétisée sur un site expérimental en taille réelle. Elle a néanmoins le mérite de fixer des axes de recherche et des points clefs de conception. Le traitement combiné et « en continu » des effluents vinicoles avec les eaux usées domestiques d'une famille de 4 personnes ne paraît raisonnablement envisageable que pour des productions vinicoles inférieures à 500 hl. Au-delà, un traitement discontinu transitant par une étape de stockage beaucoup plus volumineux que celui entrevu rapidement dans les paragraphes de ce chapitre conclusif s'imposerait.

Références bibliographiques

- Armstrong J., Armstrong W. & Beckett P.M. (1992). *Phragmites australis*: Venturi and humidity induced pressure flows enhance rhizome aeration and rhizosphere oxidation. *NewPhytol.*, 120: 197-207.
- Brix H. (1993). Macrophytes-mediated oxygen transfer in wetlands: transport mechanisms and rates. In Moshiri, G.A. (ed.), *Constructed Wetlands for Water Quality Improvement*. pp. 391-398 CRC Press, Boca Raton, Florida.
- Jourjon F., Racault Y., Rochard J. (2001). *Effluents vinicoles : gestion et traitements*. Editions Féret. 224 pages.
- Racault Y., Vedrenne J. (1999). Evaluation du procédé d'épuration "cascade" de la société Vaslin-Bucher pour le traitement des effluents vinicoles. Suivi de l'installation du Domaine de Chevalier de Léognan (33)
- Racault Y., Stricker A.-E., Vedrenne J. (2002). Les effluents vinicoles : problématique du traitement et premier bilan sur la conception et le fonctionnement des procédés biologiques, *Ingénieries N° 32* : 13 - 26
- Rodewald-Rudescu, L. (1974). *Das Schilfrohr. Phragmites communis TRINIUS*. Schweizerbartsche Verlagsbuchhandlung. Stuttgart, 303 p.

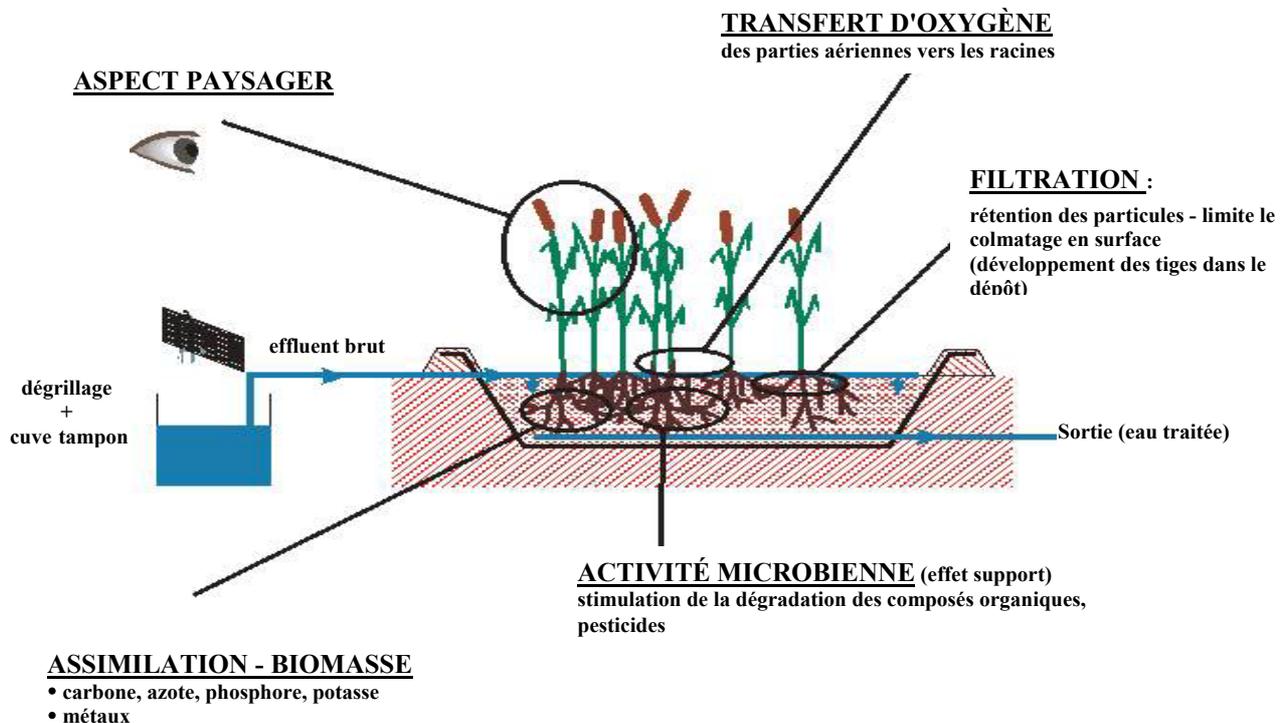
Perspectives d'application des lits plantés pour le traitement des effluents vinicoles

Valérie MOUTON-FERRIER, Sébastien KERNER, Joël ROCHARD
ITV France, Épernay – Pôle national environnement

L'épuration des effluents vinicoles n'est pas une problématique nouvelle et plusieurs procédés de traitement sont à présent validés, notamment pour les caves de taille importante. Le besoin d'équipement des plus petites structures met en évidence de nouvelles contraintes en terme de place disponible, d'intégration des équipements d'épuration à proximité immédiate de bâtiments pouvant accueillir du public, de capacité d'investissement et de simplicité de gestion. Pour satisfaire à ces exigences, nous étudions les possibilités d'utilisation des filtres plantés comme étape ou traitement à part entière des eaux usées vinicoles.

Il faut cependant garder à l'esprit que, bien que la construction et les mécanismes de l'épuration soient rustiques, le choix du type de filtre et son dimensionnement sont primordiaux pour obtenir de bons résultats et doivent être confiés aux bureaux d'études spécialisés.

PRINCIPE D'UN FILTRE PLANTE



Le pouvoir épuratoire des filtres à sable classiques est combiné aux propriétés des macrophytes constituant les dispositifs.

Comme dans tout biofiltre, la dégradation de la matière organique des effluents est réalisée par les bactéries, qui se développent en biofilm sur le support granuleux, sable ou gravier (Agence de l'eau RMC ; 1993).

Le rôle direct des plantes, en terme d'assimilation, semble assez limité et non significatif dans le cas d'effluents très chargés. Cependant, la présence des végétaux induit de façon indirecte un certain nombre de mécanismes favorisant l'épuration : maintien de la structure du massif, apport d'oxygène dans le milieu filtrant et développement de la flore bactérienne notamment.

- ***Maintien de la structure du massif***

La présence des plantes empêche la matière organique retenue en surface de former une croûte relativement imperméable qui gênerait l'infiltration des eaux. Ceci est rendu possible grâce aux rhizomes qui permettent à la plante de se développer horizontalement en émettant de nouvelles tiges de loin en loin. Celles-ci, par leurs oscillations sous l'effet du vent, percent la couche de dépôts et aménagent à leur base un anneau libre qui facilite la circulation hydraulique dans le massif et réduit le colmatage (Abissy et Mandini ; 1999).

- ***Apport d'oxygène***

Les plantes aquatiques, et particulièrement les roseaux, possèdent un tissu particulier permettant le transfert d'oxygène depuis les parties aériennes (tiges et feuilles), vers les parties souterraines : il est libéré au niveau des jeunes racines dans le film aqueux entourant le chevelu racinaire. Les bactéries épuratrices présentes à proximité de ces racines sont donc mieux alimentées en oxygène. Pour les filtres verticaux, l'apport d'oxygène par ce biais est toutefois très largement inférieur à celui permis par l'alimentation par bâchées (Kadlec et al. ; 2000).

- ***Développement de la flore bactérienne***

L'ensemble des parties souterraines intervient, au même titre que le support minéral, dans le développement des biomasses microbiennes (Abissy et Mandini ; 1999) tout en permettant, grâce aux exsudats racinaires, un certain contrôle des populations de bactéries pathogènes (Wymazal et al. ; 1998).

Il semble également que les parties aériennes favorisent le développement de micro-organismes cellulolytiques grâce à l'ombrage qu'elles procurent et à l'hygrométrie qu'elles maintiennent. Les matières organiques déposées sont ainsi plus aisément minéralisées (Agence de l'Eau RMC ; 1999).

DIFFERENTS FILTRES PLANTES

L'exploitation des capacités épuratoires des massifs filtrants plantés peut être mise en œuvre de deux façons :

- ✓ Soit par infiltration de l'eau verticalement dans des sols plantés de macrophytes et généralement drainés (filtre à flux vertical ou filtre vertical)
- ✓ Soit par circulation de l'eau dans la rhizosphère des macrophytes par cheminement horizontal sous la surface du sol (filtre à flux horizontal ou filtre horizontal)

- **Les filtres à flux vertical**

Le lit à flux vertical est un sol artificiel constitué de plusieurs couches de matériaux granulaires superposées dans lequel se développent les rhizomes (*figure 1*). Pour favoriser l'oxygénation du filtre, les eaux à traiter sont injectées de manière séquentielle dans un réseau d'épandage placé à la surface du massif. Le réseau d'alimentation se trouvant en charge à chaque lâché, l'effluent est réparti de façon régulière, évitant ainsi la formation de zones de saturation.

Les effluents percolent par gravité jusqu'à des drains au fond du bassin et sont ainsi évacués en partie basse du système.

Le temps de séjour assez court et l'alimentation par bâchées préviennent la saturation, permettent l'aération du massif et favorisent les phénomènes de dégradation aérobies (Agences de l'Eau ; 1993).

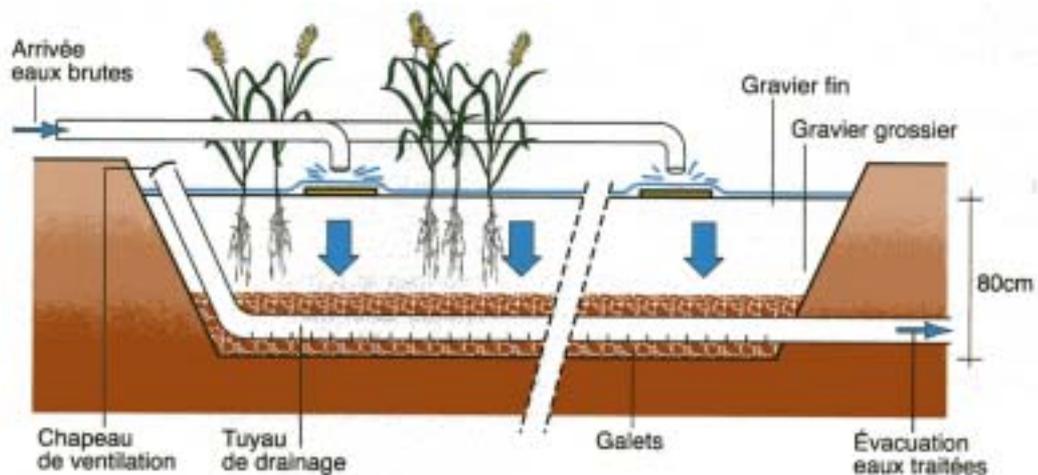


Figure 1 : Filtre vertical (Agence de l'Eau Rhône - Méditerranée - Corse ; 1999)

- **Les filtres à flux horizontal**

Le lit à flux horizontal est un sol artificiel dont les granulométries sont échelonnées en barrières filtrantes selon un vecteur horizontal (*figure 2*). Les eaux à traiter, injectées à l'une des extrémités du lit filtrant, pénètrent horizontalement dans la structure puis sont évacuées par drainage à l'autre extrémité. L'alimentation est, en général, réalisée en continu, de manière à saturer en permanence les matériaux et à favoriser les phénomènes de dégradation anaérobie (Agence de l'Eau RMC ; 1999). La seule aération possible est une aération de surface.

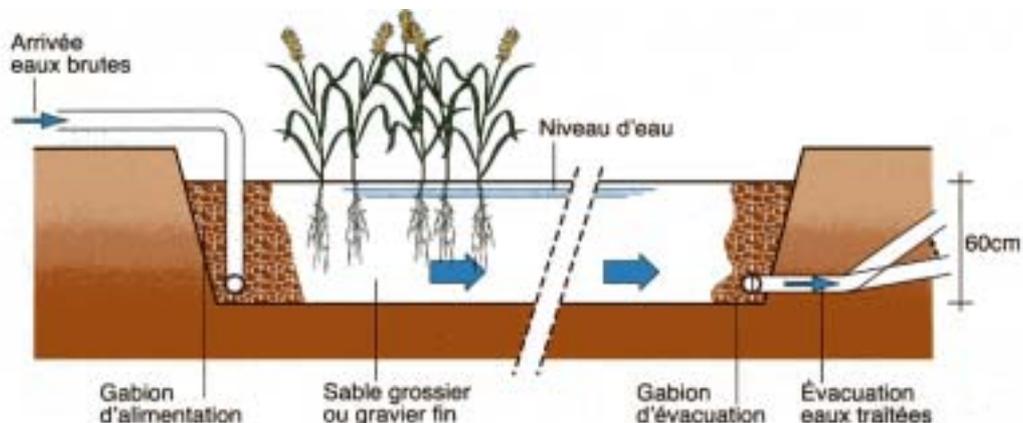


Figure 2 : Filtre horizontal (Agence de l'Eau Rhône - Méditerranée - Corse ; 1999)

UTILISATION DES FILTRES PLANTES COMME MAILLON D'UNE INSTALLATION DE TRAITEMENT D'EPURATION

L'utilisation des filtres plantés est reconnue depuis de nombreuses années pour l'épuration des eaux usées domestiques ; le transfert de technologie vers la filière vinicole est facilement envisageable dès lors que l'on se place dans des conditions de caractéristiques organiques (1 à 2 g de DCO par litre) et de rythme d'alimentation (rejet étalé) proches des effluents domestiques.

- ***Traitement de finition sur l'eau épurée***

Ainsi, les filtres plantés peuvent constituer une étape de finition du traitement de l'eau après un des procédés biologiques classiques (boues activées, stockage aéré,...). Leur rôle est alors assez comparable à celui des filtres à sables ; ils sont alimentés avec l'eau résiduaire, après séparation des boues.

Leurs performances épuratoires, comparables à celles obtenues avec les filtres plantés utilisés en traitement domestique, permettent d'atteindre des valeurs de DCO dans le rejet inférieures à 125 mg/l pour des concentrations en entrée de filtre de l'ordre de 1 g/l. Leur présence permet de garantir la conformité des concentrations en matières en suspension et en matières organiques avant rejet dans le milieu naturel, même si leur contribution à l'épuration est somme toute limitée.

- ***Traitement des boues***

Une deuxième application directement dérivée des expériences dans le domaine domestique est le traitement des boues biologiques. Celles-ci sont prélevées dans le décanteur pour les systèmes continus, ou dans le bassin après vidange de l'eau épurée pour les stockages aérés. Elles sont déposées en couches successives à la surface des filtres plantés qui laissent percoler l'eau qu'elles contenaient ; cette eau est renvoyée dans le bassin d'aération pour traitement.

En plus de cette déshydratation (qui pourrait être obtenue avec un lit de séchage en sable), les plantes permettent une dégradation et une stabilisation des boues qui réduit le volume final du produit et ses nuisances olfactives. L'installation elle-même ne diffuse que peu d'odeurs, probablement grâce à la présence du couvert végétal qui limite le déplacement des masses d'air.

Le produit final obtenu, assez proche d'un compost, est extrait par curage, en moyenne tous les 5 à 10 ans, et fait généralement l'objet d'une valorisation par épandage sur terres agricoles.

- ***Séparation eau-boues (et traitement des boues)***

Cette utilisation a été développée plus spécifiquement pour la filière vinicole, en complément d'un stockage aéré. Les filtres plantés sont alimentés avec le mélange eau-boues prélevé directement dans le bassin en aération. Ils retiennent les boues, évitant ainsi la prise en compte de l'étape de décantation dans le dimensionnement du stockage, et assurent une étape de finition sur l'épuration de l'eau.

A titre d'exemple, le schéma ci-après présente les caractéristiques d'une installation dans la région Bordelaise.

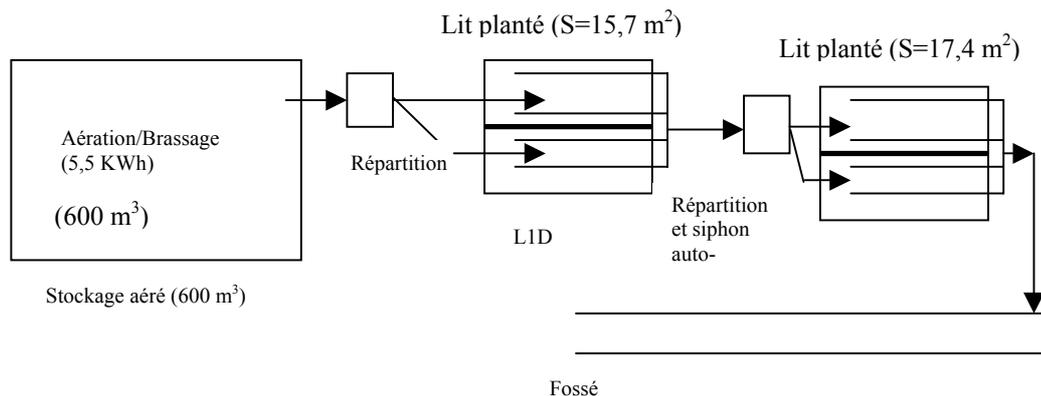


Schéma de fonctionnement du dispositif de traitement par stockage aéré et lit planté (EURALIS - SINT)

L'alimentation des lits plantés est réalisée lorsque la DCO dans le bassin atteint 2 g/l. Les valeurs de DCO observées au niveau du rejet sont inférieures à 300 mg/l.

L'accumulation des boues sur les filtres laisse prévoir une gestion comparable à celle des lits plantés destinés au seul traitement des boues, avec un curage tous les 5 à 10 ans environ.

UTILISATION DES FILTRES PLANTES POUR LE TRAITEMENT DIRECT DES EFFLUENTS DE CAVE

Les caractéristiques principales des effluents vinicoles sont, en comparaison avec les eaux usées domestiques, une forte charge organique, un pH acide et une répartition inégale dans l'année avec un pic marqué en automne, particulièrement pour les petites caves.

Les premières expériences d'épuration avec des filtres plantés montrent que le pH n'est pas réellement un élément limitant. En effet, dès lors qu'elles sont alimentées avec un effluent de composition relativement constante, les plantes parviennent à s'y adapter et à réaliser l'épuration. La charge organique et sa répartition inégale tout au long de l'année sont beaucoup plus problématiques puisqu'elles impliquent des surfaces de filtration très importantes si l'on prend comme base de dimensionnement les ratios utilisés dans le secteur domestique. Pour les vignobles méridionaux, on peut craindre en plus les effets de la sécheresse estivale si la cave produit peu d'effluents à cette période.

L'utilisation de filtres plantés comme procédé de traitement à part entière des effluents de cave nécessite donc des adaptations par rapport aux installations connues pour l'épuration des eaux usées domestiques. Il semble notamment indispensable, pour répondre aux contraintes spécifiques au domaine vinicole, de lisser les charges organiques et hydrauliques sur l'année en mettant en place un stockage.

Certains procédés utilisent pour cela un ou plusieurs lits plantés horizontaux qui permettent un long temps de séjour de l'eau à épurer. On observe généralement la présence d'un premier étage de traitement constitué de plusieurs filtres verticaux alimentés en alternance. Le manque de recul par rapport à ces systèmes récemment implantés ne permet pas encore de conclure quant à leur efficacité.

Une variante originale consiste à effectuer une recirculation de l'eau résiduaire en sortie des filtres plantés vers le stockage ; l'épuration est ainsi réalisée en circuit fermé jusqu'à obtention des valeurs limites permettant le rejet en milieu naturel. Des essais, toujours en cours, ont été menés sur une exploitation vinifiant entre 500 et 600 hl/an dans la région Bordelaise ; la surface totale des filtres est de 36 m² pour un volume de stockage de 40 m³.

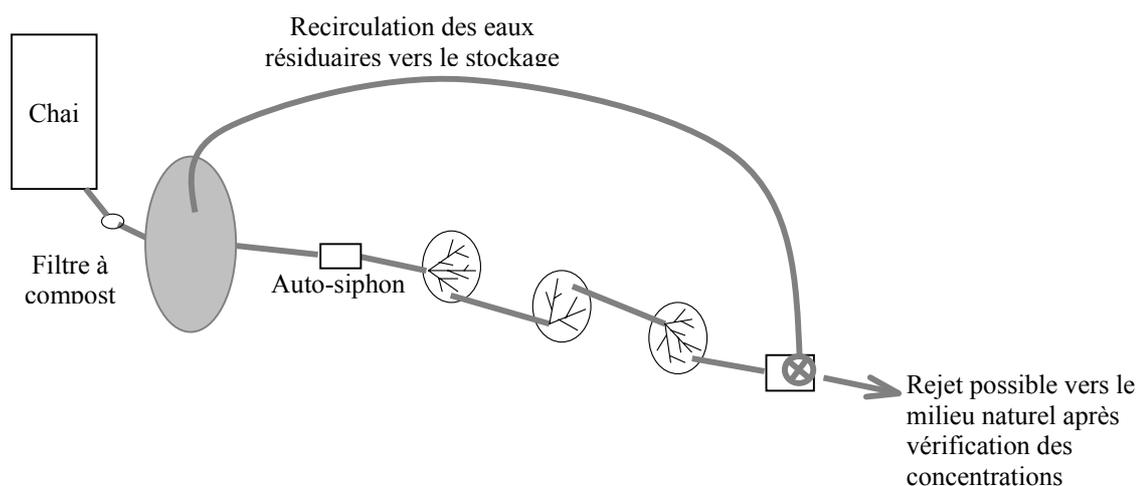


Schéma de fonctionnement du dispositif de traitement par recirculation sur lits plantés (Labaronne-Citaf – Living Water)

Les effluents présents dans la boucle de recirculation ont été traités en 6 mois : les valeurs de DCO inférieures à 300 mg/l ont été atteintes début mars, rendant possible la vidange de l'installation à faible débit avant les vendanges suivantes. Il faut moduler ces résultats, obtenus sur un volume maximal d'environ 10 m³ à cause d'une fuite au sein même des filtres. Une nouvelle campagne de mesure est en cours. Elle devrait permettre de vérifier le dimensionnement et les possibilités, ainsi que les limites, de ce procédé.

CONCLUSION

La diversité des systèmes plantés permet d'envisager plusieurs utilisations dans le domaine de l'épuration des effluents de cave. Bien qu'aujourd'hui, seule leur utilisation dans les étapes de finition soit validée, les travaux d'adaptation des procédés pour réaliser le traitement complet des eaux usées viticoles se poursuivent, encouragés par les premiers résultats sur le principe de la recirculation.

Le petit nombre d'installations ne permet pas de fournir des coûts d'investissement ou de fonctionnement représentatifs. Plus que financier, leur intérêt est esthétique puisqu'il permet l'intégration paysagère des installations de traitement, voire leur valorisation dans la communication des caves vers leurs clients de plus en plus sensibles à la protection de l'environnement.

Bibliographie

Guide d'autodiagnostic environnemental pour la filière viti-vinicole, 2000. Ed. ITV France., 1998, 154 p.

HAGEN MÜLLER D. et ROMANSKI K., "Station d'épuration par lit planté : un exemple dans une cave allemande", Revue des œnologues n°99, 2001.

JOURJON F., RACAULT Y. et ROCHARD J., Effluents viticoles, gestion et traitements, 2001.

KAISER A., Traitement des effluents viticoles par filtres plantés de macrophytes, 2001.

- LERICHE-MOULUN I., MOUTON-FERRIER V., ROCHARD J. et HAMOUDI-VIAUD M.N., "Gestion des boues issues du traitement des effluents de cave", Revue des œnologues, n°103, 2002.
- ITV France, Les filières d'épuration des effluents vinicoles, nouvelle édition, Ed. ITV, 2000, 86 p.
- ITV France, Compte rendu d'activité technique, ECOVINUM, 2001
- MOUTON-FERRIER V., KAISER A. and ROCHARD J., "Procédés d'épuration par filtres plantés : perspectives pour le traitement des effluents de cave", Revue des œnologues, n°99, 2001.
- MOUTON-FERRIER V. et ROCHARD J., "E.puration des effluents de cave, sous le roseau, le traitement", La Vigne n°140, 2003.
- ROCHARD J., Traitement et épuration des rejets vinicoles. In 70^{ème} Assemblée Générale de l'OIV (Yalta) - Volume 2 Œnologie : Protection de l'environnement dans le secteur viti-vinicole. Ed. OIV, 1990.
- ROCHARD J. et MOUTON-FERRIER V., The application of constructed wetlands in the viticultural sector, Congrès IWA Constructed Wetlands, 2002.

Le traitement des effluents vinicoles appliqué aux petites caves

L'expérience de l'Espagne

Enric BARTRA
aebarse@gencat.net
INCAVI, Vilafranca del Penedes BCN Espagne

L'Espagne a une surface de 504.800 km². La surface agricole représente 50 % du total. La surface viticole est de 1,2 millions d'hectares, c'est-à-dire 6,5 % des terres agricoles. L'Espagne a la plus importante surface plantée de vigne du monde (15 %) et 1/3 du vignoble européen. Par contre la production de vin (40 millions d'hectolitres) est nettement inférieure à celle de l'Italie (46 M Hl) et de France (48 M Hl).

Les caves sont au nombre de 5500 avec une forte dispersion des volumes :

- 718 coopératives qui regroupent 70 % de la production,
- une dizaine de compagnies qui élaborent et vendent plus de 10 millions de bouteilles,
- quelques 4700 caves avec moins de 100.000 bouteilles par an.

La perception sur l'environnement est liée au progrès économique. L'augmentation de l'industrie produit une menace sur l'environnement et la sensibilité sociale est accrue. En Espagne, à partir des années '80, la politique environnementale est développée par les organismes autonomes ou régionaux qui ont commencé à exiger l'application des normes relatives à l'épuration des effluents ainsi que des équipements qui réduisent les consommations d'eau et valorisent les sous-produits. L'expérience espagnole en traitement des effluents de caves est diverse comme est diverse la réalité des régions: volume des chais, densité de population et revenu.

Dans quelques autonomies il y a des programmes de bonnes pratiques environnementales avec 4 étapes :

- Analyse de la situation initiale,
- Élection de bonnes pratiques,
- Communication et formation,
- Évaluation des résultats.

Avec une révision des aspects suivants : Consommation des ressources, effluents, émissions dans l'atmosphère, déchets industriels, impacts sur le sol. Les agences publiques ont mis à la disposition des entreprises des programmes de diagnostic et outils de gestion environnementaux en vue d'obtenir le registre EMAS.

Composition typique des effluents

	max	min	moyenne
pH	11	4	7
DCO soluble	27000	150	6000
DCO total	26500	125	5600
MES	2300	7	450
MES volatile	900	5	200
Sels solubles	200000	2000	24000
Cl-	64000	140	6700
Azote total	85	10	35
P	17	1	7
NH4	9	0.5	2.6
Sulfit	3	1	2

Les procédés physico-chimiques éliminent 10 à 30%, les procédés biologiques aérobie peuvent atteindre 90 %. Les plus utilisés sont les boues activées et les lits bactériens. Après élimination des matières grossières, la DCO commence à baisser dans le bassin d'homogénéisation aéré et cela continue dans le réacteur. Il faut surveiller pH, nutriments, oxygène, organismes et mousse. En dernier, décantation des boues et traitement final.

Résumé par autonomies :

- Andalousie: Caves moyennes et grandes. Bassin. ISO 14001
- Aragon: Caves moyennes: Agrément communal
- Baléares : Caves petites, Agrément communal
- Canaries : Caves petites, Agrément communal
- Castille La Manxe, Madrid : Grandes et petites caves, lagunage, Agrément communal
- Castille Léon : Caves moyennes. Agrément communal
- Catalogne : Caves petites et grandes, majorité des effluents traités, ISO14001
- Extremadure : Caves grandes Agrément communal
- Galicie, Asturies, Cantabria : caves petites 60 % moins de 20000 litres, Agrément communal
- La Rioja, Euskadi, Navarre : Caves moyennes et petites. Majorité des effluents traités, ISO 14001
- Murcia et Valencia: Caves moyennes. Agrément communal

L'amélioration des caves a été une constante ces dernières années. Il y a encore des caves qui ont besoin de minimiser les déchets et traiter les effluents. Les contraintes économiques sont importantes étant donné un prix moyen du vin de 0.2 € par litre, mais de plus les caves ont des agréments avec leurs communes a titre individuel ou collectif et les grandes firmes ont des traitements complets et sont engagées ou certifiées par des normes comme la 14001.

Les systèmes de traitement les plus répandus sont :

- a) Traitement aérobie par stockage et soufflante
- b) Lagune aérée et épandage agricole contrôlé
- c) Traitements collectifs communaux ou distillerie
- d) Autres : bassin d'évaporation, traitements par lits de macrofites, etc.

On peut distinguer les caves avec activité saisonnière et les caves avec tout le cycle de production. On peut recommander un stockage aéré de la même capacité que la production de vin. Puis un réacteur, séparateur et traitement final selon le récepteur de l'effluent.

Sécheresse et canicule en 2003 : caractérisation climatique et méthodes d'identification au vignoble

Jean-Christophe PAYAN⁽¹⁾, Jean-Pierre RAMEL⁽²⁾, Anne-Marie MARTINEZ⁽²⁾ et Élián SALANÇON⁽¹⁾

(1) ITV France – unité de Montpellier

Domaine de Piquet, route de Ganges, 34790 GRABELS, Tél. 04 99 23 33 00 Fax 04 99 23 33 09
E_mail : jean-christophe.payan@itvfrance.com elian.salancon@itvfrance.com

(2) CIRAME Agrométéo

779, chemin de l'Hermitage, Hameau de Serres, 84200 CARPENTRAS, Tél. 04 90 63 22 66 Fax 04 90 63 02 62
E_mail : ramel-jp@cirame.asso.fr martinez-am@cirame.asso.fr

Introduction

Au sein de la culture viti-vinicole, l'importance de la mémoire humaine a une place prépondérante, particulièrement au travers de l'apprentissage des millésimes et des souvenirs qui s'y rapportent. Ces souvenirs sont la résultante d'une alchimie complexe qui lie le travail des hommes au terroir et à la qualité organoleptique du produit fini. Cette qualité est le fruit des savoirs-faire de l'Homme en matière de viticulture et de vinification. À la vigne, ce savoir-faire bien maîtrisé conduit à l'obtention d'un raisin de qualité, c'est-à-dire sain et d'une maturité optimale. Au travers de ce schéma simple d'explication mais complexe de réalisation, il est des facteurs « maîtrisables » et des facteurs « vécus ». Au titre des facteurs « maîtrisables » citons par exemple le raisonnement des travaux de la vigne ou le choix des méthodes de vinification. Les facteurs « vécus » sont alors principalement ceux qui définissent le climat, ceux sur lesquels il est peu possible d'agir, avec dans une moindre proportion, ou plutôt avec pour conséquence, une pression parasitaire plus ou moins forte. C'est ainsi que la culture viti-vinicole, au sens culturel du terme, intègre pleinement, mais tacitement, la mémoire des fluctuations climatiques. Cette harmonie multifactorielle donne vie au millésime. Dans cet inventaire, l'année 2003 restera dans les souvenirs comme un millésime atypique, extrême. Certains y verront les premiers signes résultant d'une modification annoncée du climat, d'autres une fluctuation climatique sub-ordinaire. L'objet des propos qui vont suivre n'est pas de conclure sur l'une ou l'autre de ces hypothèses, mais d'appréhender au travers d'un exemple de la région méditerranéenne les caractéristiques du climat de cette année atypique. En complément sera proposée une méthodologie, permettant de prendre en compte les éléments du climat au travers de la plante elle-même tout au long du cycle végétatif, pour définir un historique du vécu hydrique de la vigne à la parcelle. Cette caractérisation du millésime sera mise en relation avec ses conséquences sur la croissance végétative et la maturation du raisin.

1. Caractéristiques climatiques de 2003 au travers de l'exemple de Vaucluse

En 2003, la région méditerranéenne a connu, comme les autres régions viticoles françaises, des enregistrements climatiques records. Nous gardons tous en mémoire des températures caniculaires associées à une sécheresse marquée. Il devient alors utile de quantifier l'importance de cette exception au travers des différentes composantes du climat. Seront abordées successivement la pluviométrie, la thermométrie, l'hygrométrie, l'anémométrie et l'actinométrie (mesure de l'énergie reçue) en comparaison avec les normales saisonnières.

1.1 Précipitations et températures

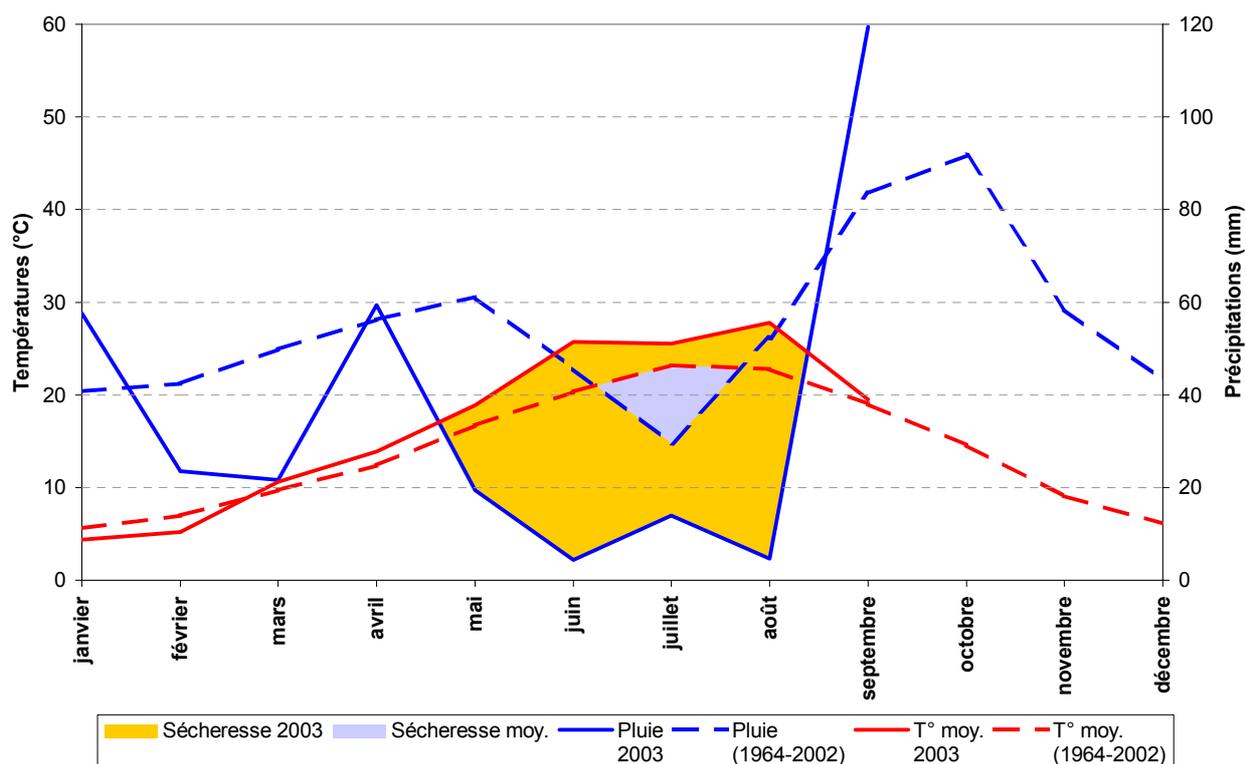


Figure 1 Diagramme ombrothermique de Carpentras (Vaucluse). Comparaison des températures et précipitations de l'année 2003 avec la moyenne sur 39 ans (1964 à 2002). La zone pour laquelle la courbe des températures (T) passe au-dessus de la courbe des précipitations (P) définit la « période de sécheresse » (pour une échelle $P=2 \times T$).

Lorsque l'on présente sur un même graphique les températures et les pluies mensuelles, en respectant une échelle où les précipitations sont égales au double des températures ($P = 2T$), on considère que le mois est sec lorsque la courbe des pluies passe en-dessous de la courbe des températures (*cf. figure 1*). En moyenne sur la région, seul le mois de juillet peut être défini comme « sec » (zone bleutée sur la figure 1), alors qu'en 2003 les mois « secs » se sont succédés de mai à août (zone orangée sur la figure 1), avec de gros déficits pluviométriques associés à de forts excédents thermiques. L'année 2003 apparaît donc comme « très sèche et très chaude ».

Si la température moyenne mensuelle est exceptionnellement élevée, les amplitudes thermiques journalières le sont aussi. La surprise vient du fait que cette importante amplitude thermique est la résultante d'une température minimale exceptionnellement élevée, mais d'une température maximale qui l'est encore plus ! Ceci signifie que les nuits ont été plus chaudes que la normale, mais que les journées encore davantage. Sur l'ensemble des trois mois d'été (de juin à août), les températures maximales (T_x) en région PACA ont excédé de 5 à 6 °C les normales et sont venues pulvériser les précédents records d'environ 3°C ! Cette amplitude est gigantesque si l'on considère qu'habituellement, les « records » établis diffèrent de seulement quelques dixièmes de degrés des anciens records. De plus, le nombre de jours très chauds ($T_x \geq 30^\circ\text{C}$) enregistrés de juin à août est également exceptionnel : à Avignon par exemple, le record de 1994, avec 63 jours très chauds est cette année passé à 83 jours ! (20 jours de plus). Les températures minimales sont également restées excédentaires mais dans une moindre mesure (2 à 3°C).

Au niveau pluviométrique, depuis le début de l'année, seuls les mois de janvier, avril et septembre sont excédentaires et le déficit en pluies de mai à août est exceptionnellement important (78 % à Carpentras). Il faut souligner que le mois d'avril correspond à peu de choses près à la moyenne locale et que l'excédent de septembre s'explique par quelques épisodes pluvio-orageux conséquents.

En conclusion sur les aspects thermiques et pluviométriques, il faut retenir de cette année 2003 une période de sécheresse qui résulte du cumul de températures moyennes exceptionnellement élevées avec des déficits pluviométriques records, sur de nombreux mois consécutifs du cycle végétatif de la vigne. Au-delà de l'aspect hydrique particulièrement marqué, l'approche thermique est riche d'enseignements : les températures moyennes ont été élevées par des minima en hausse et des maxima records.

Au niveau pathologique, l'effet des températures a eu des conséquences contrastées. Les fortes chaleurs ont ainsi eu un effet destructeur des populations de tordeuses, bien que le climat favorable ait induit une population initiale et une pression importante. De plus, l'efficacité de certains insecticides a été amoindrie sous l'effet thermique. Un autre exemple contrasté peut être cité avec le cas de la cicadelle des grillures dont la pression sur le terrain est restée faible. Des interrogations résident à ce sujet quant à l'effet direct des fortes températures sur le développement même du parasite ou sur l'asynchronisme résultant d'une avance de végétation inhabituelle par rapport au calendrier de leur développement larvaire.

1.2 Hygrométrie

Au-delà de la température et des précipitations, l'hygrométrie de l'air a un rôle essentiel dans la définition d'une période de sécheresse.

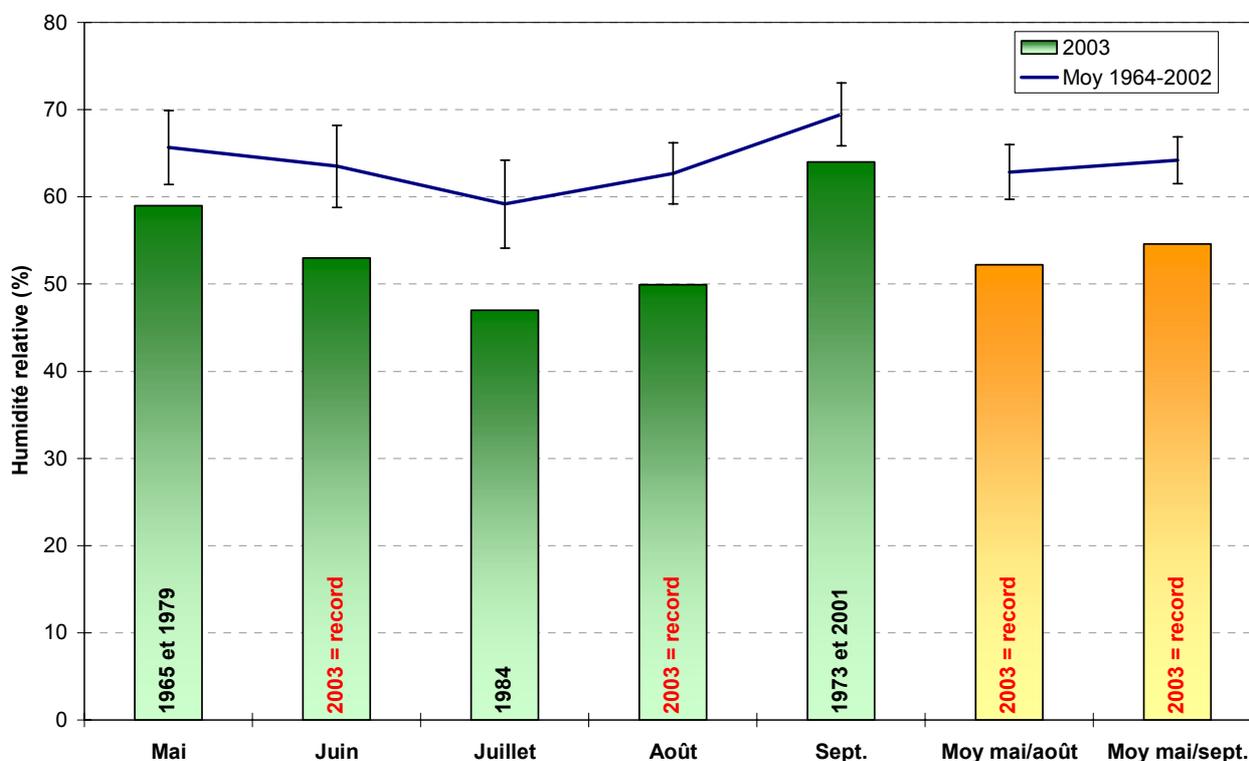


Figure 2 Hygrométrie moyenne mensuelle de l'air de la région de Carpentras (Vaucluse) de mai à septembre 2003 et comparaison à la moyenne sur 39 ans (1964 à 2002). Les années annotées sur les bâtonnets hygrométriques sont celles ayant enregistré des données inférieures à 2003. Les barres verticales sur la courbe des moyennes représentent les écarts-types.

Les conditions climatiques ont entraîné depuis le mois de mai la présence d'un air particulièrement sec, avec de surcroît une quasi-absence de rosée matinale. La **figure 2** montre bien que depuis 1964, les mois de juin et août n'ont jamais été aussi secs au niveau de l'humidité relative de l'air. Pour les trois autres mois de la période considérée, seules une à deux années ont connu un air plus sec ou aussi sec que 2003. Nous avons ainsi également vécu au niveau hygrométrique un épisode historiquement faible sur la saison végétative. Sur l'ensemble de la période mai à août et même mai à septembre, les précédents records sont battus.

Il est à noter que l'absence de rosée signalée précédemment peut aggraver les symptômes de stress hydrique. La rosée est connue pour son action positive sur la régulation thermique des feuilles ainsi que pour

son effet, bien que minime face aux précipitations, d'hydratation de la plante. Par voie directe ou secondaire, le niveau hygrométrique de 2003 a ainsi pu contribuer à aggraver la sécheresse. D'un point de vue positif, il faut souligner le rôle favorable de la faible hygrométrie sur la pression cryptogamique. Indépendamment de l'oïdium, le pression de mildiou et/ou de botrytis a ainsi été freinée tout au long du cycle végétatif.

1.3 La demande climatique en eau (évapotranspiration potentielle ou ETP)

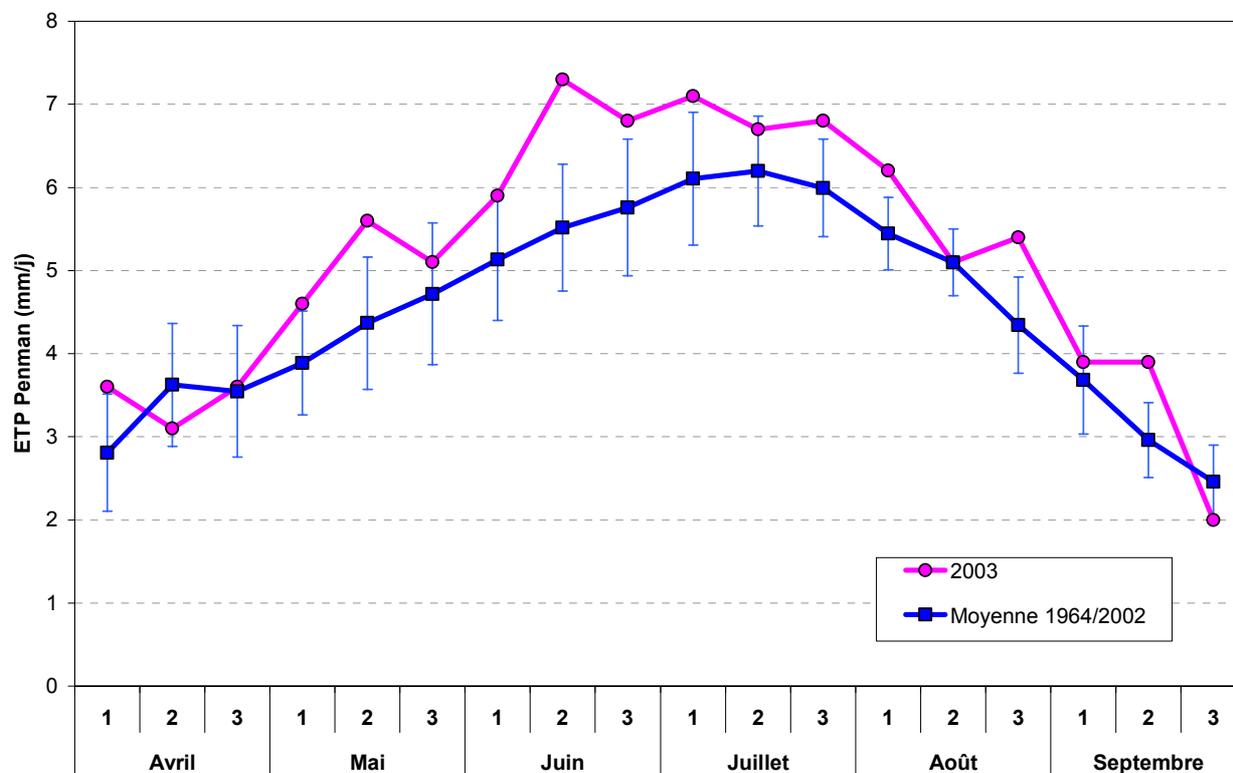


Figure 3 Évolution décadaire de l'évapotranspiration potentielle sur la durée du cycle végétatif de la vigne en 2003 sur la région de Carpentras (Vaucluse) et comparaison à la moyenne effectuée sur 39 ans (1964 à 2002). Les barres verticales sur la courbe des moyennes représentent les écarts-types.

L'Évapo Transpiration Potentielle ou ETP est d'autant plus élevée que l'air est sec, que le temps est chaud, ensoleillé et venté. Les conditions climatiques sont donc cette année réunies pour entraîner de fortes valeurs ETP. En moyenne, l'absence relative de nébulosité a par exemple augmenté significativement en cours de saison la durée d'ensoleillement quotidien.

La **figure 3** illustre que, sur la période d'avril à septembre, seules la deuxième décennie d'avril et la dernière de septembre sont déficitaires en ETP par rapport à la normale. Les plus fortes ETP sont relevées en deuxième décennie de juin, avec établissement d'un nouveau record historique pour la période. Sur l'ensemble de la période d'avril à septembre, l'ETP présente ainsi un excédent de 113 mm (soit 14 %), ce qui est un record depuis 1964. Si en moyenne le déficit ($P - ETP$) d'avril à septembre est sur Carpentras de 503 mm, il atteint cette année 723 mm, soit 44 % de différence !

1.4 Sécheresse et canicule : étude fréquentielle historique

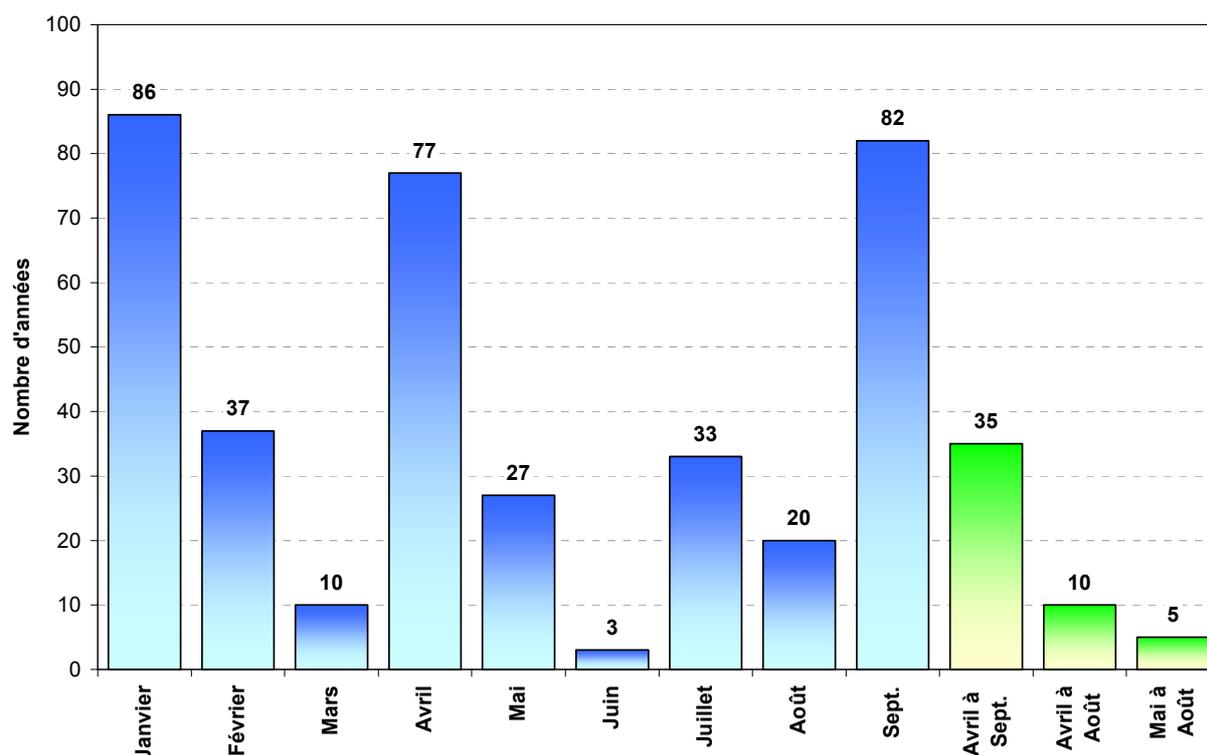


Figure 4 Répartition du nombre d'années montrant une pluviométrie inférieure ou égale à 2003 sur les 100 dernières années (1904 à 2003) sur Avignon (Vaucluse). Exemple : en janvier, 85 années ont connu une pluviométrie inférieure ou égale à celle de 2003, et par voie de conséquences, 14 années plus pluvieuses.

Nous l'avons vu, l'épisode climatique 2003 peut se résumer en un déficit pluviométrique intense et une canicule exceptionnelle. La **figure 4** permet d'avoir une idée plus précise de la fréquence de ce déficit pluviométrique sur une période importante. Les valeurs inférieures à 50 signifient que les hauteurs de pluies enregistrées cette année sont inférieures à la médiane observée depuis 100 ans, et inversement. Les valeurs inférieures ou égales à 20 ou supérieures ou égales à 80 peuvent être qualifiées d'exceptionnelles respectivement par défaut ou par excès. On voit donc que depuis le début de l'année, seuls les mois de janvier, avril et septembre se situent au-dessus de la médiane. Le mois de juin est exceptionnellement sec : le rang 3 signifie que seules deux années ont été plus sèches (1925 et 1931) avec aucune pluie (0 mm). Sur l'ensemble des 6 mois correspondant à la période végétative, d'avril à septembre, un tel déficit pluviométrique s'est déjà observé 34 fois au cours des 100 dernières années. Si l'on considère la période d'avril à août, un tel déficit pluviométrique a déjà été observé 9 fois au cours des 99 dernières années. Le mois de septembre a volontairement été exclu de la synthèse puisqu'une part importante du cumul pluviométrique est fréquemment réalisé après les vendanges, donc sans conséquence sur la maturation du raisin. Si l'on exclut encore le mois d'avril pour lequel la fourniture et la demande climatique n'ont qu'une faible importance, sur la période de mai à août, seules 4 années sont plus sèches : 1906, 1919, 1942, le minimum datant de 1989, qui enregistrait seulement 16 mm sur ces 4 mois, contre 56 mm cette année.

Au niveau du cumul pluviométrique au moins, de tels épisodes climatiques ont déjà été vécus, avec des fréquences plus ou moins importantes selon la période considérée. Il est alors évident que l'absence de pluie n'est pas le seul élément qui ait ancré l'image du millésime 2003 dans les mémoires. La **figure 5** complète cette approche avec le régime thermique.

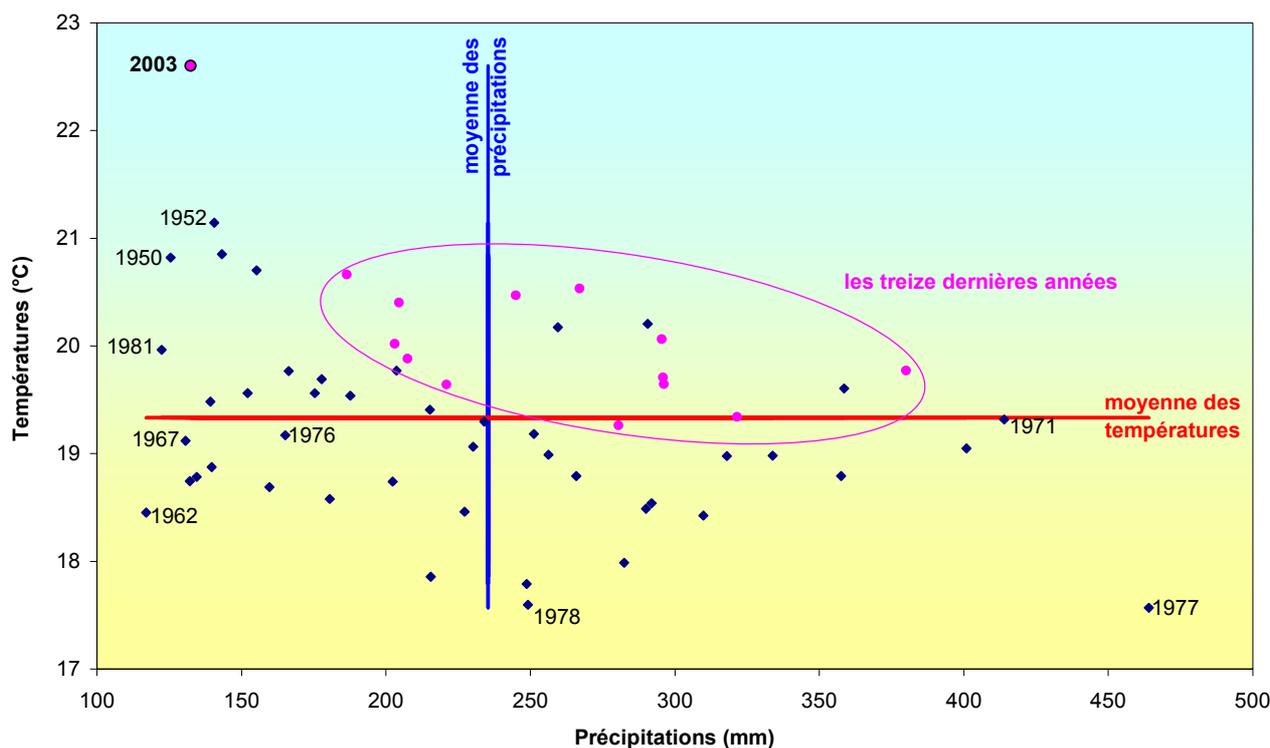


Figure 5 Positionnement des 58 dernières années (1946 à 2003) en fonction du cumul des précipitations et de la moyenne des températures pour la période d’avril à août sur le secteur d’Avignon (Vaucluse).

Sur la figure 5, chaque année est pointée en fonction du cumul des précipitations (en abscisse) et de la température moyenne (en ordonnée) relevés de mai à août. Ceci fait nettement ressortir l’année 2003 comme sèche (située vers la gauche du graphique) et simultanément exceptionnellement caniculaire (sur le haut du graphique). Depuis 1946 (historique disponible sur Avignon), seules 4 années ont été moins pluvieuses que 2003 sur la période d’avril à août (1950, 1962, 1967 et 1981), alors que jamais encore une telle chaleur n’avait été observée : avec une température moyenne de 22°6 sur ces cinq mois, le précédent record de 1952, avec 21°2, est pulvérisé !

A l’opposé de cette année 2003, on retrouve 1977, exceptionnellement humide et fraîche. On remarque que depuis 1990 (cercles roses sur la figure 5), la période d’avril à août a majoritairement été plus humide mais toujours plus chaude (ou autant) que la moyenne observée de 1946 à 2002.

Tous ces éléments climatiques mis bout à bout illustrent l’exception hydrique, mais surtout caniculaire de 2003. Dans des situations aussi extrêmes que celle vécue, il paraît indispensable d’appréhender l’état physiologique de la vigne. Les travaux présentés ci-après sont centrés sur l’alimentation hydrique de la vigne. Ils ont pour vocation de coupler des modèles climatiques à des indicateurs de fonctionnement hydrique de la plante pour permettre un diagnostic fiable à la parcelle.

2. Interprétation au vignoble

Au vignoble, si l’on fait abstraction du facteur humain qui modifie le développement de la plante par les interventions culturales et du facteur édaphique dans sa dimension de support nutritionnel, la croissance de la vigne et la maturation des raisins sont sous l’influence des éléments climatiques précédemment présentés (pluie, température, vent, humidité et rayonnement solaire). L’objet de ce document n’étant pas d’effectuer une revue exhaustive du rôle respectif de chaque élément climatique sur le développement de la vigne, il apparaît toutefois opportun de condenser en quelques lignes les principales implications de chacun d’entre eux dans la production d’un fruit de qualité.

2.1 *Actions des éléments climatiques sur la vigne*

Les précipitations, d'abord, conditionnent la principale source d'apport d'eau au vignoble. Avec les facteurs nutritionnels, elles représentent le principal « bras de levier » régissant la vigueur et le développement de la plante. Les ruissellements souterrains et les remontées capillaires résultant de la présence de nappes phréatiques sont d'autres voies d'hydratation des sols, mais qui sont également conditionnées par l'abondance et la fréquence des précipitations à une échelle géographique plus étendue. Les précipitations, donc, représentent la seule voie de fourniture hydrique du vignoble. Elles doivent être considérées au travers de leur quantité (cumul saisonnier ou annuel) mais également et surtout, au travers de leur fréquence et de leur répartition sur le cycle végétatif. Pour ce dernier point, la prise en compte de la capacité de rétention du sol et de la profondeur d'enracinement de la vigne sont des éléments incontournables dans la régulation de la fourniture en eau. Une vigne présentant un enracinement profond sera ainsi moins sensible à un déficit pluviométrique marqué, qu'une vigne installée sur un sol régulièrement hydraté, même profond, et dont le profil racinaire ne présente pas une exploitation importante du sol. C'est également pour cette raison que la préparation du sol avant plantation est essentielle pour assurer un enracinement efficace et que les jeunes vignes doivent faire l'objet d'une attention particulière afin de ne pas supporter les conséquences d'une période de sécheresse estivale marquée. Toutefois, à l'âge adulte, les exigences hydriques de la vigne sont assez modestes. Chacun connaît les « capacités » de la vigne à résister à la sécheresse. Au-delà de ces propriétés physiologiques « d'adaptation à la sécheresse », il faut également raisonner la gestion des ressources hydriques avec le type de production réalisé, les rendements escomptés et le revenu économique attendu. Si la vigne résiste effectivement bien à la contrainte hydrique, le rapport qualitatif et économique de sa production y est beaucoup plus sensible. Il est vrai qu'il faut repousser relativement loin les limites de la sécheresse pour mettre en péril la pérennité de la vigne, celles du rapport technico-économique de l'exploitation sont plus « faciles » à atteindre...

Les autres éléments climatiques, température, hygrométrie, vent et rayonnement solaire interviennent surtout au travers du fonctionnement photosynthétique de la plante. Le rendement photosynthétique est par exemple maximal pour une certaine plage de température. Des températures excessivement élevées ou faibles provoqueront un ralentissement de l'activité photosynthétique, voire une destruction des tissus. L'hygrométrie et le vent vont agir sur le microclimat même des feuilles et conditionnent en partie l'intensité des échanges gazeux (oxygène, gaz carbonique, eau...), donc le rendement photosynthétique. Enfin, le rayonnement solaire étant le moteur de la photosynthèse, ses variations vont engendrer des activités photosynthétiques variables. La température, l'hygrométrie, le vent et le rayonnement vont ainsi conditionner l'activité physiologique même de la plante. Le climat agit donc sur les possibilités d'expression végétative, de croissance et de vigueur au vignoble. Ces éléments conditionnent également la demande climatique qu'est la transpiration des plantes. Au niveau du sol, ils vont déterminer l'intensité de l'évaporation de surface. En pratique, transpiration et évaporation sont regroupées sous la dénomination d'évapotranspiration dont une illustration de l'intensité a été proposée avec la figure 3.

Enfin, indépendamment de l'activité photosynthétique, de la croissance et du développement de la plante, ces éléments climatiques peuvent avoir une action physique directe sur les baies de raisin. La température agira ainsi directement sur la synthèse et la dégradation de précurseurs aromatiques et sur l'acidité. Rayonnement et températures excessifs peuvent engendrer des échaudages du raisin, surtout préjudiciables pour la production de raisin de table. Une hygrométrie importante associée à des températures optimales favorisera le développement des parasites cryptogamiques. Inversement, une faible hygrométrie est plutôt une condition réductrice de la pression parasitaire. Les facteurs climatiques peuvent également avoir un effet direct sur le rendement et sur sa qualité de façon précoce au travers de la nouaison des jeunes baies ou de la coulure et du millerandage.

2.2 *Modélisation du bilan hydrique de la vigne*

Au vignoble, l'alimentation hydrique est l'une des principales voies d'expression de la végétation et détermine en partie la qualité de la vendange. Il est alors prioritaire de pouvoir quantifier l'état de contrainte hydrique de la plante avant de promouvoir le raisonnement de pratiques culturales. À ce titre, les études aujourd'hui en cours peuvent être envisagées sous deux approches.

Il est dans un premier temps utile de définir des méthodes permettant de déceler à la parcelle la présence ou l'absence d'une contrainte hydrique. C'est à cet effet que sont étudiés des « outils de diagnostic du stress hydrique » qui ont pour but d'effectuer des mesures sur la plante. Ils peuvent s'agir de la mesure de la température foliaire, de l'analyse fluorimétrique des feuilles, du dosage du rapport isotopique du carbone des sucres des moûts ou de l'utilisation d'une chambre à pression, de la mesure de la conductance stomatique, de l'intensité photosynthétique, comme de la mesure de l'intensité de la croissance végétative. L'inconvénient de ces outils peut résider dans leur accessibilité pratique et technique pour suivre l'évolution de la contrainte hydrique au cours de la saison.

Une autre possibilité de suivi de la contrainte hydrique au vignoble est de connaître les disponibilités en eau du milieu, à partir desquelles on extrapolera les conséquences sur la plante. Pour ce faire, on fait appel à des appareillages classiques de suivi de l'humidité du sol tels que les tensiomètres ou les sondes à neutrons. Si la fiabilité de ces outils est peu contestable, leur accessibilité pratique et leur interprétation peuvent être problématiques. En viticulture, toute la difficulté repose sur l'installation d'un dispositif représentatif de la zone d'enracinement. Or, connaissant d'une part les capacités de prospection racinaire de la vigne, et d'autre part les difficultés d'installation de ces appareillages dans les sols viticoles, souvent caillouteux ou difficiles à travailler, leur utilisation pratique est problématique. Pour pallier à ces inconvénients, il est alors possible de faire appel à des modélisations de la réserve hydrique du sol à partir des données météorologiques.

Le modèle de bilan hydrique retenu a un fonctionnement de type « réservoir », c'est-à-dire qu'il considère le sol comme un réservoir qui se « remplit » grâce aux précipitations et se « vide » par la demande climatique (évapotranspiration réelle = ETR). On le voit (*cf. figure 6*), ce modèle ne tient pas compte des fournitures hydriques liées aux remontées capillaires et aux mouvements d'eau souterrains. Par ailleurs, le développement de la plante est directement pris en compte au travers de l'ETR. Il conviendra à cet effet de définir un coefficient cultural propre à chaque parcelle, basé sur les caractéristiques géométriques de la végétation (hauteur, épaisseur et porosité) ainsi que sur l'orientation des rangs, qui conditionne en partie l'efficacité de l'utilisation du rayonnement solaire. À partir de ces renseignements, il est alors possible de faire évoluer de façon quotidienne le bilan hydrique, qui est une estimation du niveau de remplissage de la réserve hydrique du sol selon le principe suivant : la quantité d'eau disponible dans le sol au jour « j » (ATSW_j) est égale à la quantité présente la veille (ATSW_{j-1}) augmentée des précipitations (P) et diminuée des pertes issues de l'évapotranspiration (ETR).

$$\text{ATSW}(j) = \text{ATSW}(j-1) + P - \text{ETR}$$

Dans cette équation, l'ETR va être divisée en deux sous-ensembles : la transpiration de la végétation (T_v) et l'évaporation du sol (E_s)

$$\text{ETR} = T_v + E_s$$

C'est au niveau de la transpiration de la végétation que la définition du coefficient cultural précédemment évoqué va être utilisée. La figure 6 illustre les propos précédents. En complément au bilan hydrique peut être utilisée une fonction permettant de prendre en compte la régulation de la transpiration de la vigne lorsque le sol s'assèche.

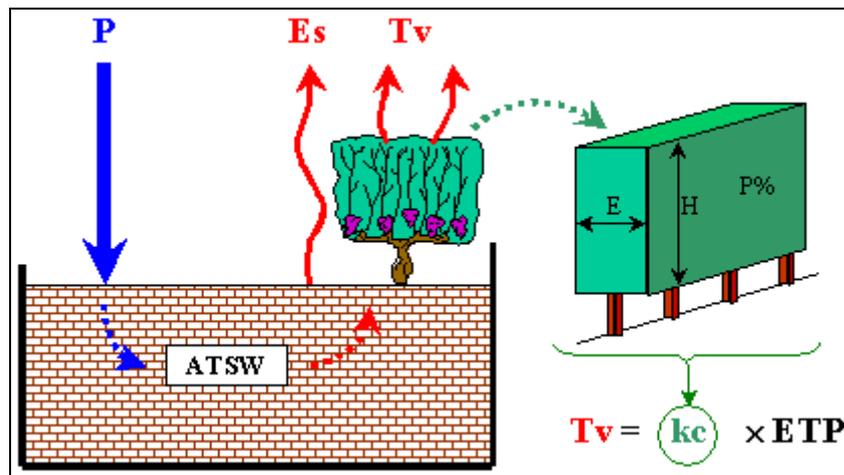


Figure 6 Illustration des flux hydriques pris en compte pour estimer la quantité d'eau utilisable dans le sol. ATSW = réserve en eau du sol utilisable par la plante ; P = précipitations ; Es = évaporation du sol ; Tv = transpiration de la végétation ; kc = coefficient d'interception du rayonnement solaire ; E = épaisseur de végétation ; H = hauteur de la végétation ; P% = porosité de la végétation ; ETP = évapotranspiration potentielle.

À la parcelle, toute la difficulté consiste alors en la définition de la capacité totale de rétention en eau du sol. Cette réserve hydrique utilisable par la plante est traditionnellement estimée après réalisation d'une fosse pédologique ou d'un carottage du sol. Cette phase d'observation se heurte parfois à quelques impasses viticoles. Il faut tout d'abord être capable d'observer le profil de sol sur l'ensemble du système racinaire, ce qui suppose la réalisation d'une fosse extrêmement profonde. La réserve hydrique sera alors définie par le produit de la profondeur d'enracinement par la texture du sol et par la densité racinaire. Outre une profondeur difficile à atteindre, la pierrosité des sols viticoles peut également représenter une impasse physique à la réalisation des fosses d'observation.

En complément de ces descriptions directes du terrain, une méthodologie basée autour du bilan hydrique permet d'estimer la réserve offerte par le sol. La démarche consiste à combiner les informations issues des outils de diagnostic avec la modélisation climatique. En considérant, au travers du principe de fonctionnement présenté avec la figure 6, que l'évolution de la réserve hydrique du sol d'une date à une autre est sous la seule dépendance des précipitations et de l'ETR, on observera une évolution similaire des mesures de contrainte hydrique sur la plante. Le principe est le suivant : par exemple, si on observe entre deux dates un déficit P-ETR important et que les mesures de contrainte hydrique sur la végétation évoluent fortement, c'est que le sol contribue peu à satisfaire les besoins en eau de la plante et que ses réserves sont faibles (cas des sols superficiels). Si à l'opposé, pour le même climat, à un déficit P-ETR important correspond une évolution faible des indices de contrainte hydrique, c'est que le sol a pu assurer l'alimentation hydrique nécessaire à l'activité de la plante et que ses capacités de rétention sont importantes (cas des sols profonds et/ou des parcelles à enracinement profond). La combinaison des outils de diagnostic de la contrainte hydrique avec un modèle de bilan hydrique permet ainsi d'établir dans un premier temps une classification des potentialités hydriques des parcelles viticoles (TTSW pour « quantité maximale d'eau du sol utilisable par la plante »). Un exemple de discrimination de parcelles par l'intermédiaire de l'estimation de la TTSW est proposé avec **la figure 7**. Par la suite l'évolution de cette réserve hydrique (définie à l'échelle de la parcelle viticole) au travers du modèle de bilan hydrique permet de connaître au pas de temps journaliers les fluctuations de l'alimentation en eau des vignobles et offre une caractérisation de l'évolution de la contrainte hydrique à l'échelle du cycle végétatif. La **figure 8** illustre ainsi les différences comportementales observées entre millésimes sur une parcelle héraultaise.

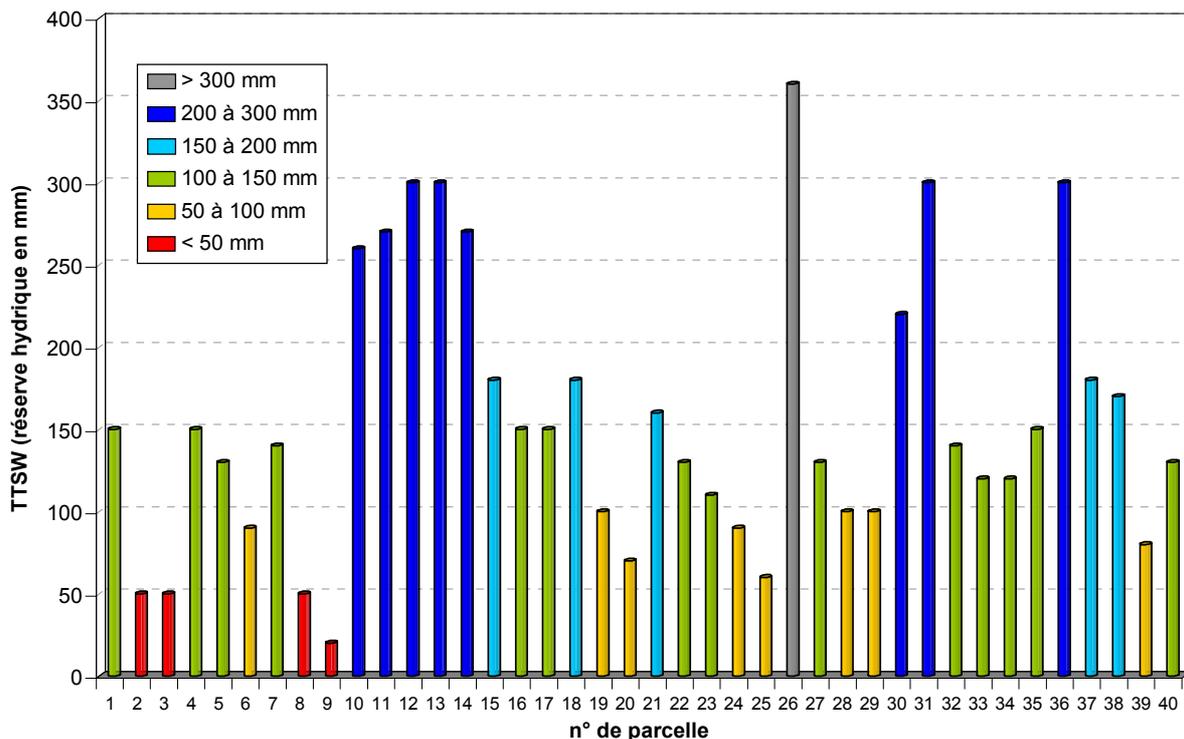


Figure 7 Exemple de classification des capacités de réserves hydriques d'une réseau de 40 parcelles méditerranéennes. Les potentialités diffèrent énormément entre les situations (en fonction du couple cépage/porte-greffe, du type de sol, du mésoclimat et de mode de conduite de la vigne). TTSW = réserve hydrique maximale du sol en eau utilisable par la plante (valeur déterminée par couplage d'un modèle de bilan hydrique à des outils de diagnostic du stress hydrique).

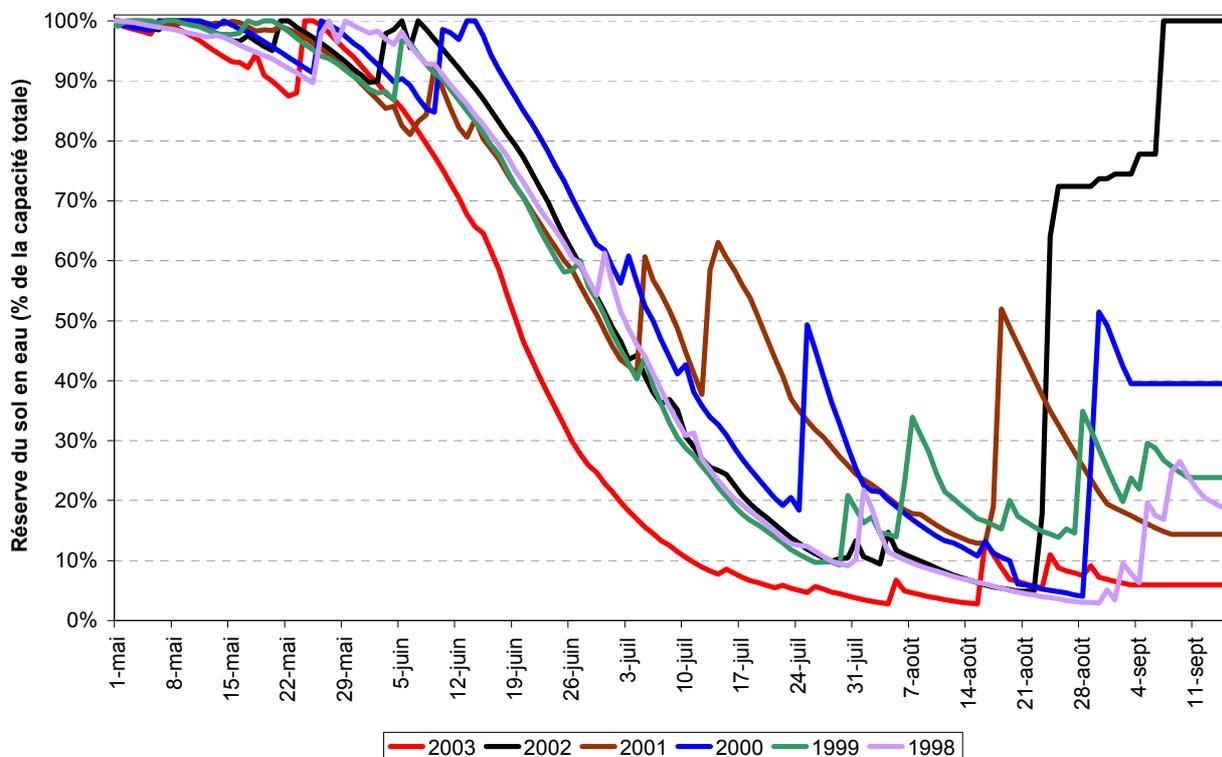


Figure 8 Discrimination des millésimes par le bilan hydrique du 1^{er} mai au 15 septembre. L'épuisement plus ou moins précoce des réserves hydriques est bien illustré, particulièrement en 2003. Il est également à noter l'importance de la sollicitation maximale de la réserve hydrique en fonction des années. Parcelle de grenache, Sauteyrgues (Hérault).

Conclusion

Le millésime 2003 a été exceptionnellement sec mais surtout chaud. L'ensemble des variables climatiques prises indépendamment reflète bien les impressions subjectives ressenties. De solides bases de données agro-météorologiques sont indispensables à la compréhension du comportement de la vigne. En effet, la plante subit le climat, spécialement dans les systèmes pérennes comme la vigne, et l'Homme, par l'intermédiaire des pratiques culturales, peut optimiser la production par rapport au contexte local. À partir de ces connaissances pourront alors être proposées des interventions techniques de façon objective.

Le bilan hydrique, qui combine données météorologiques et caractéristiques du vignoble, associé à des mesures réalisées par des « outils de diagnostic », permet de discriminer la contrainte hydrique au travers de ses trois composantes que sont la précocité, la durée et l'intensité. On obtient ainsi une image réelle du vécu de l'alimentation en eau de la plante au cours de la saison. Les études sont toujours en cours à ce sujet pour accroître la fiabilité du diagnostic et proposer un outil pratique de suivi de l'alimentation en eau des parcelles. Cette image fidèle du millésime pourra alors être mise en relation avec les résultats quantitatifs et qualitatifs obtenus sur la vendange. Une fois les liens de cause à effet clairement identifiés pour chaque type de production, il sera alors possible de définir des « itinéraires hydriques optimaux » et d'adapter les techniques culturales à l'évolution climatique du millésime pour obtenir un vin de qualité. D'après les premières analyses ainsi réalisées, les composantes de la vendange qui réagissent le plus aux différences d'alimentation hydrique sont en priorité le poids des baies, puis l'acidité et les teneurs en polyphénols. La différenciation des autres composés analytiques avec le régime hydrique ainsi mis en évidence n'est *a priori* pas nette. Ceci ne néglige en rien le rôle de l'eau dans l'obtention d'une vendange de qualité, mais souligne l'effet concomitant des autres caractéristiques du climat, notamment l'effet des températures. Ces résultats préliminaires ne sont au stade actuel des travaux qu'une source encore très fragile d'interprétation des relations entre qualité de la récolte et alimentation hydrique. Des analyses multifactorielles plus poussées devraient apporter leur lot de réponses quant aux facteurs qualitatifs les plus influencés par le régime hydrique, et surtout quant aux périodes de contraintes hydriques les plus discriminantes sur la qualité de la récolte.

Remerciements / partenariat

Je remercie Jean-Claude LAURENT de l'ITV d'Orange pour son avis d'expert sur la pression parasitaire connue en 2003 dans la région PACA et retranscrit dans ce document. Par ailleurs, les études conduites par l'ITV sur l'alimentation hydrique ne sont possibles qu'au travers de collaborations scientifiques (INRA-ENSAM de Montpellier ; CIRAD ; ENITA Bordeaux) et techniques (Chambres d'Agriculture des Bouches-du-Rhône, du Gard, de l'Hérault, du Var et de Vaucluse ; CIRAME ; CIVAM Corse ; SGVRCDR ; Inter-Rhône) et grâce au soutien financier de l'ONIVins est des Conseils Régionaux L.R. et PACA. Enfin, l'importance des travaux des élèves-stagiaires est considérable depuis 1998 dans cette étude : Aldebert A., Bliard R., Bovagnet J., Codis S., Delaeter L., DeTessières R., Fleury J., Juré N., Lacroute J., Quéral C., Quiot J.B. et Vincent R.

JCP

Références bibliographiques / informations complémentaires

- Carbonneau A., 1998** Irrigation, vignoble et produits de la vigne. Traité d'irrigation, Jean-Robert TIERCELIN, éd. Lavoisier Tec & Doc : 257-276.
- Champagnol F. 1984** Eléments de physiologie de la vigne et de viticulture générale. Imp. Déhan, 351p.
- Mériaux S., Rollin H. et Rutten P. 1977** Action spécifique de la sécheresse, de la surface foliaire et du rendement sur la teneur en sucres des baies de raisin. Académie Agric. France, extrait du P.V. de la séance du 12 octobre, 12p.
- Payan J.C. et Salançon E. 2002** Utilisation d'un modèle de bilan hydrique comme outil d'aide à la gestion de la contrainte hydrique au vignoble. VI^{èmes} Rencontres Rhodaniennes, évolution des techniques et productions d'AOC en Vallée du Rhône, imp. Institut Rhodanien : 20-29.

- Pellegrino A. 2003** Elaboration d'un outil de diagnostic du stress hydrique utilisable sur la vigne en parcelle agricole par couplage d'un modèle de bilan hydrique et d'indicateurs de fonctionnement de la plante. Thèse ENSAM, 138p.
- Ramel J.P. et Martinez A.M. 2003** Canicule et sécheresse 2003 en Vaucluse. Analyse climatologique. Documentation CIRAME, Carpentras, 13p.
- Riou C. 1994** Le déterminisme climatique de la maturation du raisin : application au zonage de la teneur en sucres dans la communauté européenne. Luxembourg, Office des Publications des Communautés Européennes, 322p.
- Riou C. et Lebon E. 2000** *Application d'un modèle de bilan hydrique et de la mesure de la température de couvert au diagnostic du stress hydrique de la vigne à la parcelle.* Bull. O.I.V., 73, 837-838 : 755-764.
- Riou C. et Payan J.C. 2001** Outils de gestion de l'eau en vignoble méditerranéen. Application du bilan hydrique au diagnostic du stress hydrique de la vigne. 12^{èmes} journées du GESCO, Journée Professionnelle : « gestion de l'eau dans le vignoble », éd. Agro Montpellier-ENSAM : 125-133.
- Van Leeuwen C., Gaudillère J.P. et Trégoat O. 2001** L'évaluation du régime hydrique de la vigne à partir du rapport isotopique $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$. L'intérêt de la mesure sur les sucres des moûts à maturité. J. Int. Sci. Vigne et Vin, n°4: 195-205.

Incidence de la sécheresse et de la chaleur sur la physiologie de la vigne et la maturation du raisin

Professeur Alain CARBONNEAU, AGRO Montpellier
2, Place Viala, 34060 Montpellier cedex 1

Certains millésimes font réaliser les effets des contraintes de l'environnement. Ce fut le cas de 2003 où *sécheresse et chaleur* se sont combinées pour contraindre la vigne à des adaptations relativement exceptionnelles ou à manifester l'échec de ses capacités d'adaptation.

Beaucoup pensent qu'une telle situation est exceptionnelle, même si quelques analogies peuvent être trouvées en remontant souvent à plus d'un siècle. La réalité est sans doute différente, puisque depuis une vingtaine d'années les climatologues comme les spécialistes de la biologie de la vigne, constatent les effets d'un *changement climatique global* entraînant à la fois plus de précocité, ainsi qu'une accentuation dans de nombreuses régions viticoles de la chaleur au cours du cycle avec des extrêmes plus élevés ; ces phénomènes sont accompagnés, de façon sans doute plus hétérogène, d'une accentuation des variations de la disponibilité en eau, avec des sécheresses estivales particulièrement prononcées, encadrées souvent par des précipitations violentes notamment en automne en régions méditerranéennes.

L'expérience acquise en 2003 est donc un investissement pour certains millésimes à venir. En terme d'écophysiologie de la vigne, les effets majeurs de la sécheresse et de la chaleur sont assez bien connus ; cependant l'adaptation des choix viticoles mérite encore d'être mieux maîtrisée, en particulier *la conduite du vignoble et l'irrigation qualitative* ; de même, comme pour la perception des effets « terroirs », les conséquences de tels événements sur la physiologie, la biochimie et la génomique du raisin sont très incomplets ; des observations analogues concernent l'analyse sensorielle des vins.

En fonction de ce contexte, il est utile de rappeler des connaissances de base qui découlent en premier du bilan énergétique du vignoble. L'énergie solaire arrivant au vignoble se décompose en un certain nombre d'éléments.

1) Microclimat de la culture :

- Microclimat lumineux, avec des effets sur différents organes qui sont fonction des longueurs d'onde, du rouge lointain au visible et au proche ultra-violet (phénomènes synthétisés en *figure 1*) ;
- Microclimat thermique, suite aux effets des infrarouges thermiques et des échanges thermiques convectifs et conductifs dans le vignoble, avec une particularité attachée aux températures nocturnes (phénomènes synthétisés en *figure 2*) ;

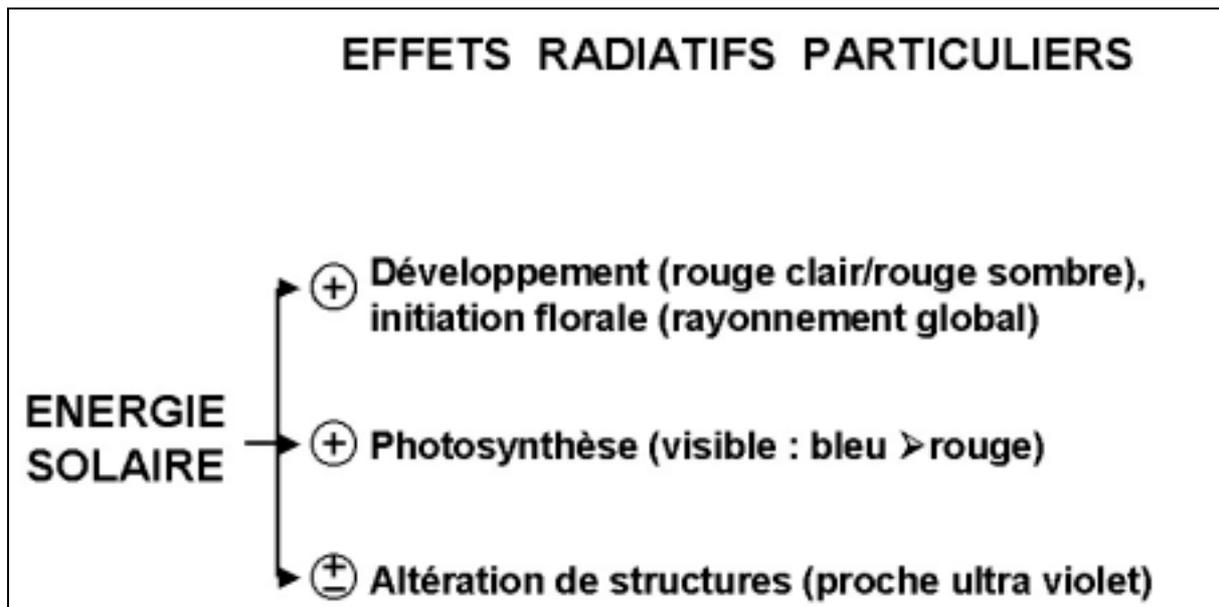


Figure 1

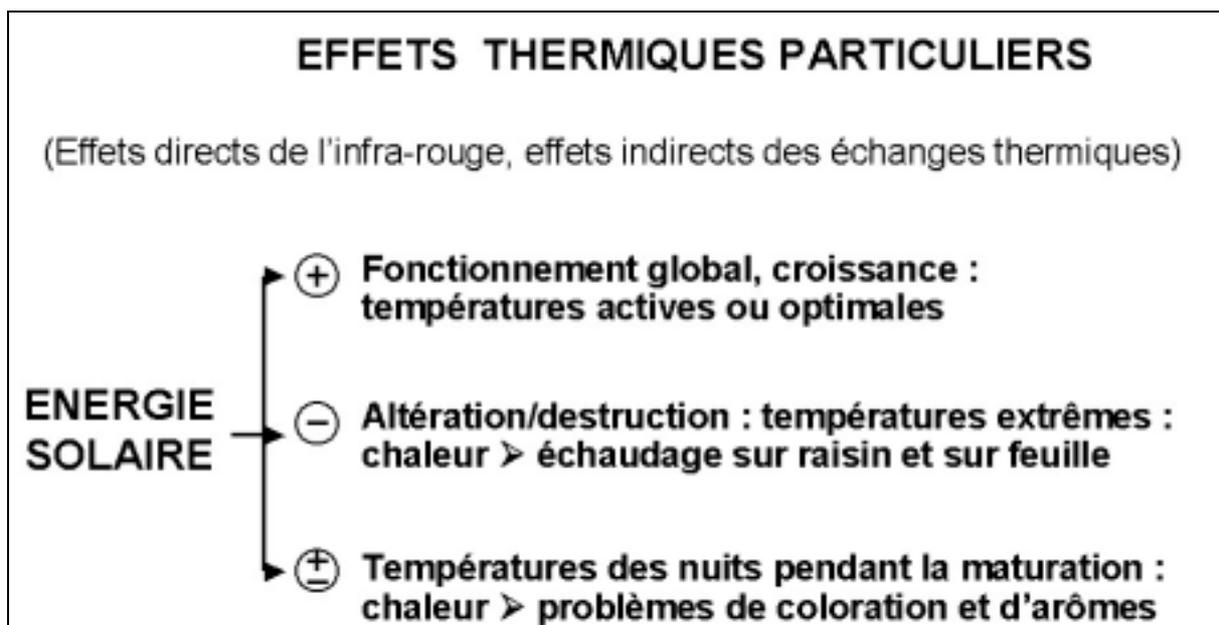


Figure 2

2) Régulation physiologique :

- Bilan hydrique traduisant l'équilibre entre la demande climatique et l'offre du sol, base de la régulation de la transpiration, avec l'apparition de certaines limites physiologiques au fur et à mesure que la contrainte hydrique progresse ;
- Jalonnement des diverses étapes de la régulation par des valeurs seuils, déjà largement validées, de potentiel hydrique foliaire de base ; la technologies est sans doute perfectible notamment pour le développement dans la pratique (*figure 3*).

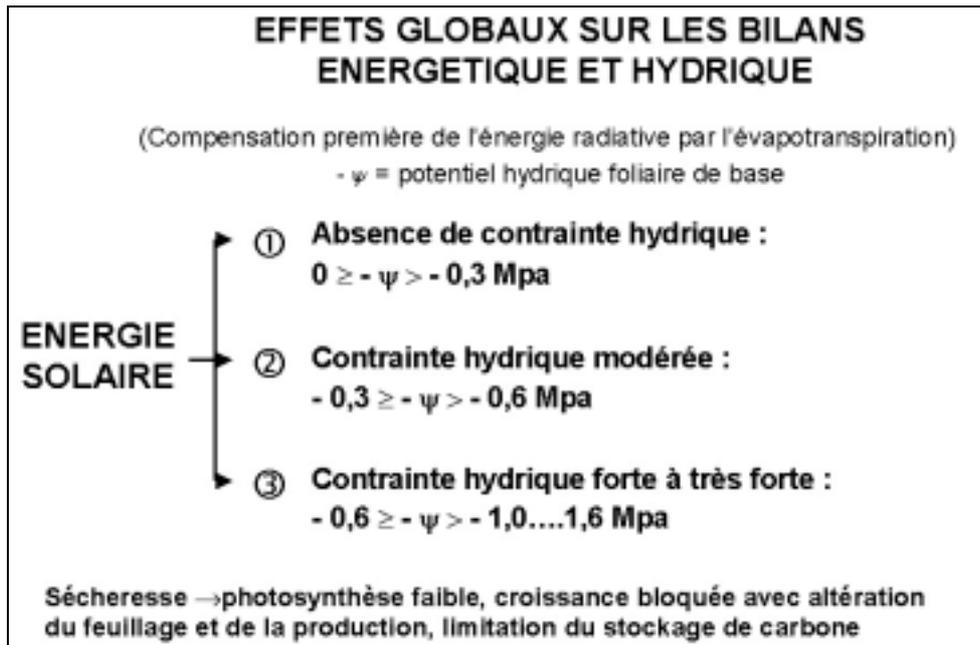


Figure 3

L'appréciation du niveau de contrainte hydrique permet de situer le niveau d'équilibre du bilan de carbone ; ce dernier résulte de l'intensité de la source photosynthétique qui est relativement robuste vis-à-vis d'une contrainte hydrique modérée et de l'intensité de la vigueur qui, elle, est réduite dès les premières perceptions de limitation hydrique ; ainsi se dégage un volant de carbone disponible pour autre usage que la croissance, qui peut servir à la maturation des raisins et des sarments ; enfin, selon la charge en grappes, une partie du carbone disponible alimentera et se concentrera plus ou moins dans le raisin. La zone de contrainte hydrique modérée optimise la maturation ; une contrainte trop faible fait apparaître le facteur limitant de la force du puits végétatif ; à l'opposé, la sécheresse montre le facteur limitant de la source en carbone (*figure 4*).

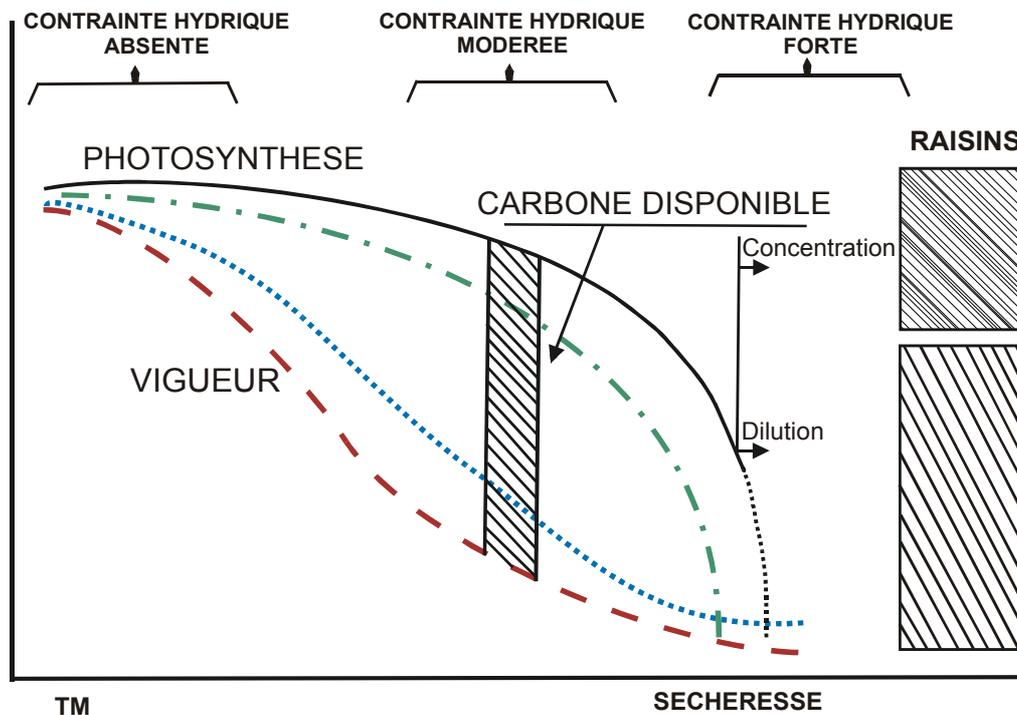


Figure 4

Les tendances particulières au millésime 2003, en particulier en région méditerranéenne française, sont schématisées en **figure 5**, en fonction de l'itinéraire hydrique de certains terroirs ; à noter la diversité de ces situations hydriques qui vont jusqu'à des extrêmes, avec la particularité fort probable du Grenache d'avoir bloqué un peu trop tôt ou trop vite certains mécanismes. Il est proposé une correspondance avec la typicité et la qualité des vins en fonction du recueil d'informations au niveau de vignobles régionaux et expérimentaux.

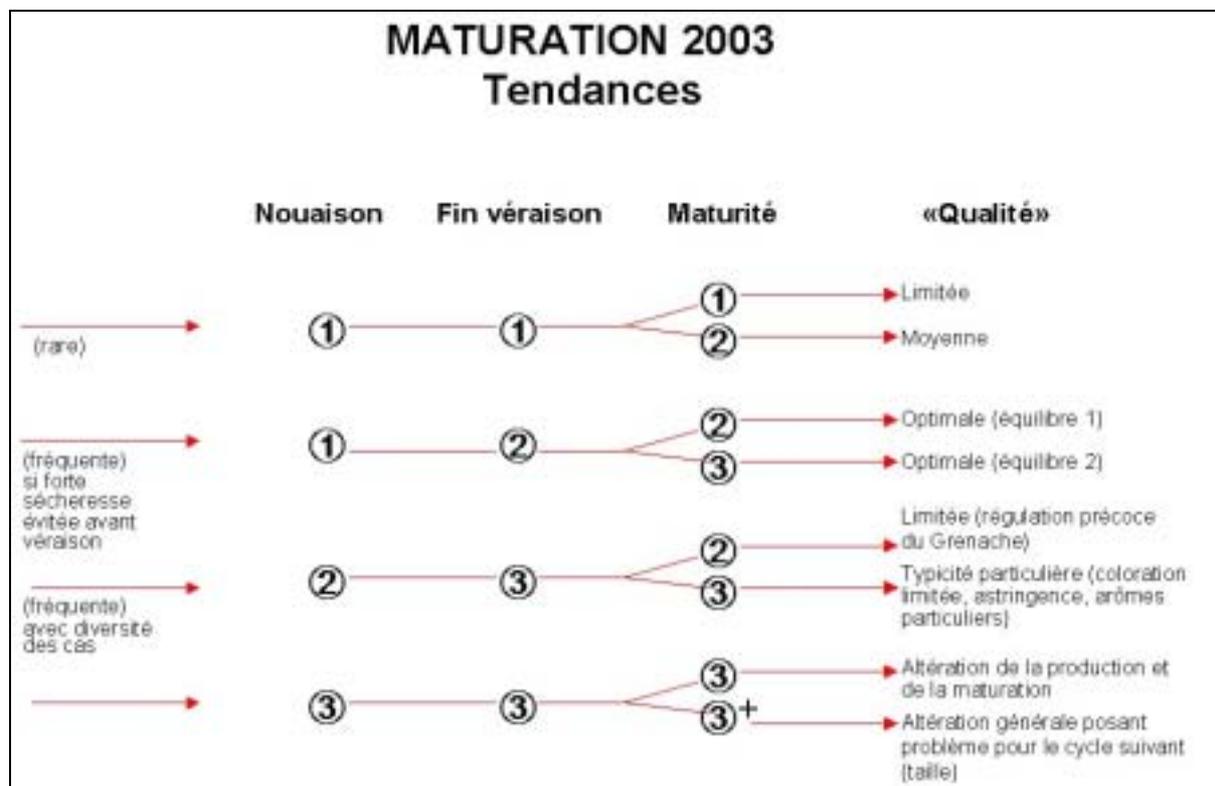


Figure 5

Comportement de la vigne dans le Bordelais en 2003, millésime sec et exceptionnellement chaud

JP.ROBY¹⁺² ET C.VAN LEEUWEN¹⁺²

¹ENITA de Bordeaux, 1 cours du général De Gaulle, 33170 Gradignan

²UMR Œnologie-Ampélogie

Pour correspondance : jp-roby@enitab.fr

I - Présentation générale du millésime 2003 en Bordelais

Des conditions climatiques exceptionnelles tout au long du cycle végétatif

Le millésime 2003 a été exceptionnellement chaud, dès le mois d'avril qui a compté plus de 10 jours de températures maximales supérieures à 25°. Des records de chaleur ont été régulièrement battus (43.2° à Donnezac dans le Blayais le 4 août), mais c'est surtout la durée des épisodes caniculaires qui s'est révélée exceptionnelle. Les moyennes de juin sont supérieures de 5 degrés par rapport aux valeurs normales, celles d'août de 4 degrés.

Les précipitations ont été très irrégulières dans le département (*figure 1*) et ont eu lieu souvent sous forme de précipitations orageuses. Cependant, la plupart des régions viticoles du Bordelais ont enregistré des valeurs cumulées proches des normales pluriannuelles d'avril à septembre (environ 300mm). Les épisodes orageux ont occasionné de nombreux dégâts dus à la grêle et aux vents violents, notamment le 24 juin où une partie du vignoble du Libournais et de l'Entre-deux-Mers a été très sérieusement endommagé (5000 ha au total), ainsi que le 15 juillet où les rafales de vent ont dépassé les 150 km/h. Le mois de juillet a connu dans certains endroits du département de la Gironde une pluviométrie excédentaire de 50 % par rapport à la moyenne mais ces précipitations sont tombées essentiellement le 15 et 16 juillet. Dans ces conditions, il paraît évident qu'une partie de ces précipitations, parfois violentes, n'a pas pu alimenter la réserve utile des sols (70 mm de pluie en moins de 24 h dans le Libournais à deux occasions), en particulier sur les parcelles en pente.

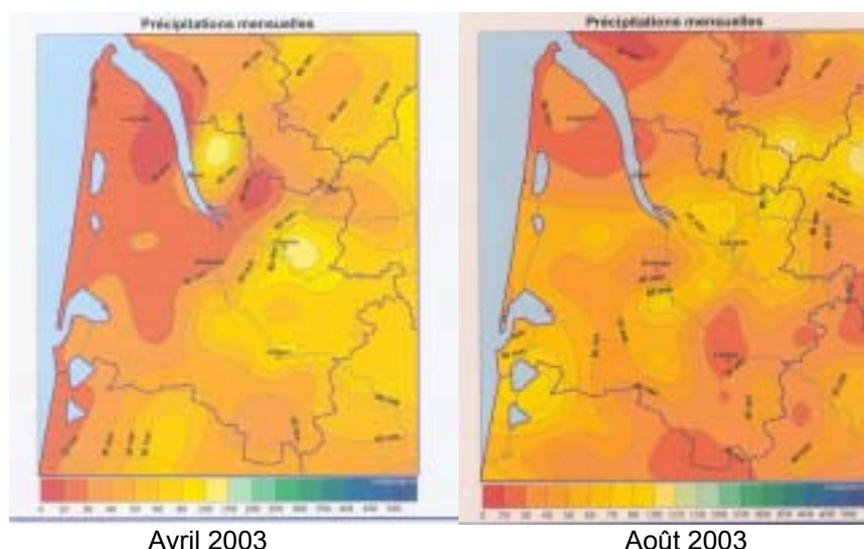
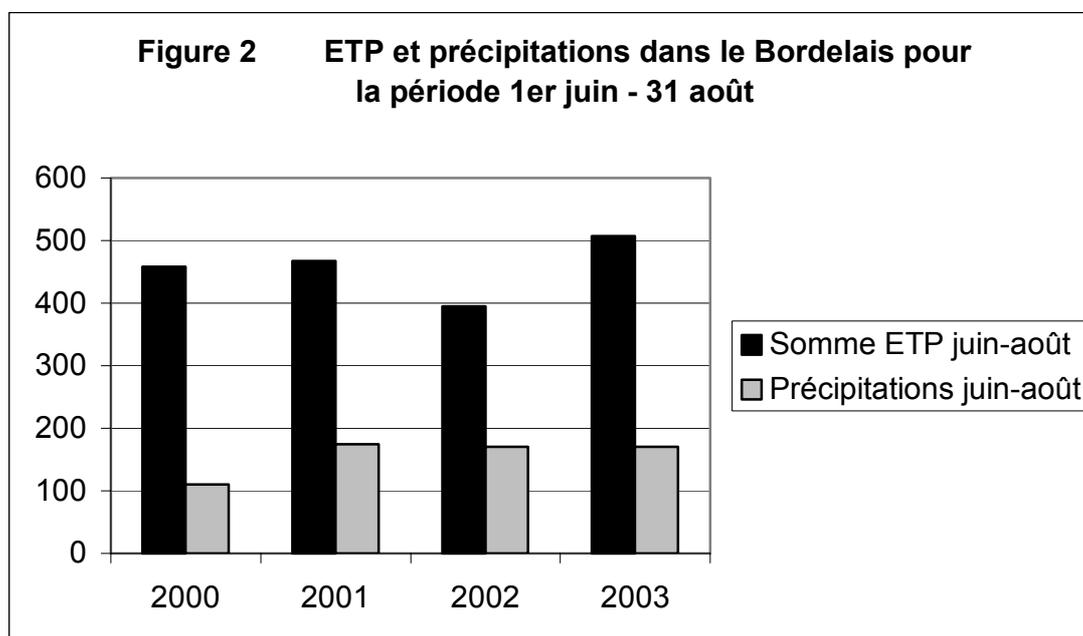


Figure 1 Répartition des précipitations dans le département de la Gironde en avril et en août 2003. Source : météo France.

La sécheresse du millésime 2003 est avant tout liée à des valeurs d'ETP extrêmement élevées, supérieures à 500 mm dans tout le département pour la période de juin à août. Si le millésime 2000 avait été très sec à cause de la faiblesse des précipitations, 2003 reste avant tout marqué par une très forte évapotranspiration.



II - Incidence du climat de 2003 sur le comportement de la vigne dans le Bordelais

1. 2003 présente une précocité historique pour l'ensemble des stades végétatifs

Le débourrement a eu lieu au cours de la dernière semaine de mars, tout comme pour les deux années précédentes (*tableau 1*). La floraison s'est déroulée durant la dernière semaine de mai. Pendant cette période, de gros écarts de température ont été observés (variations des températures maximales de plus de 12° d'un jour à l'autre). Des phénomènes de coulure ont été fréquemment observés sur Merlot notamment sur vieilles vignes. La vitesse de croissance des organes végétatifs a été particulièrement élevée en mai et juin du fait des fortes chaleurs, à un moment où la disponibilité des sols en eau n'était pas encore limitante. Les chaleurs du mois de juin ont accéléré le cycle phénologique. Même si les températures de juillet ont été proches des valeurs normales, la mi-véraison a été particulièrement précoce (dernière décade de juillet).

Ce millésime 2003 a vu débuter les vendanges de Sauvignon Blanc le 13 août, c'est-à-dire avec plus de 15 jours d'avance par rapport à une année normale. Il faut remonter à 1893 pour trouver une précocité similaire dans le Bordelais. La vitesse de maturation a été particulièrement élevée cette année (37 jours de la mi-véraison à la maturité pour le Merlot à St-Émilion) sur des sols à contrainte hydrique modérée. En revanche, certaines parcelles de Cabernet-Sauvignon sur sol graveleux ont connu des blocages de maturation et ont été récoltées fin septembre voire début octobre, soit 60 jours après la mi-véraison.

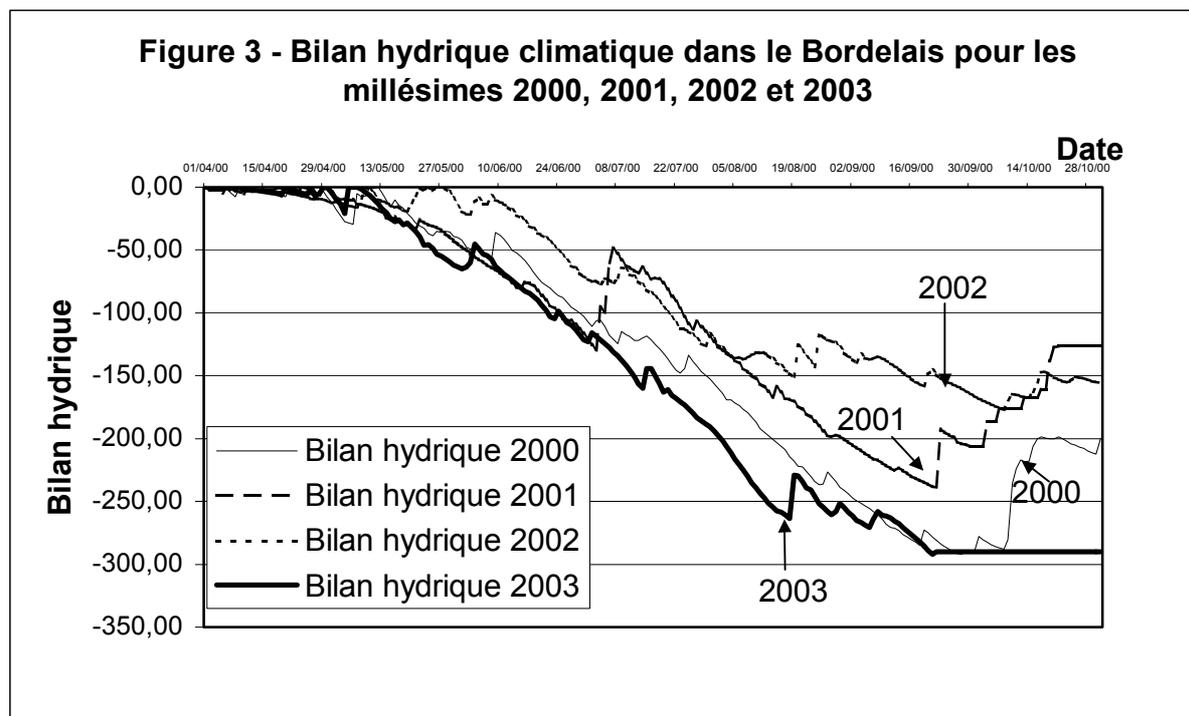
Précocité des stades phénologiques (Merlot, Saint-Emilion)

	2000	2001	2002	2003
Débourrement	1er avril	23 mars	24 mars	25 mars
Floraison	30 mai	2 juin	2 juin	26 mai
Véraison	2 août	11 août	9 août	25 juillet
Maturité	11 septembre	24 septembre	23 septembre	1er septembre

Tableau 1 – Précocité des stades phénologiques sur cépage Merlot dans le Libournais, pour les millésimes 2000, 2001, 2002 et 2003.

2. Des bilans hydriques théoriques déficitaires tôt en saison

Le bilan hydrique climatique que nous présentons ici est inspiré par le bilan hydrique de LEBON et RIOU (2000), mais simplifié, pour ne prendre en compte que l'effet du climat, en faisant abstraction de la réserve en eau du sol et de la régulation stomatique. C'est donc une approche théorique qui permet de comparer les millésimes entre eux d'un point de vue exclusivement climatique (*figure 3*). Plus ce bilan est fortement négatif, plus l'année est sèche. Le bilan hydrique climatique de 2003 est fortement négatif et proche de celui de 2000. Il apparaît clairement que le déficit hydrique a été moins important en 2001 et surtout en 2002.



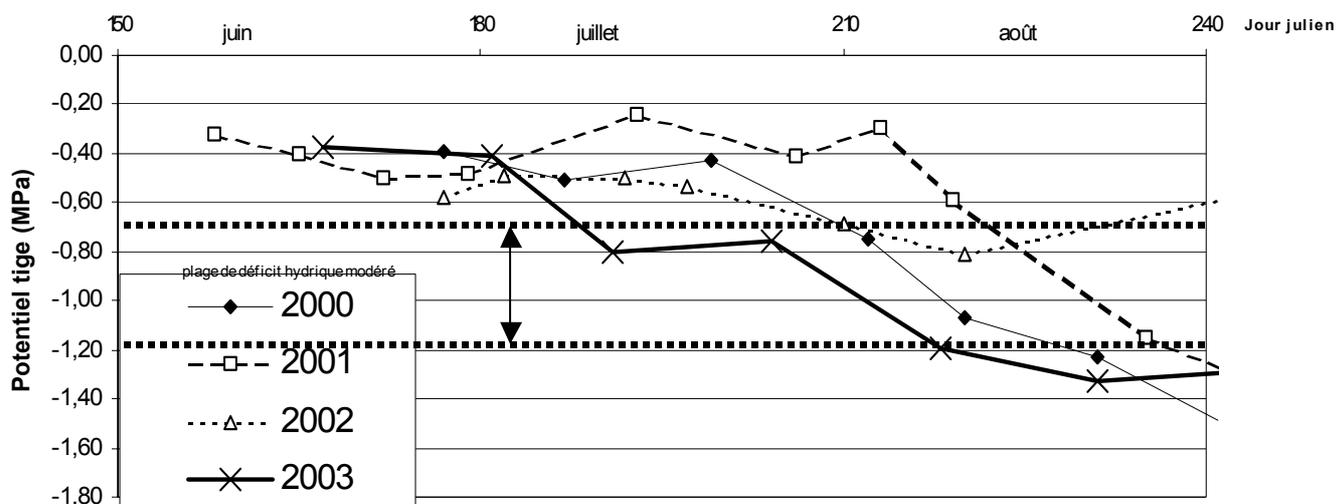
Le bilan hydrique climatique 2003 fait apparaître un déficit hydrique modéré (-150 mm) à partir du 10 juillet. Ce déficit devient sévère à partir du 10 août (-250 mm).

Une autre approche pour évaluer l'importance du déficit hydrique consiste à mesurer le potentiel hydrique sur la vigne avec une chambre à pression. Plus les potentiels hydriques sont fortement négatifs, plus la vigne subit un déficit hydrique important. Il existe différentes applications

de cette méthode, dont on peut citer le potentiel hydrique foliaire de base, qui donne une indication sur l'état hydrique du sol et le potentiel tige, qui renseigne sur le déficit réellement subi par la vigne au cours de la journée. On considère que la vigne subit un déficit hydrique modéré pour des valeurs comprises entre -0,65 et -1,2 Mpa pour le potentiel tige (CHONE, 2001). En 2003, dans le Bordelais, les potentiels tige mesurés présentent des valeurs inférieures à -1,2 Mpa dans les parcelles disposant de réserves utiles faibles ou moyennes et ce dès le début du mois d'août dans la région de Saint-Émilion (*figure 4*). Les potentiels de base atteignent à cette même époque sur les mêmes sols -0,6 voire -0,7 Mpa.

Au même moment, dans le Médoc, on a mesuré des potentiels tige de -1,68 Mpa sur sol graveleux à Margaux et -1,52 Mpa sur palus (sol très argileux) dans le Nord Médoc.

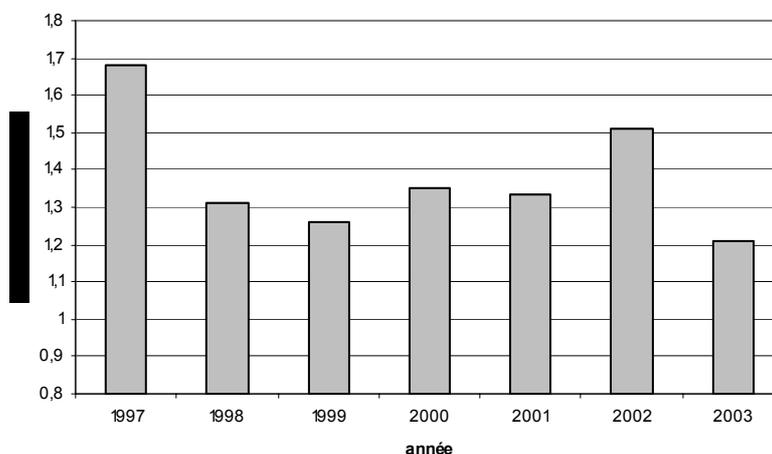
Figure 4 - Evolution du potentiel tige sur un sol graveleux de la région de saint-Emilion en 2000, 2001, 2002 et 2003 (cépage Merlot)



3. La composition des moûts en 2003

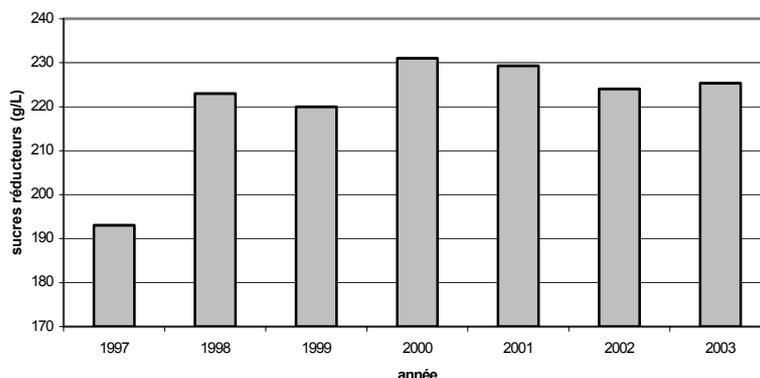
L'année 2003 a été caractérisée par des poids de baies particulièrement faibles (*figure 5*). La petite taille des baies (parfois inférieure à 1g par baie !) peut être mise en relation avec l'importance du déficit hydrique que la vigne a rencontré. Ce paramètre a été un facteur de concentration, notamment pour les composés phénoliques. Il a en revanche fortement affecté le rendement, qui était déjà en partie hypothéqué par les problèmes de coulure. La chaleur et le fort ensoleillement ont provoqué des brûlures sur la face exposée des grappes. Les baies touchées n'ont pas correctement grossi et ont manifesté une tendance au flétrissement en fin de maturation.

Figure 5 - Poids des baies (Merlot, Saint-Emilion)



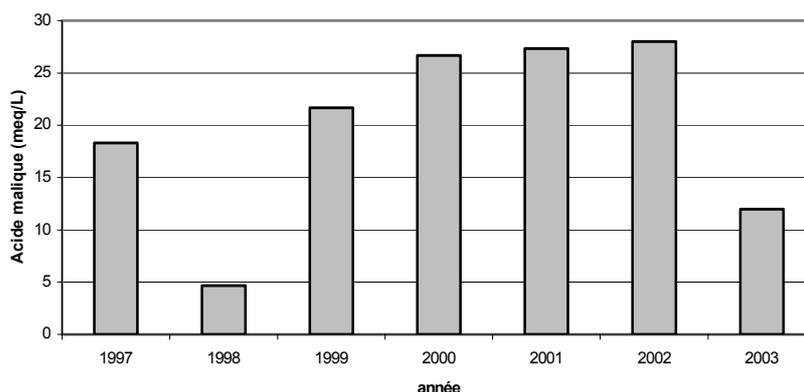
On a noté des teneurs en sucres du moût très variables en fonction de la situation. Elles sont moyennes pour les Merlots (*figure 6*) à l'exception de ceux issus des baies flétries qui ont atteint parfois jusqu'à 17°-18° d'alcool potentiel. Certains moûts de Cabernet-Sauvignon ont atteint des valeurs de 15° d'alcool potentiel, ce qui est exceptionnel. Les moûts de Sauternes sont fortement sucrés, jusqu'à 27° d'alcool potentiel et sont très peu aromatiques.

Figure 6 - Teneur en sucres réducteurs (Merlot, Saint-Emilion)



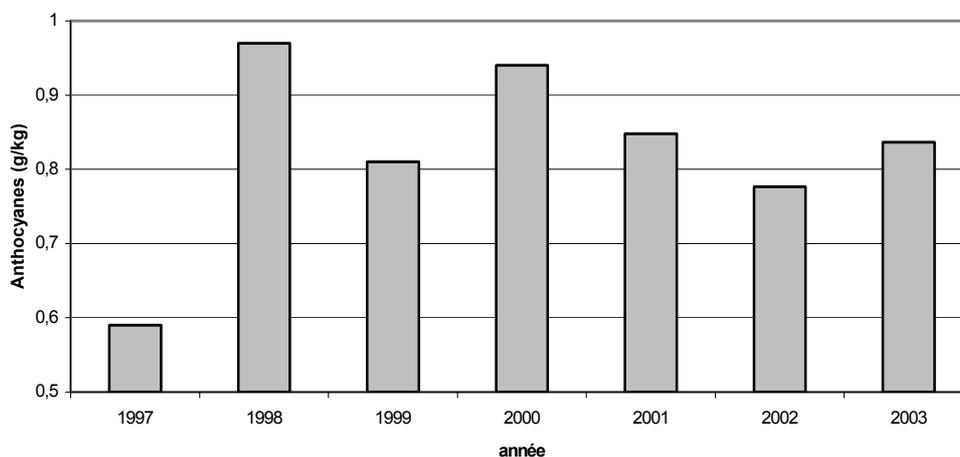
Une caractéristique très marquante du millésime 2003 a été la très faible acidité des moûts. Des pH >3,6 ont été très fréquents, notamment à cause de teneurs en acide malique particulièrement faibles (le plus souvent entre 10 et 15 meq/l, soit environ 1 g/l, *figure 7*).

Figure 7 - Teneur en acide malique du moût (Merlot, Saint-Emilion)



La richesse en composés phénoliques est moyenne. La teneur en anthocyanes des pellicules est peu élevée mais, si on l'exprime par kg de vendange, elle est en grande partie compensée par la petite taille par baie. L'extractibilité des anthocyanes est bonne en 2003 (*figure 8*).

Figure 8 - Teneur en anthocyanes des baies (Merlot, Saint-Emilion)



3. Une réponse différente à ce millésime particulier en fonction du type de sol

Même si 2003 peut globalement être caractérisé comme un très bon millésime, la hiérarchie qualitative entre les différents terroirs du Bordelais présente une certaine originalité. Les sols graveleux ont parfois subi des contraintes hydriques extrêmes, limitant leurs performances qualitatives habituelles. Les sols argilo-calcaires et les sols à très forte teneur en argile en sous sol ont produit des raisins de grande qualité (*figure 8*). Des sols, considérés traditionnellement comme moins favorables à la production de raisins noirs de qualité, se sont bien comportés en 2003 : c'est le cas des bouldiers notamment (sols limoneux lessivés) qui ont connu cette année des déficits hydriques modérés, ce qui arrive rarement sur ce type de sols.

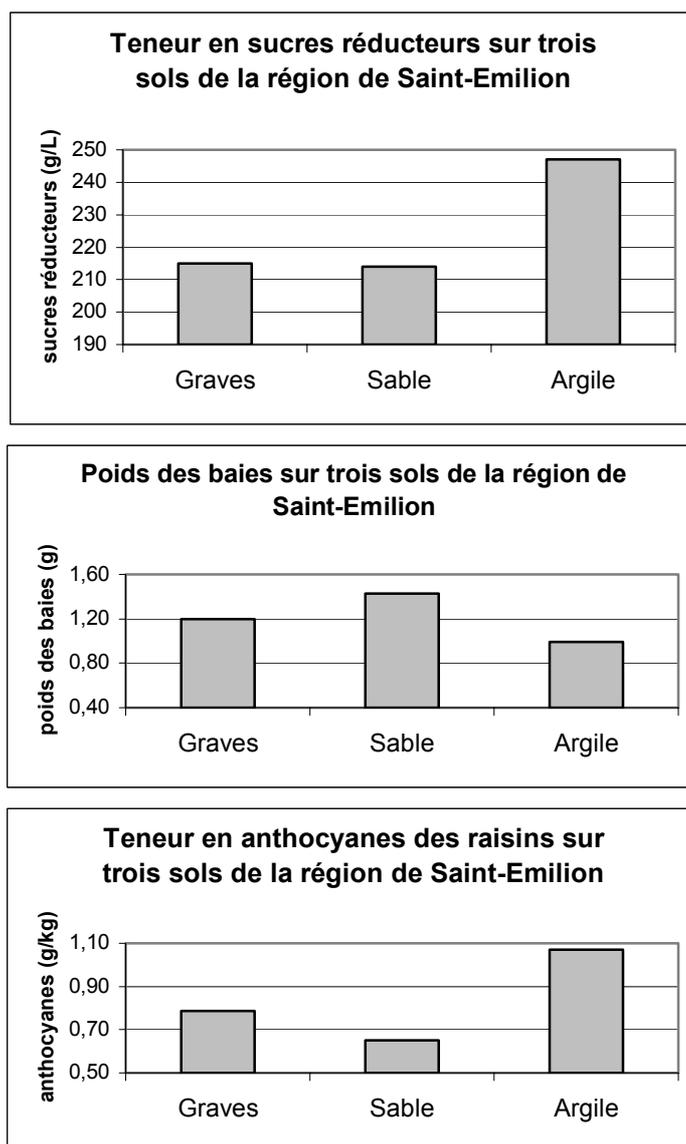


Figure 8 – Quelques caractéristiques des raisins sur trois sols de la région de Saint-Émilion en 2003

III - Conclusion

Le millésime 2003 en Bordelais est en tout point exceptionnel. La pluviométrie s'est révélée extrêmement irrégulière mais le cumul des précipitations d'avril à septembre est conforme aux valeurs normales. Ce millésime restera comme l'un des plus chauds depuis plus d'un siècle. Ces fortes chaleurs ont procuré une vitesse de croissance très élevée en mai et juin. La précocité de maturité est historique avec notamment des Sauvignons Blancs récoltés le 13 août dans les Graves et des Merlots dès le 24 août. Les phénomènes de sécheresse observés sont dus avant tout aux très forts niveaux d'évapotranspiration enregistrés. Le bilan hydrique climatique ainsi que les potentiels tige et les potentiels de base présentent des valeurs très négatives. À cause de la coulure, de la sécheresse et des flétrissements de baies, le volume de la récolte est particulièrement faible. À maturité, les baies, de petites tailles en 2003, ont donné des jus moyennement à fortement sucrés, très faiblement acides et moyennement riches en composés phénoliques. Les sols graveleux ont souvent occasionné des phénomènes de sécheresse et de blocage de maturation. Les sols les plus argileux se sont remarquablement bien comportés cette année ainsi que des sols plus limoneux, de type boulbènes, habituellement moins bien considérés. A l'heure actuelle, alors que les premiers vins finis se goûtent particulièrement bien, il apparaît fort délicat de se prononcer sur la longévité des vins de ce millésime.

Références bibliographiques

- CHONE X., 2001. Contribution à l'étude des terroirs de Bordeaux. Etude des déficits hydriques modérés, de l'alimentation en azote et de leurs effets sur le potentiel aromatique des raisins de *Vitis vinifera* L. cv. Sauvignon blanc. Thèse de Doctorat, Université Bordeaux 2, 188 p.
- RIOU C. et LEBON E., 2000. Application d'un modèle de bilan hydrique et de la mesure de la température du couvert au diagnostic du stress hydrique de la vigne à la parcelle. Bull. O.I.V., 73 n°837-838, 755-764.

Gestion des vendanges et des vinifications en situation caniculaire

Lucile BLATEYRON, ICV, Département Recherche- Développement.

Jacques ROUSSEAU, ICV, Département Vignes & Vins

La Jasse de Maurin, 34978 LATTES

La canicule de l'été 2003 a eu des conséquences importantes non seulement sur les caractéristiques des raisins à vinifier mais aussi de façon générale sur le fonctionnement des caves. C'est l'occasion de faire le point sur les principales conséquences que la canicule peut avoir sur le raisin et sur les vinifications, sans chercher à faire un bilan exhaustif. L'exposé concerne essentiellement les régions précoces, qui ont dû vinifier une part importante des raisins en situation caniculaire en 2003.

Conséquences de la canicule sur l'organisation des vinifications

Les caractéristiques des vendanges 2003 dans le vignoble méditerranéen et rhodanien

Un été sec et chaud.

La première partie des vendanges, jusqu'au 25/8 a été caractérisée par de fortes températures diurnes et nocturnes. Les réserves en eau des sols, qui étaient maximales à la fin de l'hiver, ont fortement diminué en juillet et en août, pour atteindre un déficit important début août, supérieur de 60 à 80 % au déficit moyen à cette date dans l'Hérault selon l'Association Climatologique de l'Hérault. Les températures ont été supérieures de 4 à 5°C aux moyennes habituelles, avec de faibles amplitudes nyctémérales et des minimums journaliers élevés.

Une grande hétérogénéité au vignoble.

Si l'état sanitaire était très bon dans l'ensemble, de grosses différences de potentiel qualitatif ont pu être constatées et ce, dès la véraison.

Les parcelles n'ayant pas souffert du stress hydrique à ce stade (soit la grande majorité des parcelles fin juillet) présentaient tous les indicateurs d'un potentiel qualitatif intéressant : arrêt de croissance, rapport feuillage/raisin élevé, petites baies, charge modérée, groupage de la véraison, homogénéité de la coloration des grappes.

Certaines parcelles (soit situées sur des terroirs à faible réserve en eau, soit trop chargées ou disposant d'un système racinaire insuffisant, en particulier sur les jeunes vignes) présentaient déjà des symptômes de stress importants : chute de feuille, grand étalement de la véraison, avec une proportion importante de grappes mal colorées.

La persistance de la sécheresse et des températures élevées pendant la première quinzaine d'août a aggravé cette hétérogénéité.

Des arrêts brutaux de maturation ont été observés sur les parcelles stressées, allant jusqu'à l'arrêt de croissance des baies, qui demeuraient minuscules, des défoliations alarmantes, entraînant des difficultés d'aoûté et provoquant dans tous les cas des phénomènes de concentration importants, avec des pulpes très peu juteuses, très sucrées et très acides.

Les parcelles sans problème à la véraison ont plus ou moins été affectées par la persistance de la chaleur : symptômes de stress hydrique dans certains cas, « coups de chaleur » ailleurs. Souvent, cette évolution s'est avérée réversible, les pluies des 16 et 17/8, ainsi que les épisodes pluvieux sporadiques

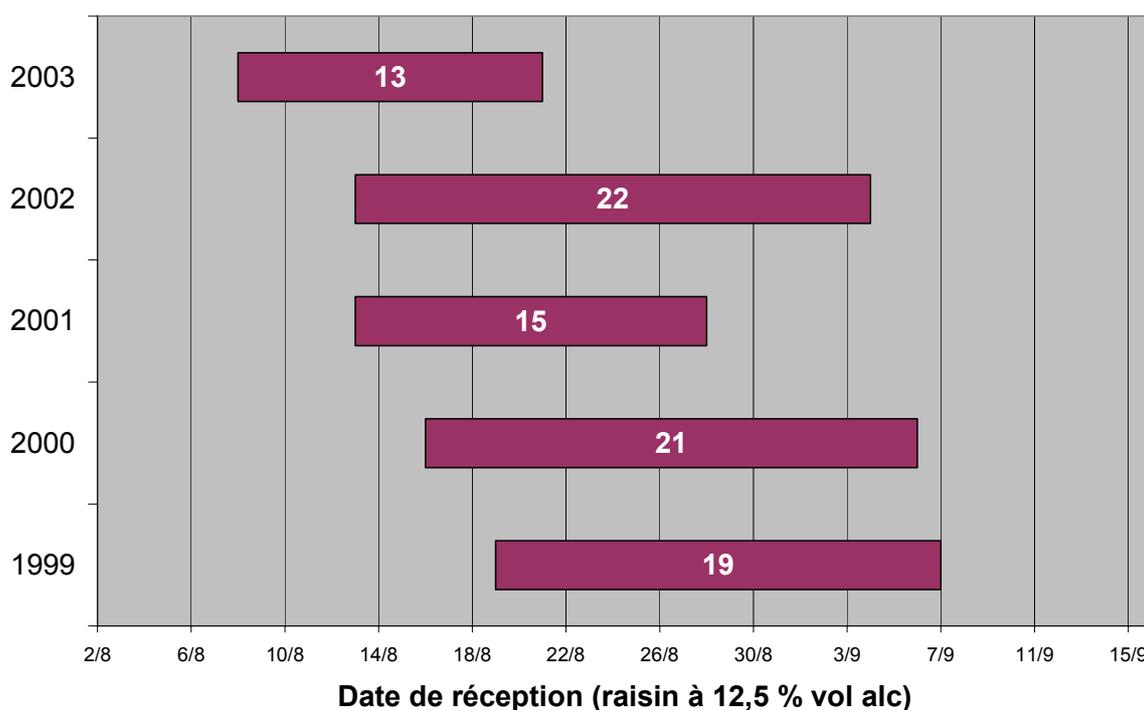
ultérieurs, associés à la nette diminution des températures (en particulier nocturnes fin août) ayant suffi à rétablir un équilibre physiologique normal sur de nombreuses parcelles en septembre.

Une extrême précocité liée à un groupage des maturités.

2003 est sans conteste le millésime le plus précoce des 50 dernières années. A titre d'exemple, les parcelles de l'Observatoire ICV du Millésime (25 parcelles de Merlot, Syrah, Chardonnay, Sauvignon, Grenache, Cabernet Sauvignon) ont été vendangées, à stade de maturité sucres équivalent, 5 à 13 jours plus tôt par rapport à la moyenne 1999-2002, et 14 à 24 jours plus tôt que 1999, année la plus tardive de la période.

La canicule a également provoqué un fort groupage des maturités entre les cépages, encore plus marqué qu'en 2001 (*figure 1*).

Figure 1 : Date de début, date de fin et durée totale des apports des raisins de l'Observatoire du Millésime entre 1999 et 2003 (18 parcelles de Syrah, Merlot, Chardonnay, Sauvignon, Grenache et Cabernet Sauvignon, à stade de maturité équivalent : 12-12,5 % vol)



Des compositions souvent atypiques, remettant parfois en cause les segmentations traditionnelles.

2003 se caractérise par des petites baies avec une forte concentration des pulpes, qui ont atteint rapidement des taux de sucres très élevés : le 18/8/03, on notait plus de 10 jours d'avance sur 2002, millésime déjà précoce, malgré la pluie de la veille !

En revanche, à teneur en sucres équivalente, les raisins présentaient certains déséquilibres, en particulier en matière d'anthocyanes. Sur l'Observatoire ICV du Millésime, les teneurs en anthocyanes étaient inférieures à celles mesurées en 2002 : - 14 % pour les Syrah, - 44 % pour les Merlots.

Les caractéristiques sensorielles des raisins présentaient très tôt (avant le 15/8) les symptômes de stress : baies fermes, s'égrenant difficilement, avec souvent une coloration incomplète pour les rouges, pulpes gélatineuses, très adhérentes aux pépins et aux pellicules, ayant tendance à développer des arômes de fruit cuit ou de fruit à l'alcool, alors que les pellicules restaient très dures, acides et herbacées.

Les conditions climatiques ont eu tendance à remettre en cause la hiérarchie des potentialités œnologiques, comme le montre la comparaison de deux parcelles de Syrah, une parcelle AOC située en Côtes du Rhône (Estézargues) et une parcelle vin de pays à Montagnac (rendement 80 hl/ha).

Alors qu'en 1999, les deux parcelles présentaient des profils analytiques très différents, celle d'Estézargues étant caractérisée par une plus grande richesse en anthocyanes et un degré potentiel plus élevé, les écarts en 2003 se sont nettement resserrés.

Le degré potentiel reste supérieur sur la parcelle d'Estézargues, mais les teneurs en anthocyanes sont comparables dans les deux parcelles, et le pH élevé de la Syrah d'Estézargues traduit un déséquilibre de sa composition acide (*tableau 1*).

Tableau 1 : Comparaison de la composition des raisins à maturité sur 2 parcelles en 1999 et en 2003.

	Degré potentiel (%vol)	Poids de 200 baies (g)	pH	S/AT	ApH1 (mg/l)	IPT
1999						
Estézargues	13,5	354	3,24	56	2008	44
Montagnac	12,4	372	3,24	51	1659	37
2003						
Estézargues	13,5	312	3,48	66	1430	50
Montagnac	12,8	331	3,32	59	1397	43

Conséquences pratiques de la canicule sur l'organisation des caves et des récoltes

Revoir les critères de sélection au vignoble.

Face à une situation évoluant rapidement, il était particulièrement important en 2003 de réaliser les visites de sélection parcellaire le plus près possible de la date de vendange prévue. Il était également indispensable d'adapter les critères de sélection aux spécificités du millésime : la seule estimation du rendement et du rapport feuillage/raisin ne permettaient pas de procéder à des sélections efficaces. La prise en compte de critères comme la sensibilité de la parcelle au stress hydrique et l'homogénéité de la coloration des baies étaient indispensables pour définir le potentiel qualitatif des vignes.

Soigner les contrôles maturité.

La très forte hétérogénéité rencontrée au vignoble s'est retrouvée au sein même des grappes. Il en a découlé cette année la nécessité de réaliser avec plus de soins les échantillonnages des contrôles maturités afin d'améliorer l'évaluation de la maturité réelle rendue difficile par cette forte hétérogénéité. Seuls des prélèvements très représentatifs de l'hétérogénéité des grappes et des parcelles et des suivis réalisés avec une fréquence suffisante (2 fois par semaine) permettaient d'assurer une bonne évaluation de la maturité réelle des parcelles.

Anticiper des accélérations rapides de maturation.

En outre une telle fréquence de prélèvement était, surtout en début de campagne, indispensable pour anticiper des gains de maturité technologique parfois très rapides et pour éviter de devoir récolter, sur raisins blancs en particulier, la totalité des raisins à un niveau d'alcool potentiel supérieur à 13.5%.

Organiser les récoltes en prenant en compte les forts niveaux de températures.

La gestion des apports de raisin devait impérativement prendre en compte cette année les forts niveaux de température diurne et nocturne. Seules des récoltes réalisées avant 10h du matin permettaient, dans la première partie de la campagne, d'assurer des températures de raisins inférieures à 25°C. Au cours du mois d'août, des températures allant jusqu'à 40°C ont pu être mesurées sur des apports effectués plus tardivement dans la journée.

La réception de raisins chauds à très chauds a deux types de conséquences préjudiciables pour les caves :

- 1) une fragilisation des matières premières, un accroissement des risques d'oxydation ainsi que l'augmentation des besoins en frigorifiques et en protection anti-oxydante pour préserver les qualités des matières premières (sur blanc notamment)
- 2) une maîtrise des températures de macération et fermentation alcoolique plus difficile et plus coûteuse en frigorifiques.

Gérer les disponibilités en froid de la cave.

La maîtrise des températures aura été un élément clé des vinifications dans les conditions caniculaires. L'absence de rafraîchissement réel pendant les nuits et l'encuvage de raisins relativement chauds ont accru les besoins en frigorifiques des caves. La bonne gestion des disponibilités en froid et le dégagement des priorités se sont avérés indispensables à la réalisation de vinifications maîtrisées.

Conséquences pratiques de l'hétérogénéité des matières premières

Séparer les différents types de raisins pour appliquer des schémas de vinification adaptés.

La forte hétérogénéité constatée entre les différentes matières premières a pour conséquence directe d'imposer aux vinificateurs la mise en place de schémas de travail et de suivis spécifiques à chaque cuve. La cohabitation à un moment donné dans une même cave de raisins équilibrés et mûrs et de raisins ayant subis des phénomènes de concentration ou des blocages de maturité conduit, cette année plus que les autres, à proscrire les opérations correctives systématiques. En outre afin de s'assurer de la valorisation optimale de chacun de ces types de raisin, il était très important de disposer dans les caves de moyens permettant le traitement séparé des différentes catégories de matière première.

Piloter au cas par cas des acidifications souvent nécessaires.

Ainsi, malgré des pH des raisins généralement plus élevés que les années précédentes, les acidifications ne devaient en aucun cas être réalisées systématiquement et massivement. La pertinence du tartrage devait être déterminée en prenant en compte la dégustation et le profil analytique de chaque cuve. Les risques importants d'apparition de caractères agressifs inhérents à des acidifications excessives devaient engager à la plus grande prudence vis à vis de cette opération.

Déterminer par l'analyse sensorielle et l'analyse chimique les durées de macérations.

De même la gestion des durées de macération ne pouvait être effectuée sur la base d'idées générales et préconçues sur le millésime. En effet seul un suivi analytique et organoleptique précis de chaque cuve pouvait permettre de valoriser au mieux des potentiels polyphénoliques très hétérogènes pour un cépage donné, en fonction des types de raisin. Ce potentiel s'est parfois avéré, pour une parcelle donnée, très différent de ceux déterminés les millésimes précédents.

Surveiller de près des fermentations alcooliques et malolactiques souvent délicates.

La gestion des fermentations, qu'elles soient alcooliques ou malolactiques, a elle aussi, été rendue délicate par la forte hétérogénéité des matières premières. Les vinificateurs ont dû faire face à d'importantes montées en températures sur les fermentations alcooliques, notamment pour les raisins entrés en début de campagne, montées en températures à l'origine de difficultés fermentaires, même sur des matières premières dont la teneur en alcool final n'était pas excessive. D'autre part, les matières premières très concentrées et dont le taux d'alcool volumétrique dépassait 13,5 % nécessitaient la mise en œuvre de l'ensemble des préconisations permettant la maîtrise des fermentations alcooliques (voir les 13 points clés de la maîtrise des fermentations alcooliques). Document ICV).

La forte proportion de vins peu riches en acide malique (< 1g/l) et dont le degré est élevé a conduit à l'apparition d'importantes difficultés concernant l'enclenchement de la fermentation malolactique. Par ailleurs cette même fermentation malolactique s'est avérée rapide sur d'autres types de matières premières, avec même des situations de fermentation malolactique spontanée sous marc. Là encore, la forte hétérogénéité des situations a nécessité un suivi analytique précis des cuves.

Quelques points clés de valorisation de raisins concentrés, à coûts de production élevés

Ces points clés ont été définis dans le cadre d'une procédure où la cave s'est fixé comme objectif produit d'assurer la continuité commerciale d'un style sensoriel fruité frais (voire de confiture fraîche) et d'une bouche ronde, malgré l'état des raisins (forte proportion de baies confites et flétries). Ils sont en partie basés sur les résultats obtenus au cours de diverses expérimentations conduites à la cave expérimentale de l'ICV.

Sur des raisins présentant une forte proportion de baies confites et flétries, les objectifs techniques prioritaires seront:

- Diffuser et stabiliser la couleur présente dans la pellicule et les éléments de gras (polysaccharides) de la pulpe mûre. Ces éléments sont assez solubles en solution aqueuse ou peu alcoolique.
- Éviter d'extraire des tanins durs et desséchants (fréquents sur les raisins stressés puis confits). Éviter de produire des arômes éthers qui renforcent les sensations de cuit présents dans les raisins
- Assurer une fermentation régulière et complète, en évitant les odeurs soufrées (odeurs de caoutchouc), les caractères végétaux.

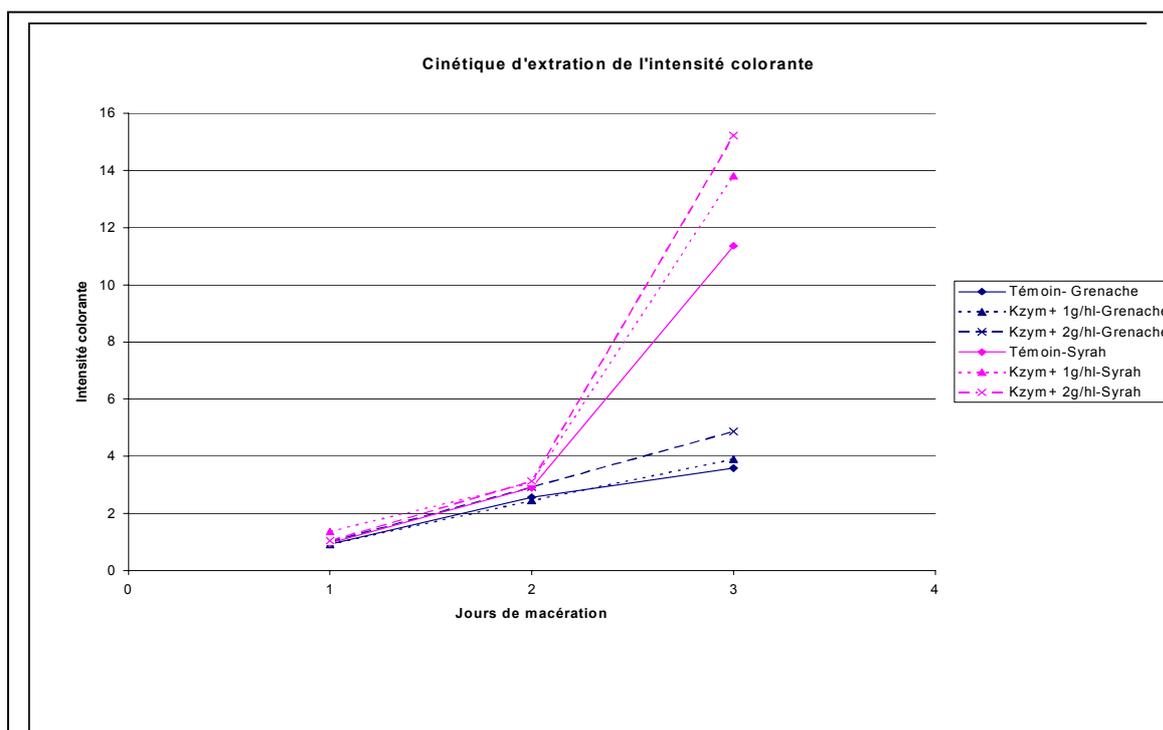
Favoriser la diffusion de la couleur et des éléments de gras tout en évitant d'extraire des tanins durs et asséchants

Les choix techniques indispensables à l'obtention de ces objectifs sont :

Enzymier précocement et à forte dose.

Il est important d'employer très tôt, dès la réception, une enzyme d'extraction (forte activité polygalacturonase) en doublant les doses habituellement employées et en répartissant bien la solution d'enzymes dans la masse des raisins. Comme nos essais au département R&D l'ont montré, l'accroissement de la dose d'enzyme a eu cette année des effets très nets sur les cinétiques d'extraction des polyphénols (**Figure 2**). La dose suffisante d'enzymes est essentielle cette année, sur des raisins à pulpe fortement gélatineuse pour limiter les extractions mécaniques triturantes et pour structurer rapidement le milieu de bouche avec à la fois de l'intensité tannique et du gras.

Figure 2 : Impact de la dose d'enzyme sur les cinétiques d'extraction des composés polyphénoliques sur des raisins confits millésime 2003



Fouler et érafler pour faciliter l'extraction douce des jus.

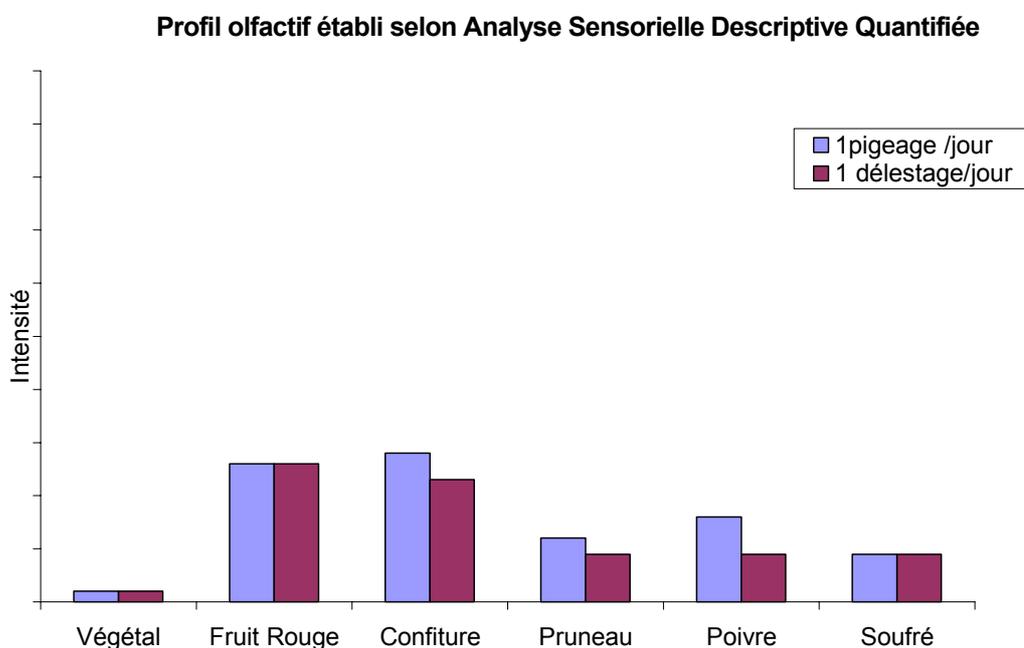
Érafler et fouler sont deux actions indispensables cette année, notamment pour faciliter une extraction rapide des jus sur des baies de très petites tailles, à la peau épaisse et la pulpe très gélatineuse.

Privilégier un travail doux du chapeau par délestage dès les premiers jours de macération.

Le délestage à l'air, dès que le chapeau est formé, permet de privilégier très tôt des extractions douces. Le renouvellement de ce travail doit être programmé au cours des 3 ou 4 jours suivants, selon la vitesse de diffusion de la couleur, les objectifs de structure tannique et la conformité de la maîtrise thermique.

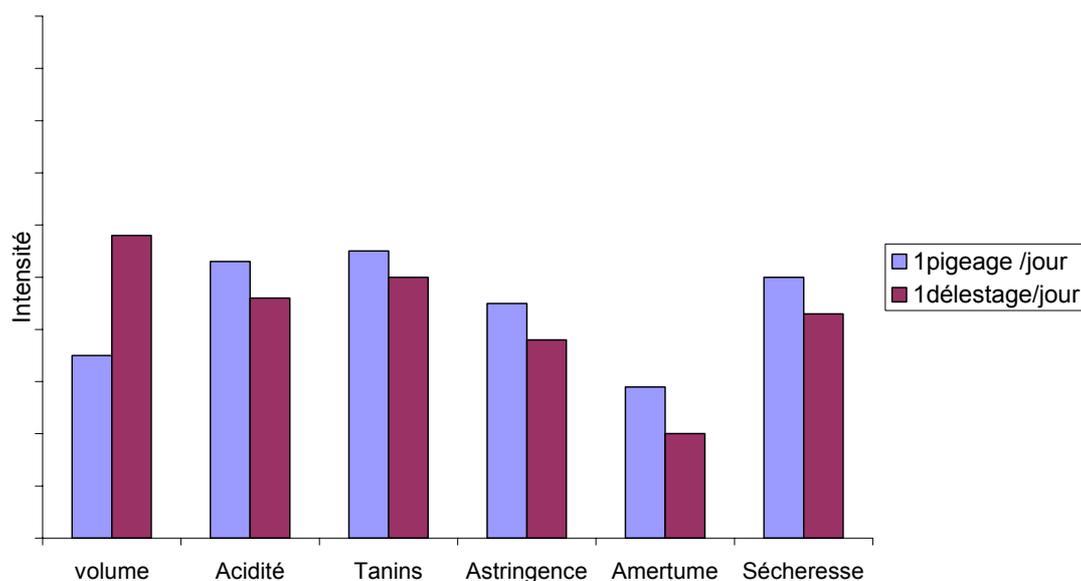
Par rapport aux remontages, les délestages précoces permettent de sortir mieux et plus précocement les caractères de gras stable de la pulpe (les polysaccharides les plus hydrosolubles) (Figure 3). Ceci permet ensuite de mieux stabiliser les sensations aromatiques et gustatives sur les caractères fruités et d'éviter (ou au moins retarder) l'apparition de caractères confiturés / brûlants / desséchants qui sont la conséquence logique des extractions violentes sur de tels raisins.

Figure 3 : Impact du travail du chapeau sur les profils organoleptiques des vins dans le cas d'une cuvaison de 5 jours. Syrah 300501.



La réalisation de délestage dès l'encuvage favorise **un style olfactif plus doux et permet un gain de volume et d'intensité tannique conférant plus de puissance au vin.**

Profil olfactif établi selon Analyse Sensorielle Descriptive Quantifiée



Résultats expérimentaux 2002. Cave expérimentale du Département Recherche et Développement.-ICV.

Prolonger modérément la durée de macération.

La durée totale de cuvaison doit être déterminée en fonction des résultats de dégustation. Pour ce type d'objectifs produit et avec ce type de matière première, elle est généralement de 4 à 6 jours.

Maîtriser les températures de macération.

Maîtriser la température entre 20 et 23°C pour différer au maximum les extractions par l'éthanol tout en permettant une bonne implantation des levures sélectionnées (et éviter ainsi le développement d'une flore d'altération). Cette maîtrise de la température est aussi un élément clé de la maîtrise des fermentations alcoolique.

Gérer les risques de production d'odeurs soufrées

Pratiquer des apports modérés et réguliers d'oxygène dès le début de la macération.

Pendant la macération, ces apports peuvent être réalisés par le biais du délestage à l'air.

Quand le jus ne présente pas d'odeurs soufrées notables, en cours de macération, on peut essayer de rester sur un fruité plus frais avec un délestage où on ne cherche pas à aérer fortement. On peut alors apporter une « demi-dose » d'oxygène avec un cliqueur dans la cuve de phase liquide.

Éliminer rapidement les particules végétales.

Après l'écoulage : il est important d'éliminer rapidement les particules végétales des jus, avant qu'elles aient fait une macération en milieu alcoolique. La « macération » longue de ces particules dans le vin après décuverage peut être assimilée à un certain prolongement de macération sous marc. La fin de fermentation alcoolique sans les particules végétales est un point clé pour prévenir les risques d'odeurs de caoutchouc, de cuit. Ceci fait partie des bonnes pratiques dans les caves travaillant régulièrement ce type de raisins dans le sud de l'Italie, l'Argentine ou la Californie.

Le ré-assemblage des presses doit être effectué en prenant en compte leurs profils analytiques et gustatifs.

Prolonger le travail d'apport d'oxygène après l'écoulage.

Il est important d'effectuer des apports modérés et réguliers d'oxygène pendant la fermentation alcoolique en phase liquide. L'objectif du travail avec l'oxygène est d'éviter le développement d'odeurs

soufrées. Ces risques sont très élevés en 2003. Les odeurs soufrées de type caoutchouc amplifient beaucoup la perception de cuit et de confituré. Les composés soufrés amplifient aussi la sensation de sécheresse et de brûlant en fin de bouche. Les apports d'oxygène par aération ou par emploi d'un cliqueur doivent être gérés en prenant en compte la fragilité du produit (réaliser des tests de tenue à l'air).

Pratiquer régulièrement des remises en suspension des levures.

L'objectif du travail de brassage des levures est de limiter aussi les risques d'odeurs soufrées, favoriser une fin de fermentation régulière, et favoriser la libération précoce de mannoprotéines qui aideront à enrober les sensations de brûlant en fin de bouche. L'intérêt de cette pratique de brassage est net si les levures choisies sont toutes des levures hyper productrices de mannoprotéines.

Conclusion

En cave, deux types de difficultés liés aux conditions caniculaires ont été rencontrés cette année : les difficultés qui se sont appliquées à toutes les matières premières et celles qui étaient propres aux raisins ayant subi des phénomènes de concentration et des blocages de maturité. Ces difficultés ont conduit d'une part, à revoir l'organisation générale des caves (critères de sélections retenus, gestion des récoltes, établissement de priorités quant à l'emploi des disponibilités en froid) mais aussi à piloter les vinifications au cas par cas en prenant en compte l'analyse chimique et sensorielle.

Les conséquences de ces conditions particulières ne sont malheureusement pas encore toutes mesurées; il faut s'attendre en effet à une grande fragilité des vins par rapport aux altérations microbiologiques. De nombreuses conditions favorables au développement des germes d'altérations sont en effet rassemblées cette année. Il est donc primordial de ne pas relâcher son attention et de prolonger le travail de vinification par un travail d'élevage soigné qui intègre les consignes de prévention des altérations microbiologiques.

La Mesure Infrarouge

Michel CROCHON
Chargé de recherche au Cemagref
BP 5095, 34033 Montpellier cedex

La spectrométrie infra rouge est une petite partie de l'ensemble des phénomènes électromagnétiques. L'onde électromagnétique transporte une énergie. Cette énergie est partiellement transmise à la matière rencontrée.

Cette absorption d'énergie ne se fait pas de manière homogène sur l'ensemble du spectre. Les longueurs d'onde ou l'énergie est absorbée dépendent des constituants chimiques rencontrés ; de la caractéristique de leur couche électronique superficielle et de la force de liaison entre les atomes.

La connaissance des zones d'absorption renseigne donc sur la composition chimique de la matière rencontrée. Ce phénomène est à la base des mesures par infra rouge. Ces mesures peuvent se faire soit en faisant traverser la matière par le rayonnement (mesures en transmission), soit en réfléchissant le rayonnement sur le produit (mesure en réflectance).

L'infrarouge n'est pas un phénomène homogène. Selon la longueur d'onde utilisée, l'interaction avec le produit revêt des caractéristiques diverses. Dans le **moyen infrarouge**, l'absorption est nettement visible à des longueurs d'onde caractéristiques de certaines liaisons, cela permet une mesure précise et un étalonnage sur des produits « étalons ». Les détecteurs utilisent des technologies sophistiquées qui les rendent chers et les conditions d'utilisations doivent être très stables (température, vibrations, humidité, etc).

Dans le proche ou très proche infrarouge, les pics d'absorption sont beaucoup moins nets et se chevauchent, l'étalonnage ne peut se faire que par « apprentissage » sur des produits réels et la mesure nécessite des traitements (mathématiques) plus complexes. Les capteurs sont du type de ceux utilisés dans les caméscopes, ils sont peu onéreux, peu sensibles aux conditions externes, mais leur précision est plus faible.

Les capteurs infrarouges sont fortement sensibles aux conditions extérieures, notamment à la température du capteur ou du produit. Beaucoup de causes de variation sont encore mal connues et cela occasionne des dérives de la mesure qui, actuellement, sont difficile à corriger.

La précision des mesures faites dans le très proche infrarouge est plus faible que les mesures de référence, destructives le plus souvent. Cependant, le fait de pouvoir effectuer une mesure sur chaque élément de l'échantillon et non une mesure globale permet d'avoir une précision suffisante sur la moyenne.

L'infrarouge est une technologie qui arrive seulement à maturité, les appareils proposés se multiplient, tant pour des mesures au laboratoire que pour une utilisation sur les systèmes de tri. Moyennant quelques précautions, cette technique est très prometteuse.

Utilisation de l'IRTF et du proche infrarouge en réception de vendange

Jacques ROUSSEAU, ICV, Responsable Département Vignes & Vins

La Jasse de Maurin 34970 LATTES

Tél. : 04 67 07 04 90, Fax : 04 67 07 04 95, www.icv.fr

La qualité des vins est largement dépendante de la qualité du raisin, c'est-à-dire son aptitude présumée à élaborer le vin recherché, pour un marché prédéterminé. Le développement de la contractualisation entre l'amont et l'aval de la filière, la mise en place de politiques de rémunération différenciées entraînent des besoins nouveaux :

- Peut-on définir la qualité du raisin (ou du vin), de façon mesurable et objective, par des critères analytiques qui améliorent les sélections de parcelles et peuvent éventuellement servir de base à des relations contractuelles ?
- Peut-on mettre au point des méthodes permettant de mesurer en continu, à la réception en cave, la qualité des apports de raisin, pour les orienter vers le process de vinification le plus adapté, et pour déterminer la base de rémunération ?

La spectrométrie dans le proche et moyen infrarouge propose des moyens technologiques nouveaux pour évaluer le potentiel qualitatif de la vendange.

I. Les principaux indicateurs de qualité du raisin

- Taux de sucres : analyse la plus couramment utilisée pour les contrôles de maturité et le classement des apports.
- Structure acide du raisin : La mesure de l'acidité totale et du pH décrit l'acidité du raisin et est couramment utilisée pour les contrôles de maturité. La mesure des teneurs en acides tartrique et malique et en potassium, permet de mieux comprendre la structure acide du raisin et son évolution probable dans le vin.
- Les composés phénoliques : de nombreuses méthodes d'analyse ont été mises au point (par l'Institut d'œnologie de Bordeaux – Y. Glories, l'ITV, l'ICV, la Chambre d'agriculture de Gironde...). La plupart mesurent les anthocyanes (soit totales, soit facilement extractibles) et les polyphénols totaux. Les valeurs obtenues dépendent des conditions d'extraction et des durées de macération, qui peuvent différer significativement entre chaque méthode.
- Les composés aromatiques : des travaux ont cherché à caractériser le potentiel aromatique des raisins, que ce soit par l'analyse des substances volatiles (terpènes, pyrazines) ou des précurseurs aromatiques (caroténoïdes, phénols, formes glycosylées) (BAYONOVE et *al.*, 1993). Des travaux récents portent notamment sur la mesure de précurseurs comme le glycosyl-glucose (ILAND et *al.*, 1996).
- La teneur en azote assimilable du raisin permet de prédire la teneur des moûts et donc d'évaluer leur fermentescibilité et d'anticiper sur d'éventuels besoins d'apports azotés en début de fermentation (VAN LEEUWEN et *al.*, 2000).

- L'état sanitaire du raisin
 - * La mesure de l'activité laccase est la méthode la plus couramment utilisée pour caractériser l'état sanitaire de la vendange à la réception en cave. Plusieurs appareils sont opérationnels, comme le Raisytis[®], mis au point il y a près de 15 ans avec l'aide de l'ENSA Montpellier et de l'ICV (GUNATA et *al.*, 1988), outil largement utilisé, avec plus de 100 appareils actuellement en service, ou le Botrymat[®]. Il existe également des tests rapides (Botrytest[®]).
 - * Des travaux plus récents se sont intéressés au dosage de l'acide gluconique, qui est comme la laccase, un composé spécifique généré lors de l'attaque du raisin par la pourriture grise (CRACHEREAU, 2000). La laccase est produite pendant la phase d'activité maximale du champignon et a une incidence œnologique importante par son caractère très oxydatif. L'acide gluconique traduit une activité passée du champignon et n'a pas forcément une incidence œnologique marquée.

II. Les méthodes de mesure de la qualité du raisin par spectrométrie

La spectrophotométrie infrarouge a permis de développer des nouvelles méthodes d'analyse. Le principe est simple :

- Le spectromètre permet de mesurer le spectre d'une préparation dans une bande spectrale déterminée, soit dans le spectre visible (400 – 700 nm), soit dans le proche infrarouge (700 à 2500 nm) soit dans le moyen infrarouge (2500 à 10 000 nm).
- Une base de calibration est réalisée par des comparaisons des spectres avec des analyses chimiques classiques sur un grand nombre d'analyses,
- Un logiciel d'interpolation permet ensuite de convertir un spectre en valeur analytique pour un paramètre donné.

La pertinence de la mesure dépend en grande partie de la qualité de la calibration de l'appareil, c'est-à-dire de la diversité de l'échantillonnage utilisé pour les analyses de référence.

Deux grands types de technologie ont été développés à partir de ce principe.

A. La spectroscopie en Proche InfraRouge (SPIR)

Largement étudiée par les Australiens depuis 1995, elle est utilisée en phase industrielle depuis 2 à 3 ans par certaines wineries australiennes (GISHEN et *al.*, 2001, GISHEN, 2003) pour caractériser la qualité des apports en fonction de leur couleur, de leur pH et de leur teneur en sucres.

Le spectre est mesuré dans le visible et le proche infrarouge (longueurs d'onde comprises entre 400 et 2500 nm). Ces longueurs d'onde permettent d'établir des spectres sur des matériaux assez épais (par exemple à travers une bouteille sur une chaîne d'embouteillage). Il est ainsi possible de travailler sur du raisin grossièrement broyé, non filtré, voire entier. L'AWRI (Australian Wine Research Institute) estime qu'il est possible de faire des estimations de couleur sur grappes entières.

Les appareils actuellement en fonctionnement font les mesures sur des échantillons de raisin prélevés par carottage, puis placés dans un bol en verre au-dessus de la cellule optique. Des essais d'automatisation sont actuellement à l'étude, soit en assurant l'acheminement continu des échantillons par des tapis, soit en assurant la lecture directement dans le raisin, à l'aide d'une fibre optique, dans la benne ou au cours d'un transfert.

La qualité de la mesure est peu sensible à de faibles variations d'intensité de la source lumineuse ou à de faibles variations de l'épaisseur du substrat mesuré.

Le nombre de paramètres couramment mesurés est limité au degré potentiel (sucres), au pH et à la couleur. Des travaux sont en cours pour évaluer le taux d'humidité, les dégâts d'oïdium et ceux de botrytis, la teneur en glycosyl-glucose.

La mesure de la couleur utilise essentiellement le spectre visible : les mesures dans le proche infrarouge sont inutiles pour ce paramètre, mais indispensables pour les autres.

Compte tenu de l'étroitesse de la bande spectrale analysée, les perspectives de développement de méthodes de mesures d'autres composés du raisin sont assez faibles.

Les fournisseurs livrent l'appareil sans base de calibration, qui doit être mise en place par l'utilisateur avant usage routinier. Sur 909 couples d'analyses portant sur 10 cépages rouges provenant de 10 régions viticoles australiennes, la corrélation entre la prédiction de la couleur du raisin par SPIR et la mesure par la méthode de référence est $R^2 = 0,90$. Une bien meilleure corrélation est obtenue quand la comparaison porte sur un seul cépage, dans une seule région viticole ($R^2 = 0,94$) (GISHEN et al., 2001).

L'effet matrice reste important et concerne 3 niveaux :

- *Effet cépage* : la calibration établie pour un cépage (Cabernet sauvignon) n'est pas valable pour un autre (Merlot ou Syrah par exemple) ;
- *Effet millésime* : il est nécessaire d'ajuster chaque année la calibration de la couleur (effet millésime important) afin d'ajuster la précision de la mesure et de fixer les seuils de sélection. En 2003, année de sécheresse à raisins concentrés, des déviations ont été constatées en début de suivi de maturité, la composition des raisins étant très différente de ceux ayant servi à la calibration des appareils au cours des 5 années précédentes
- *Effet régional* : pour un même cépage, on peut obtenir des réponses différentes entre des vignobles en région chaude et ceux en régions tempérées d'altitude. Il est nécessaire de constituer une base de calibration par région viticole.

B. La spectrométrie infrarouge à Transformée de Fourier (IRTF).

Mise au point en 2000 en France (DUBERNET et al., 2000), cette méthode repose sur une analyse du moût sur un spectre plus large et plus centré sur le moyen infrarouge (2000 à 10000 nm). Ces longueurs d'onde permettent d'élaborer un spectre plus large, et donc de caractériser un plus grand nombre de constituants, grâce à un traitement des données par des réseaux de neurones. La calibration initiale de l'appareil reste indispensable, avec un nombre de couples d'analyses comparable à celui exigé par le SPIR.

Le choix de la gamme moyen infrarouge impose certaines contraintes technologiques. La mesure ne pouvant être réalisée qu'à travers une fine lamelle de liquide, la filtration fine des échantillons est indispensable avant passage au spectrophotomètre. Il s'agit d'un appareil de mesure de laboratoire exigeant des conditions de mise en œuvre (température contrôlée, absence de poussières et de vibration, prise en charge par un personnel compétent et formé aux techniques d'analyse) comparables à celles exigées dans un laboratoire d'analyse (BOUVIER, 2001). La précision de l'analyse dépend de la régularité de la source lumineuse et de l'épaisseur du substrat mesuré : des déformations de la cellule dues à des bourrages peuvent fausser la calibration.

Le principal fournisseur de ce type d'appareils en France propose de mesurer un nombre important de paramètres et fournit une calibration préalable de l'appareil. Cette calibration est standard et peut ne pas prendre en compte les spécificités de certains cépages régionaux ou de certains terroirs.

III. Mise en œuvre en site de production

A. Étude des performances du SPIR

Un Corona 45 VIS-NIR a été testé pendant les vendanges 2003 en site industriel. L'objectif était d'évaluer les possibilités d'utiliser ce matériel pour évaluer le potentiel couleur des raisins. Pour cela, il a été utilisé dans le seul spectre visible. La conversion des spectres en code couleur international Lab était assuré par des logiciels fournis par le fabricant (CORA et ASPECT PLUS).

1. Mise en évidence de l'impact de la turbidité des moûts.

La présence de bourbes interfère sensiblement sur la lecture. En présence de bourbes, la décantation de l'échantillon entraîne une dérive sensible de la lecture, après à peine 10 minutes de décantation. De même, des échantillons de moûts prélevés immédiatement à la sortie de la sonde donnent lieu à de grosses variations de lecture dans les minutes qui suivent, du fait de la présence de bulles d'air en émulsion.

Le taux de bourbes variant avec le degré de maturité du raisin, la filtration des moûts est indispensable pour assurer une évaluation de la couleur dans des conditions répétables et comparables.

Après filtration grossière sur un chinois (tamis 0,2 mm), la répétabilité des analyses est meilleure. La dérive de la mesure après quelques minutes est moins sensible et la reproductibilité des analyses après homogénéisation est satisfaisante.

La filtration sur papier n'apporte pas d'amélioration significative.

Pour un même échantillon, les coordonnées Lab de la couleur varient énormément en fonction du degré de filtration (jus brut, jus filtré grossièrement, jus filtré sur papier).

Bien que le SPIR puisse effectuer une lecture sur un broyat de raisin non filtré, il est donc indispensable de procéder à une filtration pour éliminer les bourbes grossières. Une filtration sur tamis grossier paraît suffisante pour standardiser les échantillons.

2. Effet du volume de l'échantillon.

De faibles variations de volume de l'échantillon mesuré (de + ou - 10 %) ont peu d'incidence sur les coordonnées de la couleur. Les mesures doivent cependant toujours porter sur une épaisseur d'échantillons comparable (100 ml, mesurés au bécher).

3. Répétabilité et reproductibilité de la mesure sur jus homogène.

49 échantillons ont été mesurés 5 fois chacun. Les coordonnées X, Y et Z ou Lab des couleurs de chacun ont une faible variabilité (1,2 % pour X, 1,1 % pour Y et 2,7 % pour Z), ce qui prouve la bonne répétabilité des mesures.

B. Cas de l'IRTF

L'ICV a mis en place en 2001 une campagne d'observation dans une cave coopérative venant de s'équiper avec un IRTF (ROUSSEAU et al., 2002). Il s'agissait de vérifier la répétabilité des mesures, étudier leur cohérence à partir d'une étude statistique portant sur 3051 mesures réalisées pendant les vendanges 2001, contrôler la fiabilité des mesures de couleur et d'état sanitaire, étudier l'incidence de la durée et de l'état de conservation du raisin sur les mesures de couleur.

Ce travail a permis de vérifier la répétabilité des mesures, bonne à excellente à l'exception de l'acide tartrique et de l'acidité volatile.

La comparaison des données IRTF avec des mesures de référence montre que :

- degré potentiel, pH et acidité totale ont une bonne précision, mais présentent un biais qu'il faut corriger (surestimation ou sous estimation systématique) ;
- les indices de couleur sur IRTF sont assez bien corrélés avec l'indice anthocyanes ICV, et la DO280 mesurée par IRTF avec l'indice polyphénols ICV.

En ce qui concerne l'évaluation de l'état sanitaire :

- pourriture grise : il y a peu de discrimination entre lots dont le taux de pourriture est inférieur à 20 % selon la méthode d'estimation visuelle du CIVC.
- pourriture acide : aucune valeur inférieure à 9 (sur une échelle de 0 à 30). Meilleure discrimination des lots entre 0 et 50 % de pourriture acide par notation visuelle.

L'IRTF n'est pas corrélé avec les méthodes de notation visuelles et permet un classement grossier des apports (en éliminant les raisins fortement touchés) mais ne permet pas une discrimination fine (séparer les lots touchés à moins de 5 % de ceux touchés de plus de 10 % par exemple).

L'analyse statistique des données montre des biais systématiques de certains paramètres en fonction du cépage : le Marselan est ainsi systématiquement noté avec plus de pourriture grise, d'acidité volatile et moins d'anthocyanes et de polyphénols totaux que les autres cépages, alors qu'aucune différence notable d'état sanitaire n'était perceptible, et que le Marselan fait partie des cépages à fort potentiel polyphénolique. De même, de nombreuses mesures aberrantes ont été constatées sur les Muscats en vendange tardive, à forte teneur en sucres.

Depuis 2001, le menu analytique a été modifié et la base de données enrichie. Mais la plupart de ces observations restent valables.

C. Limites de l'IRTF ou du SPIR

1. Influence des conditions de transport et de stockage du raisin avant mesure

L'état du raisin au moment de la prise d'échantillon peut avoir des incidences significatives sur les valeurs mesurées.

Une comparaison des mesures a été réalisée entre des lots de raisins identiques, certains conservés intacts, d'autres avec une légère macération pour simuler des conditions de transport que l'on peut observer sur certaines vendanges mécaniques.

Sur IRTF, la macération pendant deux heures entraîne une augmentation du potentiel couleur, comparable à celle observée entre le début et la fin de la maturation ou entre les lots de Grenache les plus riches et les moins riches en polyphénols. Sur raisin intact, la conservation pendant 2 heures entraîne une légère augmentation de la couleur. Dans les deux cas, l'acidité volatile diminue.

Sur SPIR, des différences significatives de couleur ont pu être observées avec la macération. La mesure de la couleur semble également dépendre de la température des raisins (entre 20 et 30 °C).

2. Importance de la préparation des échantillons

Il est important de bien utiliser les protocoles de préparation du raisin utilisés pour la base de calibration.

Ainsi, si la base de calibration des anthocyanes a été réalisée sur des moûts obtenus par centrifugation, les raisins à analyser doivent être préparés de la même façon. La do520 d'un jus obtenu par centrifugation de raisins représente 7 à 11 % de la do520 mesurée sur les mêmes raisins broyés au mixeur. Les teneurs en anthocyanes mesurées selon la méthode de la Chambre d'Agriculture de Gironde (après un léger broyage et une centrifugation) est généralement inférieure à 500 mg/l, alors qu'avec la méthode Glories (broyage complet puis macération pendant 4 heures en milieu acide), on

mesure jusqu'à 2500 mg/l d'anthocyanes. Si la calibration de l'appareil est faite avec la première méthode, faute de références exactes dans la base de données, les mesures faites sur SPIR ou IRTF à partir de raisins broyés au mixer présentent un fort risque d'erreur.

3. Rendement analytique

Sur IRTF, les échantillons doivent être obligatoirement filtrés de façon très fine. Cette étape limite les possibilités d'automatisation, et ralentit la cadence horaire (de l'ordre de 20 à 25 échantillons par heure).

Sur SPIR, la filtration est un peu plus rapide. Mais tant que cette opération est réalisée manuellement, la cadence horaire est à peine supérieure à celle de l'IRTF.

4. Prise en charge de l'appareil

L'encombrement des appareils est minimal, et il est très facile de les installer dans des postes avancés de contrôle de la qualité des apports.

Le SPIR est très simple d'utilisation : il suffit de poser un récipient sur une cellule. L'appareil est assez robuste et peut éventuellement être utilisé sur le terrain. La climatisation n'est pas nécessaire. Les principales difficultés de prise en main proviennent des logiciels de traitement des données.

L'utilisation de l'IRTF est aussi simple sur le principe. L'appareil est en revanche très sensible à l'encrassement et le respect des consignes d'entretien et d'utilisation est indispensable pour éviter une dérive des mesures, voire une dégradation de la cellule du spectrophotomètre. L'appareil est plus fragile et doit être utilisé dans des locaux conditionnés, à l'abri de la poussière et des vibrations.

Il faut régulièrement vérifier et corriger les biais de mesures, qui sont spécifiques à chaque appareil.

5. Effet matrice

L'effet matrice est particulièrement important avec les méthodes de mesure en proche et moyen infrarouge. Il est indispensable de constituer une base de données pour chaque paramètre mesuré sur un grand nombre d'analyses et pendant plusieurs millésimes. En cas de millésime atypique, comme 2003 en région méditerranéenne, les données utilisées pour la calibration les années antérieures peuvent être inadaptées et réciproquement, les données accumulées en 2003 peuvent entraîner des erreurs d'évaluation en 2004.

Sur IRTF, même après 5 années de calibration, soit 10 campagnes de mesures dans l'hémisphère Nord et l'hémisphère Sud, il est encore possible de trouver en 2003 un effet matrice sur un cépage peu courant comme le picpoul. Il est possible de trouver des valeurs différentes pour des raisins appartenant à une même variété avec des teneurs comparables en anthocyanes en fonction de la localisation géographique.

Sur SPIR, les Australiens constatent également des différences de mesure de couleur pour un même cépage en fonction de la région de production, à composition égale.

6. Degré de discrimination des lots

Dans de bonnes conditions d'emploi, l'IRTF ou le SPIR peuvent séparer un type d'apport en 2 à 3 lots, en choisissant 1 à 2 bornes suffisamment distinctes pour créer des classes avec des caractéristiques bien différentes. Compte tenu des limites de précision de l'analyse, le risque d'erreur augmente significativement avec un nombre de bornes plus élevé. Les bornes retenues doivent être ajustées chaque année, en fonction des caractéristiques du millésime.

D. Possibilités offertes par l'IRTF ou le SPIR

Les caves actuellement équipées font différents usages du SPIR ou de l'IRTF.

1. Amélioration des contrôles de maturité

Le SPIR ou l'IRTF permettent de mesurer rapidement les anthocyanes, les sucres et le pH des raisins et donc de suivre différents aspects de la maturité du raisin. L'IRTF, en mesurant l'acide tartrique ou l'acide malique, apporte plus d'informations que le SPIR.

2. Sélection parcellaire avant vendange

L'analyse de couleur et du potentiel phénolique peut constituer un critère de sélection efficace pour les raisins d'entrée ou de cœur de gamme, susceptibles de présenter des déficits significatifs.

Pour des sélections haut de gamme, les profils analytiques permettent de confirmer les critères de sélection classiquement utilisés au vignoble, mais ne les remplace pas. En Australie, le SPIR est développé dans les vignobles de masse, en régions chaudes, mais n'est pas utilisé dans les régions tempérées plus qualitatives où les différences analytiques sont moins marquées.

Il est possible d'appliquer une grille de sélection pour classer les raisins en 2 ou 3 qualités au sein d'un même site de production. Il est beaucoup plus hasardeux d'appliquer une grille de sélection universelle sur des sites de production très éloignés géographiquement.

3. Contrôle de la qualité des apports

La mise en place de l'IRTF permet de mieux suivre la composition analytique des cuves au fur et à mesure de leur remplissage et peut constituer un outil d'aide à la décision intéressant pour la gestion des vinifications : mesure en continu de la teneur en azote assimilable ou du pH pour mieux ajuster d'éventuelles corrections des moûts.

4. Sélection des apports à la réception

Très peu de caves utilisent le SPIR ou l'IRTF pour réellement orienter les apports à la réception en fonction des caractéristiques analytiques de la matière première.

En France, la plupart des caves n'ont pas les moyens de créer des voies de sélection supplémentaire : déjà engagées dans des programmes de sélection (Agriculture raisonnée, contrats particuliers avec certains acheteurs, sélections au terroir..), elles n'ont pas la possibilité de doubler ces sélections existantes. L'IRTF est généralement utilisé sur les niveaux qualitatifs génériques.

En Australie, la sélection est faite en amont : les parcelles sont convoquées tel jour en fonction des contrôles analytiques réalisés en cours de maturité. L'analyse à réception ne sert qu'à confirmer la sélection : en cas de non-conformité, les caves n'ont pas le temps ni les moyens d'orienter la vendange sur une autre voie.

IV. Conclusion

A. Pas de méthode miracle

Les performances actuelles de l'IRTF sont finalement assez proches de celles du SPIR. La calibration initiale permet un certain gain de temps dans la mise en route de l'appareil, mais il est indispensable de la compléter (c'est-à-dire de réaliser un certain nombre de couples d'analyses avant de déployer l'appareil sur un secteur nouveau ou un cépage peu courant).

Tableau 1 : Comparaison des technologiques SPIR et IRTF

	SPIR	IRTF
Longueurs d'onde	Proche infrarouge seul (450 à 2500 nm)	Proche et Moyen Infrarouge (2000 à 10000 nm)
Préparation échantillon	Élimination des bourbes nécessaire	Filtration poussée obligatoire
Nombre de paramètres mesurables	Limité	Potentiellement élevé
Calibration de l'appareil	Indispensable (pas de base de calibration)	Nécessaire (calibration initiale souvent insuffisante)
Accès aux spectres de base	Oui	Non
Entretien de l'appareil	Simple	Respect des procédures d'entretien et de nettoyage
Prix	Modéré (20 à 40 k€)	Élevé (60 à 100 k€)
Productivité de l'analyse	Limitée en absence d'automatisation	Limitée par la filtration
Possibilité d'automatisation	Oui (plusieurs voies techniques)	Non (préparation et filtration des échantillons)
Robustesse	Élevée (faible sensibilité à l'encrassement, fibre optique, climatisation non nécessaire)	Faible (Forte sensibilité à l'encrassement, spectromètre)

B. Importance du management de la qualité

Plus généralement, la mise en oeuvre d'un appareil d'évaluation objective de la qualité de la vendange à la réception d'une cave ne peut véritablement jouer son rôle (orienter le process de vinification et déterminer la rémunération du raisin en fonction du potentiel qualitatif du raisin) que s'il est intégré dans un système global de management de la qualité comprenant :

- *Les contrôles amont au vignoble*
 - pour orienter les modes de production en fonction des objectifs de produits
 - pour préparer une première segmentation des parcelles,
 - pour planifier avant vendange le calendrier des apports en fonction des volumes prévisibles de chaque type de raisin

- *La mise en place de procédure de contrôles de maturité à la parcelle en cours de vendange* pour suivre l'évolution des maturations et convoquer les apports : l'IRTF ou le SPIR permettent d'établir des profils analytiques complets très rapidement. Encore faut-il prévoir la main-d'œuvre nécessaire au prélèvement d'échantillons et au traitement des données !

- *La mise en place d'un calendrier d'apport rigoureux* de façon à régulariser les apports tout au long de la période de réception.
 - Il est non seulement nécessaire de raisonner en rythme quotidien d'apport, mais également en rythme horaire d'apport, de façon à éviter tout engorgement aux postes de réception entraînant

des délais d'attente préjudiciables pour la qualité des vins et susceptibles de fausser la mesure des caractéristiques du raisin par l'appareil (notamment le potentiel couleur).

- Il est économiquement peu justifié d'envisager de doubler le nombre d'appareils au niveau d'un poste de réception pour faire face à un afflux de raisin sur une période de 2 à 4 heures par jour, 10 à 15 jours par an dans une cave de 60 000 hl.
- *Une adéquation avec l'outil de vinification* : les nombreuses possibilités nouvelles de segmentation des apports ne peuvent être véritablement valorisées que si l'outil de vinification permet la mise en oeuvre des process œnologiques adaptés à chaque produit, à commencer par le remplissage des cuves.

Bibliographie

- BAYONOVE C., GÛNATA Y.Z., DUGELAY I., BAUMES R., RAZUNGLES A., SAPIS J.C., 1993. Le potentiel aromatique du raisin et son évolution dans le vin : quelques exemples caractéristiques. Actes du Symposium « Connaissance aromatique des cépages et qualité des vins » - Montpellier- Revue Française d'œnologie Ed.
- BOUVIER J-C., 2001. Réflexion sur l'analyse œnologique par spectrométrie infrarouge. Revue Française d'œnologie n°191, p. 16-17
- CRACHEREAU J.C., 2000. Comparaison de différentes méthodes d'estimation de l'état sanitaire de la vendange. Matévi. Chambre d'agriculture de Gironde.
- DUBERNET M., DUBERNET M., DUBERNET V., COULOMB S., LERCH M., TRAINÉAU I., 2000. Analyse objective de la qualité des vendanges par spectrométrie infrarouge à transformée de Fourier (IRTF) et réseaux de neurones. Revue Française d'œnologie n°185, p. 18-21
- GISHEN M., ILAND P.G., DAMBERGS R.G., ESLER M.B., FRANCIS I.L., KAMBOURIS A., JOHNSTONE R.S., HOJ P.B., 2001. Objective measures of grape and wine quality. Proceedings. 11th Australian Wine Industry Technical Conference, Adelaide, Octobre 2001 p. 188-194
- GISHEN M., 2003. Advances in infrared (IR) spectroscopy at AWRI: novel applications for grape and wine analysis. AWRI Technical Review, n°145
- GUNATA, OLIVIERI C., PINEAU J., PLANQUE J., 1988. Détection de la pourriture grise dans les vendanges. Application à la vinification et incidences technologiques. Revue Française d'œnologie, 114, p. 7-10.
- ILAND P., GAWEL R., MCCARTHY M.G., BOTTING D.G., GIDDINGS J., COOMBE B.G., WILLIAMS P.J., 1996. The glycosyl-glucose assay – its application to assessing grape composition. Proceedings of 9th AWITC- Adelaide.
- ROUSSEAU J., SAMIRANT M., GRANES D., 2002. Evaluation du fonctionnement d'un Interféromètre à Transformée de Fourier (IRTF) pendant les vendanges 2001. Revue Française d'œnologie, n° 195, p. 12-19
- ROUSSEAU J., 2003. Les méthodes objectives d'évaluation des apports. Actes des 7èmes Rencontres Rhodaniennes, Orange.
- VAN LEEUWEN C, FRIANT P, SOYER JP, MOLOT C, CHONE X, DUBOURDIEU D (2000) L'intérêt du dosage de l'azote total et l'azote assimilable dans le moût comme indicateur de la nutrition azotée de la vigne. *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin*, 34(2), 75-82.

Qualité sanitaire de la vendange

Jean-Christophe CRACHEREAU, Chambre d'Agriculture de la Gironde
39, rue Michel Montaigne, 33290 Blanquefort

Le contexte de l'étude

Depuis 1999, La Chambre d'Agriculture de la Gironde étudie les différentes méthodes d'estimation de l'état sanitaire de la vendange. Ce travail s'intégrait dans le groupe "Botrytis" qui comprend de nombreuses caves coopératives d'Aquitaine à qui nous présentons les résultats et recueillons les attentes.

En 2000, une nouvelle génération d'appareils arrive sur le marché : les analyseurs de spectres infrarouges à transformée de Fourier (IRTF), d'abord représentés par le GRAPESCAN de la société FOSS. Le sujet d'étude est retenu pour faire l'objet d'un contrat de plan État-Région (financement ONIVins et Conseil Régional). Les conditions climatiques particulières de ce millésime n'ont pas permis de valider correctement les différentes méthodes par manque de pourriture, mais ont permis d'améliorer le protocole d'étude pour les millésimes suivants.

En 2001, le sujet obtient un financement complémentaire du CIVB. Un appareil concurrent du Grapescan arrive sur le marché : le BACCHUS (module Infra-Rouge) et le MULTISPEC (module Ultra-Violet et Visible) de la société CETIM (nous appellerons l'ensemble de ces deux appareils Multispec dans la poursuite de ce rapport). Le sujet d'étude s'élargit à l'appréciation de la qualité de la vendange et non plus au seul état sanitaire en raison des nombreux paramètres analytiques délivrés par les appareils.

En 2002, l'étude se poursuit. Les sociétés FOSS et CETIM annoncent des modifications de leur matériel visant à améliorer leurs performances. Un nouvel appareil entre sur le marché, le VINYTIS associé au RAISYTIS de la société SERES.

Les difficultés de la mise en place du protocole

La mesure de la qualité sanitaire de la vendange se heurte à une première difficulté : l'absence de méthode de référence !

En effet, l'idéal serait de bénéficier d'un paramètre analytique simple pour déterminer le niveau d'altération de la pourriture. Trois paramètres ont été choisis pour servir de marqueurs :

- ↖ La mesure de l'activité laccase
- ↖ Le dosage de l'acide gluconique
- ↖ La mesure visuelle de l'intensité d'attaque (en pourcentage de grains pourris).

Ces différents paramètres présentent chacun certaines limites :

- **L'activité laccase** est surtout représentative de la pourriture jeune et active, sa teneur diminue ensuite dans le raisin.
- **L'acide gluconique** est un élément d'accumulation qui représente surtout le pourri ancien. Il est parfois peu abondant dans la pourriture jeune.

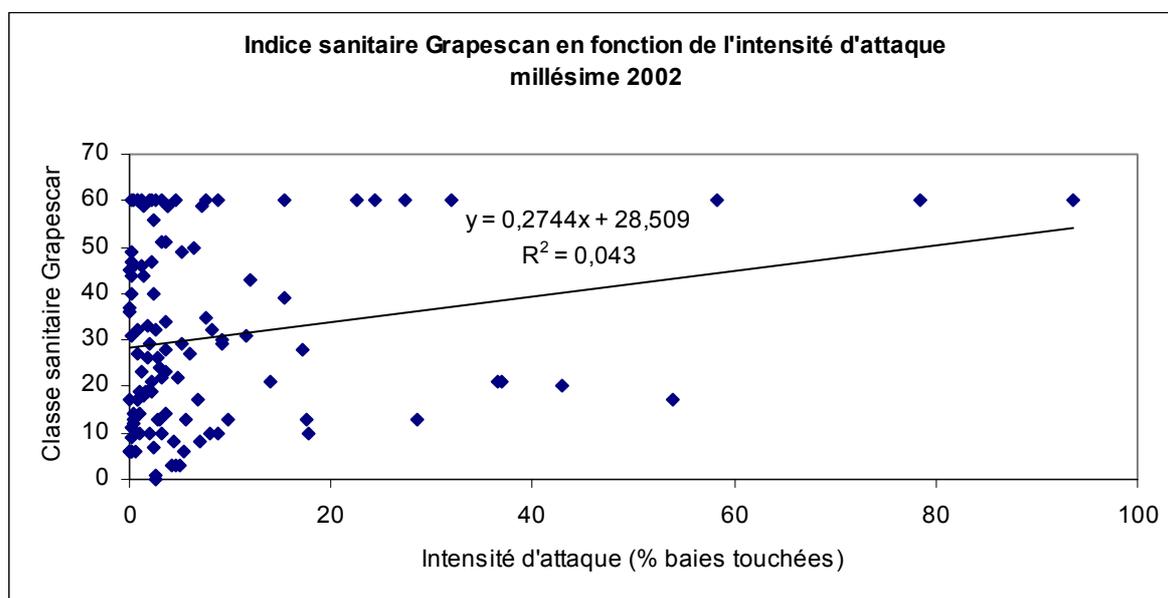
- **La mesure de l'intensité d'attaque** est une appréciation visuelle (donc subjective) qui pose le problème de la pourriture non visible en tout début de contamination (développement sous la pellicule). De plus, l'observation minutieuse de la grappe est nécessaire (observation de toutes les faces).

Cette dernière méthode, bien qu'imparfaite sera considérée comme une méthode de référence pour l'intensité de l'attaque sanitaire. En effet, elle représente bien le niveau d'attaque tel qu'il est perceptible par le viticulteur et elle est insensible à l'âge de la pourriture (sauf sous pelliculaire). Afin d'améliorer la qualité de la mesure et sa représentativité, nous avons utilisé une charte photographique pour déterminer le pourcentage de baies pourries de chaque grappe. L'échantillon mesuré est constitué de 100 grappes récoltées manuellement, observées individuellement pour l'évaluation sanitaire et utilisées pour l'obtention des jus après éraflage et broyage (centrifugeuse ROBOCOUP). Ainsi les jus analysés par les différents appareils sont bien issus exclusivement des raisins sur lesquels ont eu lieu les mesures d'intensité d'attaque.

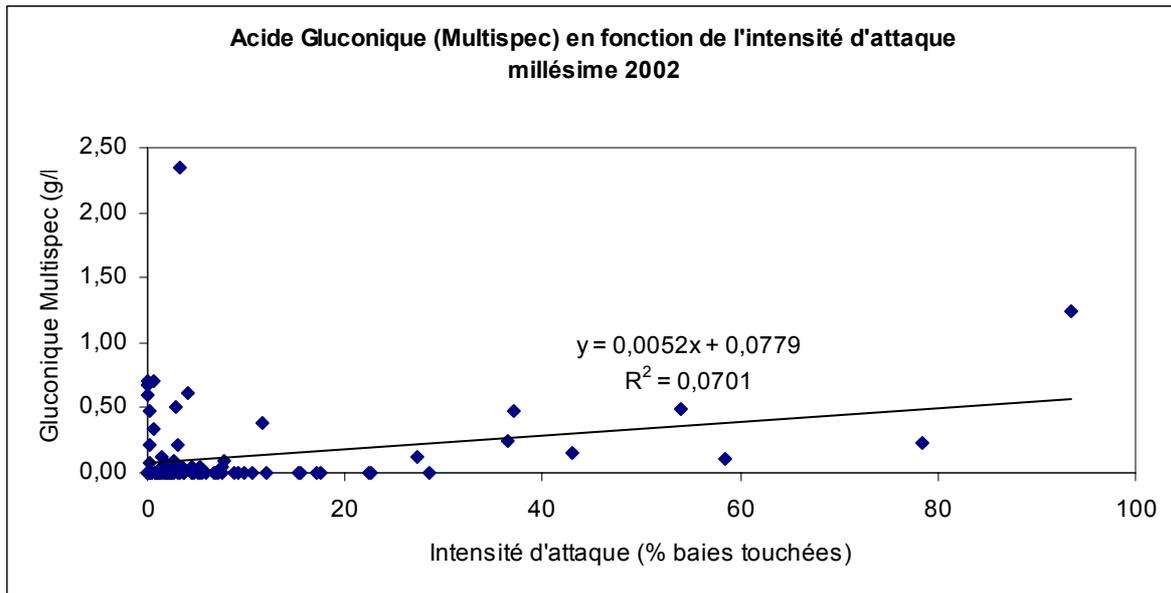
Les résultats de l'étude

L'étude des appareils IRTF montre une très mauvaise appréciation de l'intensité d'attaque en conditions bordelaises sur les différents millésimes étudiés jusqu'à présent.

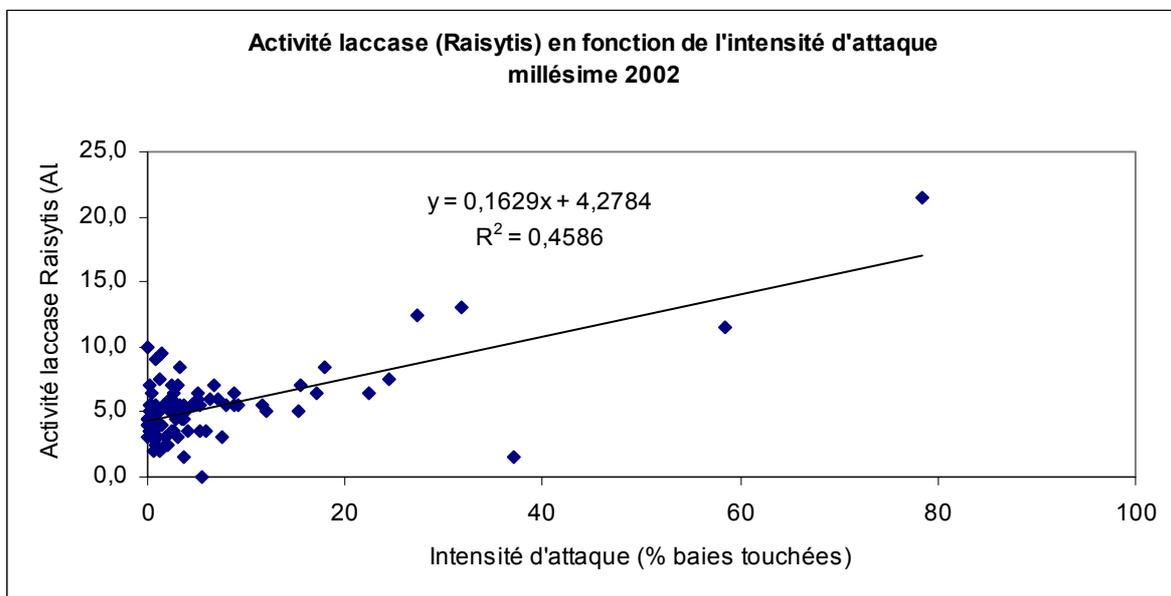
Le GRAPESCAN de FOSS utilise un calcul complexe (réseau de neurones) basé sur l'estimation de plusieurs métabolites de Botrytis et des germes associés à la pourriture. Les résultats sont très disparates et sans lien avec l'état sanitaire.



Le MULTISPEC de CETIM estime l'état sanitaire uniquement par rapport au dosage de l'acide gluconique. Les résultats ne permettent pas non plus de déterminer l'état sanitaire de manière convenable.

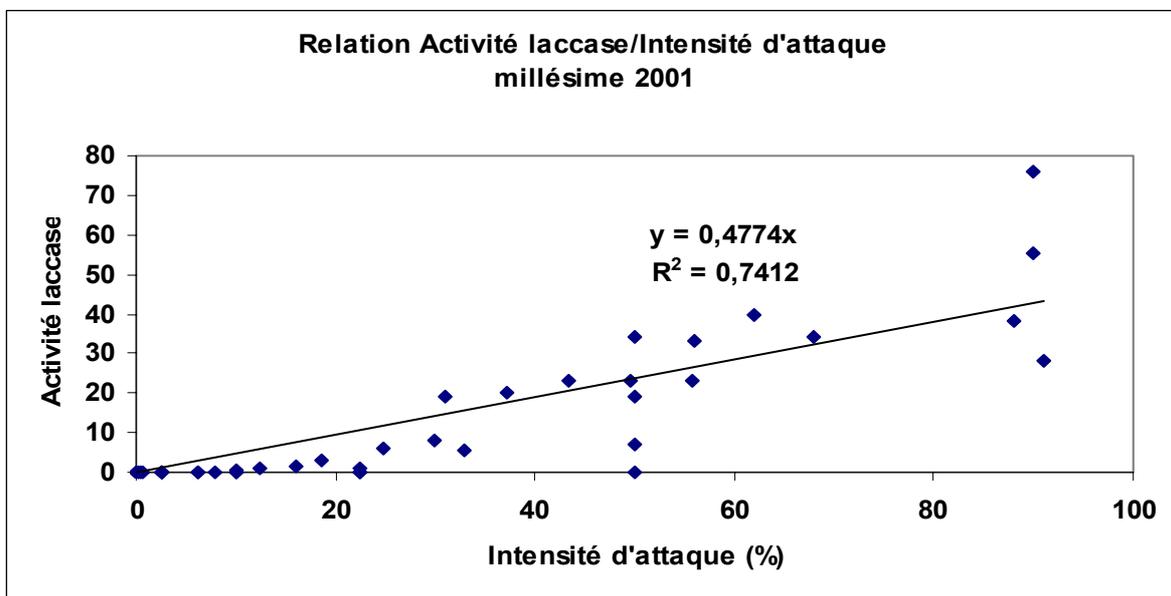
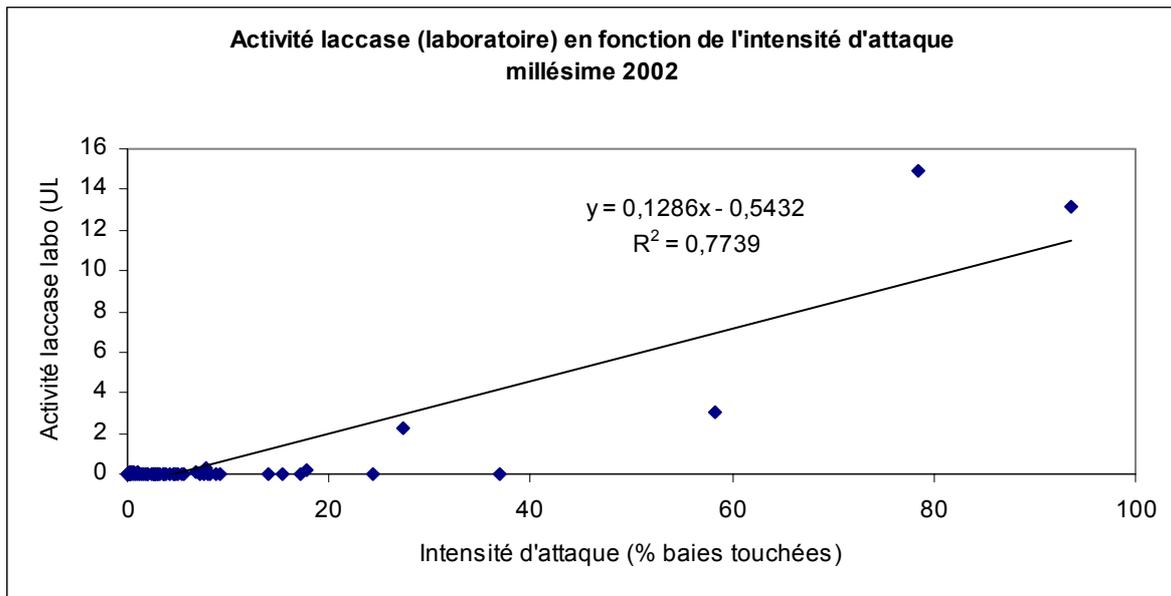


Le VINYTIS de SERES ne cherche pas à déterminer l'état sanitaire par IRTF préférentiellement car il est prévu pour être couplé au RAISYTIS qui équipe déjà de nombreuses caves et qui dose l'activité laccase par une méthode directe (vitesse de consommation d'oxygène). Les résultats sont nettement perfectibles mais ils montrent une bonne cohérence pour la plupart des échantillons.

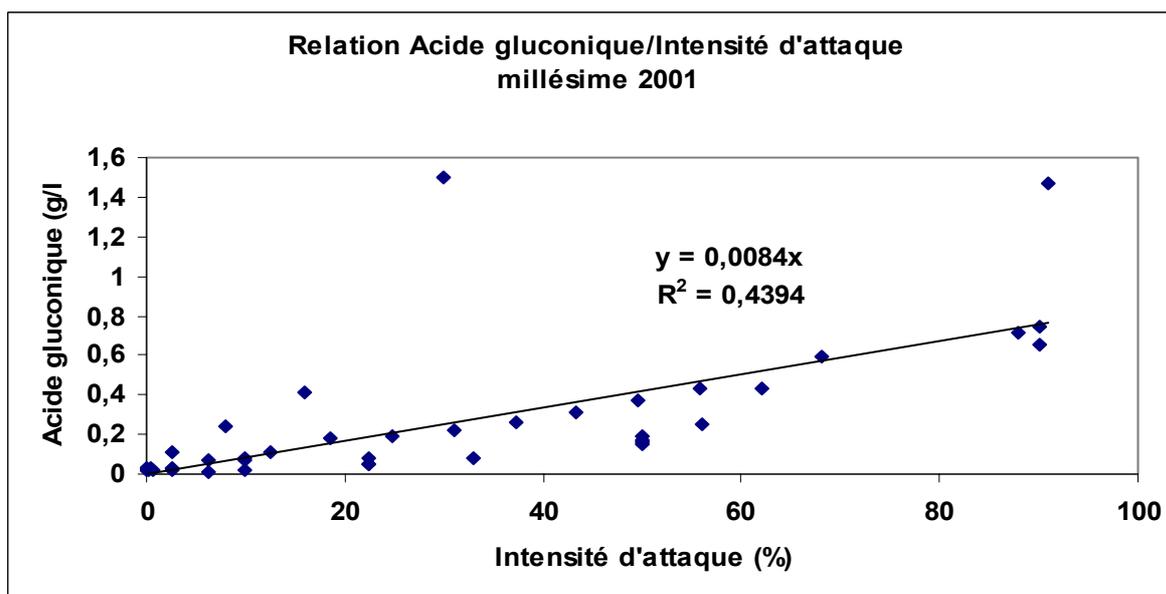
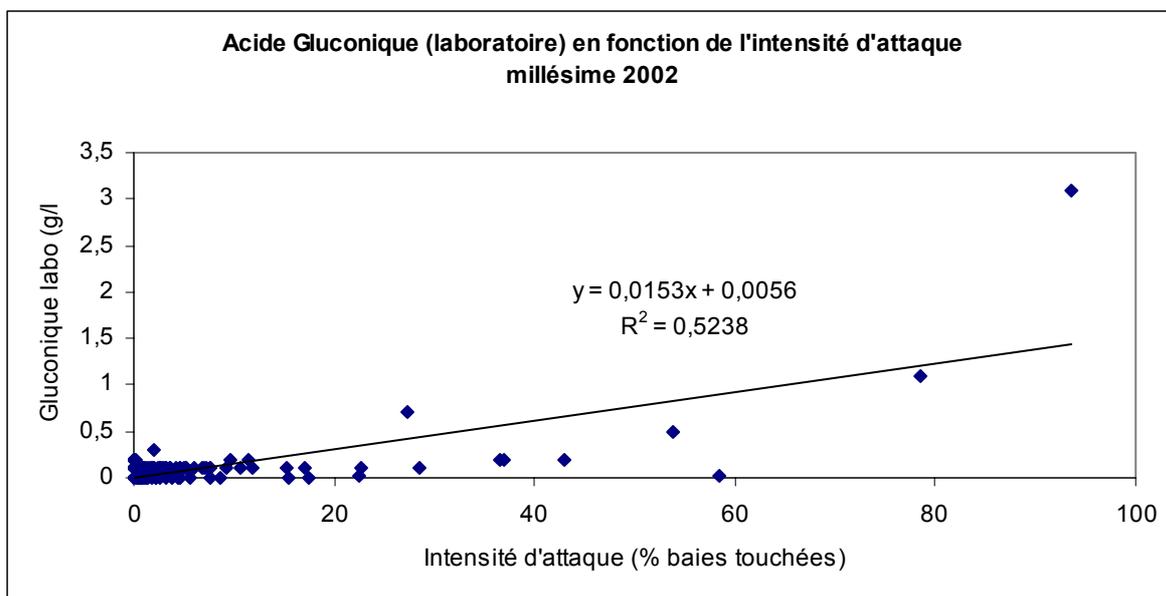


Les paramètres de référence font apparaître une différence importante des niveaux de laccase par rapport à l'intensité d'attaque :

- ↵ Sur le millésime 2001 : les mesures de laccase au laboratoire ne permettent de discriminer les raisins pourris qu'à partir de 20 % de baies atteintes. Les valeurs maximales observées dépassent 40 unités laccase.
- ↵ Sur le millésime 2002 : les mesures commencent à être discriminantes à partir de 30% et plafonnent à 15 ou 16 unités pour des intensités proches de 100%



L'acide gluconique dosé par le laboratoire apparaît nettement moins discriminant que le dosage d'activité laccase et montre des teneurs maximales très différentes également en fonction des millésimes pour une même intensité d'attaque.



Pour simplifier, nous pouvons donc dire que 2001 est un millésime où la pourriture apporte beaucoup de laccase et peu d'acide gluconique et que 2002 est à l'inverse, plus pauvre en laccase et plus riche en acide gluconique.

Les évolutions possibles de ces méthodes

Les résultats de 1999 ont montré l'efficacité des appareils automatisés de dosage de la laccase : le Botrymat de la société BIOSERAÉ et le Raisytis de la société SERES. Ces deux appareils étaient alors les meilleures méthodes existantes pour réaliser un tri et même permettre une rémunération différenciée, malgré leurs limites d'utilisation (mauvaises estimations du pourri sec et perturbation de la mesure par certains facteurs extérieurs).

Elles sont toujours supérieures aux méthodes utilisant uniquement l'IRTF.

La mauvaise appréciation de l'état sanitaire par méthode IRTF sur les raisins de Bordeaux semble liée à l'extrême variabilité de la composition des raisins pourris. En effet, comme nous l'avons vu au niveau des activités laccase et de l'acide gluconique, nous avons des différences très nettes de composition en fonction des millésimes. Cette variabilité est d'ailleurs fréquemment observée au vignoble avec les différents aspects de la pourriture (pourri jeune, pourri sec, pourri noble...).

Il semble donc illusoire dans ces conditions de vouloir mesurer l'intensité de la pourriture par un élément simple ou même par un ensemble d'élément avec une seule formule de corrélation.

On peut penser que l'amélioration de ces techniques pourrait se faire en changeant de principe d'estimation. L'appareil devrait tout d'abord déterminer le type de pourri présent sur la vendange (jeune, sec...) avant de quantifier l'intensité de cette pourriture.

Très concrètement, cela amènerait à déterminer au préalable le nombre de types de raisins pourris présentant chacun une répartition de métabolites de Botrytis spécifique. Ce travail pourrait tout à fait s'effectuer à partir des spectres infrarouges à l'aide d'outils statistiques adaptés. Une fois le type de pourri clairement identifié, on pourrait chercher à le quantifier à l'aide d'une base de données spécifique à ce type de pourriture.

Ce fonctionnement semble techniquement envisageable à partir de spectres IRTF mais il demanderait un gros travail de collecte d'échantillons et de traitement des données avant d'établir le nombre de qualités de pourriture nécessaire, le moyen de les caractériser et enfin les bases de données spécifiques à chaque type de pourriture.

Cette solution semble très intéressante sur le plan scientifique et permettrait une meilleure connaissance des différents effets de la pourriture sur le raisin. L'intérêt sera surtout aussi très important au niveau pratique avec une meilleure quantification de l'intensité de la pourriture et une connaissance du type de pourri présent, donc des moyens correctifs à mettre en place au chai.

L'échantillonnage adapté pour l'analyse IRTF

François DAVAUX, Flora DIAS, Jean-Luc FAVAREL
ITV France, Unité de Gaillac, V'innopôle Brames-Aïgues, BP 22, 81310 Peyrole
francois.davaux@ityfrance.com

I - Introduction

L'échantillonnage adapté pour l'analyse IRTF (Infrarouge à Transformée de Fourier) entre dans le cadre du projet Européen QUANALVI. Cette étude a été mise en place à l'initiative de la Société CETIM, concepteur du système d'analyse « Multispec » (spectromètre UV/Visible – IRTF). L'expérimentation est mise en œuvre conjointement dans 4 caves coopératives : France, Espagne, Italie et Hongrie.

Les techniques de mesure actuellement utilisées dans le secteur viticole ne permettent pas d'obtenir une caractérisation assez fine de la vendange. Seuls quelques critères (pH, acidité totale et T.A.P.) sont mesurés en contrôle de routine. Des critères déterminants pour la qualité des vins, comme les composants relatifs à la couleur, sont de plus en plus demandés par les œnologues. Or, actuellement, il n'existe aucun système ou dispositif permettant de donner une estimation du potentiel colorimétrique ou anthocyanique en routine, aux quais de réception des caves.

Cette connaissance partielle de la qualité des vins et des moûts ne permet pas d'optimiser les choix technologiques pour l'élaboration des vins. Au niveau commercial, le paiement des apports par les caves coopératives et par les négociants reste basé sur des critères qui ne prennent pas en compte le réel état qualitatif et sanitaire des vendanges.

Le besoin des caves coopératives est de caractériser rapidement les lots de vendange réceptionnés. La chaîne analytique doit permettre une description complète du niveau qualitatif et sanitaire de la vendange, tout en étant directement exploitable par l'opérateur. Ces mesures permettent de mieux orienter les lots de raisins et de mettre en place un paiement basé sur l'évaluation objective de la qualité de la vendange.

L'amélioration des techniques de spectrométrie et, en particulier, les progrès réalisés récemment dans le domaine de l'IRTf et de la chimiométrie (traitement mathématique des spectres), permet désormais de déterminer rapidement et de façon fiable les nombreux composés du raisin et du vin.

Afin de répondre aux exigences industrielles, notamment en terme d'échantillonnage, de paramètres déterminés (anthocyanes, couleur) et de fréquences d'analyses, il faut donc adapter cet équipement de laboratoire aux quais de réception.

Il est donc nécessaire de maîtriser l'échantillonnage dans sa globalité. Cela ne concerne pas uniquement la technique de prélèvement dans les bennes à vendange, mais également les différents traitements que doit subir l'échantillon afin de répondre au cahier des charges suivant :

- la réalisation d'un échantillonnage représentatif du lot de vendange
- la détermination du potentiel anthocyanique de la vendange
- l'obtention d'un jus/moût dont la turbidité est compatible avec une mesure par spectrométrie UV/Visible et IRTF
- l'ensemble des étapes de la chaîne de mesure ne devant pas excéder 5 minutes

II – Préparation de l'échantillon

2.1. Système de prélèvement des raisins

Le module de prélèvement des échantillons devra répondre à 3 objectifs :

- permettre un échantillonnage représentatif de l'apport global de la vendange
- sur une vendange mécanique, obtenir un échantillon homogène équilibré entre jus et matières solides, matières constituées par les pellicules des grains de raisin
- être adapté à la fois aux vendanges récoltées mécaniquement et à celles récoltées manuellement

Il existe à ce jour deux systèmes de prélèvement utilisés dans les caves coopératives : la carotteuse et le système d'aspirateur.

Le prélèvement par carottage est généralement commandé par un opérateur placé dans une tour de réception. Ce système facilite l'échantillonnage aléatoire dans la benne. Il conduit à une légère extraction de la couleur, qui n'est pas suffisante pour une bonne appréciation du potentiel anthocyanique et colorimétrique du lot vendangé. Ce système ne permet pas de recueillir des baies entières afin de réaliser une extraction poussée de la matière colorante par une application annexe.

Le prélèvement par aspiration se compose d'un aspirateur industriel relié à une perche de prélèvement dépourvue de crépine à son extrémité. Ce système permet une bonne aspiration des jus et des baies, qui facilite grandement l'extraction de la matière colorante, réalisée par un appareillage dédié. Ce système présente cependant deux inconvénients :

- il est difficilement automatisable
- l'échantillonnage dans la benne n'est pas toujours réalisé de façon totalement aléatoire. En effet, l'opérateur positionné en un point donné, ne peut pas atteindre facilement toute la surface de la benne

2.2. Extraction du contenu des baies

a) Préambule

La technique de préparation des échantillons (extraction du jus et des composés pelliculaires) devra prendre en compte l'hétérogénéité prévisible des matières premières (grappes saines et entières ou vendanges mécaniques contenant plus ou moins de rafles, feuilles, corps étrangers, avec tous les intermédiaires possibles). Il est donc nécessaire de s'intéresser à la diversité de constitution des différentes parties de la baie, afin que les teneurs obtenues dans l'extrait analysé soient représentatives (corrélées) de celles de la matrice prélevée.

Les différents analytes peuvent être classés en deux catégories, en fonction de leur compartimentation dans la baie :

- composés présents dans la pulpe : sucres, acides organiques (acides tartrique, malique, gluconique, succinique,...), glycérol, azote assimilable
- composés de la pellicule : anthocyanes, tanins, potassium, certains polysaccharides (facteur de stabilisation de la couleur)

Les composés issus du premier point sont obtenus par une extraction légère et sont facilement extractibles. Par extraction légère, nous entendons un système respectueux de la matière première, c'est à dire qui n'éclate pas les pépins (libération d'huile ou de tanins indésirables en quantité non contrôlée), qui ne dilacère pas les rafles ni les corps végétaux (feuilles, sarments) et qui ne triture pas trop fortement les pellicules. En effet, une forte trituration entraîne une diffusion élevée dans le moût de potassium pelliculaire qui perturbe fortement les différents équilibres acides. Une saturation du moût en bitartrate de potassium pelliculaire entraîne sa précipitation et un risque de mauvaise estimation de tous les acides de la vendange et des paramètres qui y sont liés (acidité totale, pH, acides tartrique et malique, potassium,...).

Le phénomène est bien connu des expérimentateurs et a fait l'objet de différents travaux (ITV France¹, Rivemard). Il faut donc noter que la détermination du potentiel acide de la vendange est fondée sur la composition acide du moût et de lui seul.

La mesure du potentiel colorimétrique (anthocyanes, IPT, intensité colorante) et des caractéristiques chromatiques de la matière première (vendange destinée à la production de vin rouge) nécessite une extraction drastique. Sous ce terme, nous entendons un système qui permette une extraction rapide et poussée des composés phénoliques pelliculaires (anthocyanes,...) dans le moût. Les technologies disponibles pour atteindre ces objectifs paraissent antagonistes.

b) Étude de différents systèmes d'extraction des composés phénoliques et des jus

L'objectif de cette étude est de tester différents systèmes d'extraction des composés phénoliques des raisins (anthocyanes, couleur, polyphénols totaux,...), afin d'estimer le potentiel de la matière première par spectrométrie IRTF et UV-Visible, directement aux quais de réception de la vendange.

Au cours de cet essai, nous allons tester l'efficacité de l'extraction et de la diffusion des composés phénoliques de la pellicule de raisin dans le moût, par différentes techniques.

Les trois systèmes d'extraction² suivants sont comparés au cours de cette étude :

- hélice de broyage (blender)
- système d'extraction mécanique
- foulage manuel

Ces essais sont réalisés à partir de raisins rouges frais. Chaque modalité fait l'objet de 5 répétitions. Les paramètres suivants sont mesurés : turbidité, acidité totale, pH, acides malique et tartrique, potassium, IPT, anthocyanes totaux et intensité colorante. Les différentes analyses sont réalisées après centrifugation des jus extraits à 3000 tr/mn pendant 20 mn à 20°C.

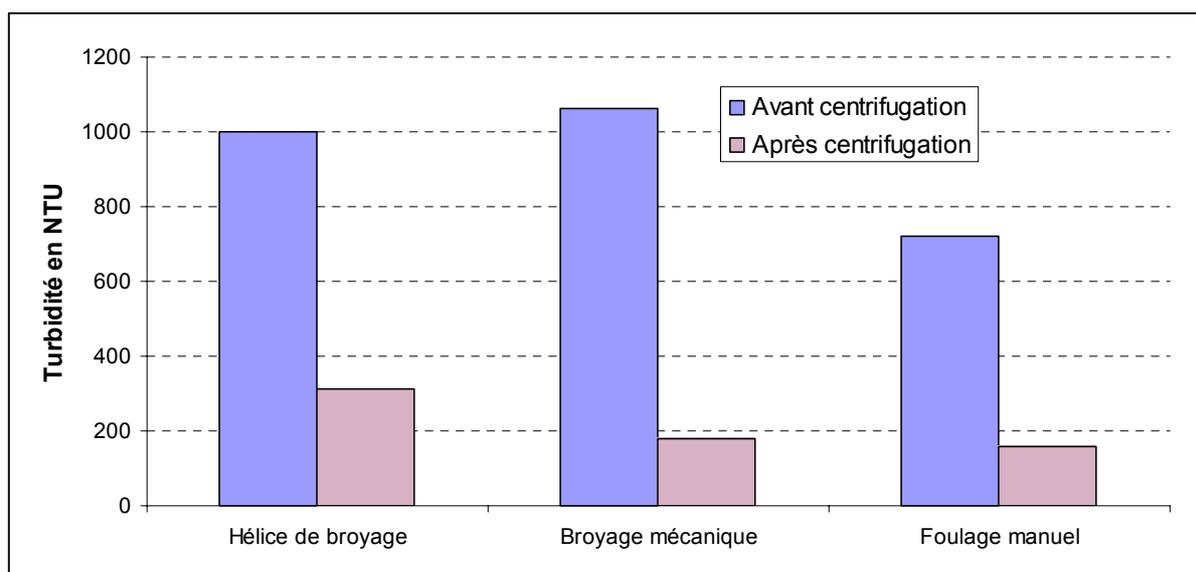
Afin de tester la capacité de clarification des jus, nous avons mesuré l'écart de turbidité des moûts avant et après centrifugation.

La détermination des indices de colmatage n'est pas applicable dans ce cas. En effet, les moûts extraits sont beaucoup trop bourbeux pour la détermination de cet indice.

¹ Cayla L., Cottureau Ph., Renard R. (ITV France). Estimation de la maturité phénolique des raisins rouges par la méthode ITV standard – Revue Française d'œnologie – Mars/Avril 2002 – n°93

² Un 4^{ème} système d'extraction, centrifugeuse à fruits, est actuellement testé en fin de vendanges 2003. Les résultats de ces travaux seront présentés ultérieurement de façon orale.

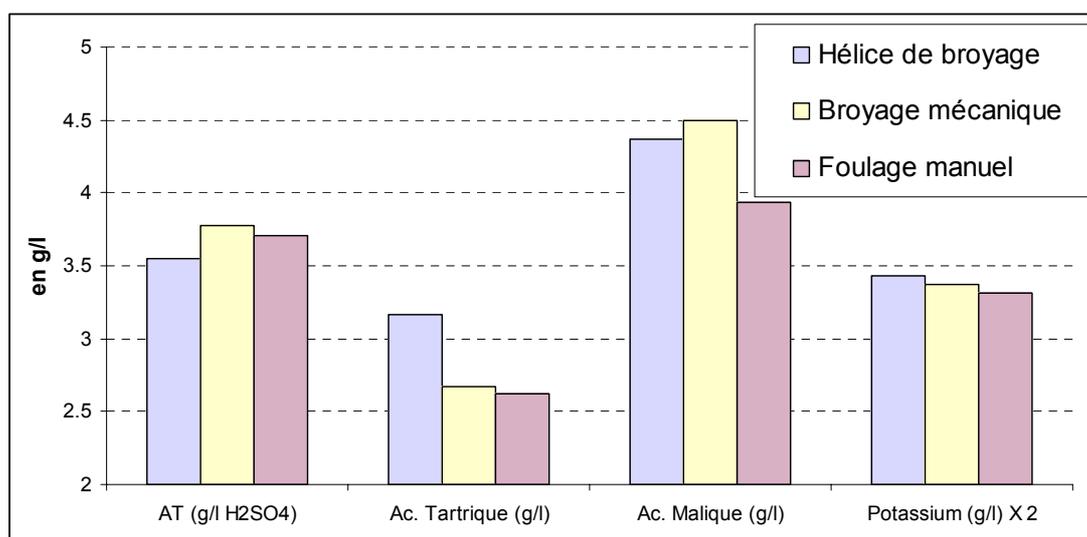
c) Résultats – discussions



Graph 1 : Étude de la clarification des moûts par centrifugation – Étude de 3 systèmes d'extraction des jus – ITV France – Unité de Gaillac - 2003

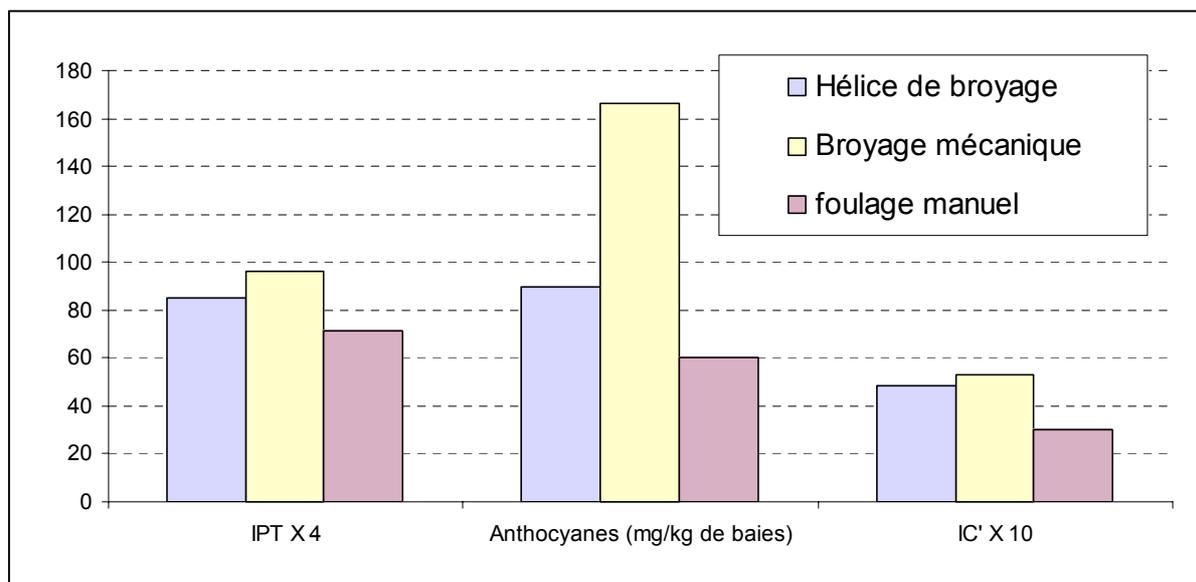
La mesure de la turbidité des jus (**graph 1**), effectuée juste après la phase d'extraction, montre que quel que soit le mode d'extraction utilisé, les turbidités sont élevées (> 1000 NTU). Seule la modalité « Foulage manuel » présente une turbidité significativement plus faible (- 30%), due à l'absence de trituration des raisins. La valeur de la turbidité du jus de raisin nécessite cependant une clarification par filtration pour une utilisation en spectrométrie IRTF et UV-Visible.

Les moûts extraits par « Foulage manuel » et « Extraction mécanique » permettent une meilleure clarification des moûts (par centrifugation) et l'obtention de jus de raisin compatible avec une utilisation en spectrométrie IRTF UV-Visible.



Graph 2 : Influence du mode d'extraction des jus sur l'acidité des moûts
ITV France – Unité de Gaillac - 2003

Quel que soit le paramètre étudié (acidité totale, pH, acides tartrique et malique, potassium) sur la matière première utilisée, aucune différence significative n'a pu être mise en évidence (**graph 2**). L'extraction par « Foulage manuel » permet un meilleur respect de la matière première en limitant une extraction exagérée des acides organiques et du potassium dans le moût.



Graph 3 : Influence du mode d'extraction des moûts sur les différents paramètres caractérisant le potentiel colorimétrique et polyphénolique des raisins
ITV France – Unité de Gaillac - 2003

L'étude de la composition polyphénolique des jus (IPT, anthocyanes et intensité colorante) met en évidence l'importance du mode d'extraction sur les quantités mesurées dans les moûts (*graph 3*).

Le foulage manuel, respectueux de la matière première, ne triture pas les raisins, ce qui se traduit par une faible extraction des composés polyphénoliques. Malgré une dilacération complète des raisins, l'hélice de broyage ne permet pas une extraction maximale du potentiel polyphénolique. Ces résultats montrent que le broyage mécanique des raisins permet d'obtenir la plus forte extraction des composés polyphénoliques de la matière première.

2.3. La filtration des moûts par extraction des différents constituants de la baie

Une fois le jus obtenu après extraction de la couleur, il est nécessaire de le clarifier afin de réaliser les mesures par spectrométrie IRTF et UV/Visible.

En effet, ces mesures nécessitent de filtrer le moût à un seuil de coupure de 5 µm, afin de réaliser une acquisition spectrométrique UV/Visible de qualité (élimination des grosses particules en suspension pour éviter la diffraction du faisceau incident qui conduirait à une mesure faussée de la transmission dans la gamme 190-800 nm).

L'objectif est de filtrer environ 15 ml de moût présentant des particules d'un diamètre inférieur à 5 µm (cellule de mesure de l'IRTF de 30 µm), et ce en moins d'une minute pour éviter les « embouteillages » aux quais de réception de la cave.

Actuellement, la filtration des moûts dans une chaîne de traitement automatisée soulève de nombreux problèmes techniques, tant au niveau de la filtration que de l'automatisation. Les principaux systèmes disponibles sur le marché sont :

- filtration par dépression (système utilisé par Foss)
- système de filtration de laboratoire (filtres membranes,...)

La filtration par dépression d'un moût sur du papier Wathman permet d'obtenir une clarification correcte pour une mesure IRTF. Cependant, le niveau de filtration n'est pas suffisant pour réaliser une acquisition dans le domaine UV-Visible. De plus, le média filtrant utilisé a tendance à absorber de la matière colorante; il n'est donc pas utilisable pour la mesure du potentiel anthocyanique et/ou colorimétrique.

Les systèmes de filtration de laboratoire sont pour la plupart inadaptés pour la filtration des moûts fortement bourbeux, car leurs seuils de coupure sont trop bas (compris entre 0,45 et 2,7 μm). Il existe cependant des pré-filtres en fibre de verre dont le seuil de coupure est compris entre 20 et 50 μm . Ce type de média filtrant est actuellement en cours d'étude. Relativement onéreux (entre 1,5 et 5 euros pièce), leur automatisation semble difficile à mettre en œuvre.

Un nouveau type de média filtrant est actuellement en cours de développement pour la filtration des moûts fortement turbides. Ces filtres sont conçus en vue d'une automatisation de la chaîne d'échantillonnage (prélèvement, extraction de la couleur et filtration) et d'analyse des raisins aux quais de réception. Ils se présentent sous forme d'une « cartouche » composée de différentes étapes de filtration. Cette technique donne de bons résultats par rapport aux objectifs visés (niveaux et rapidité de filtration, coût unitaire faible).

III – Conclusion

Cette étude montre toute la difficulté de mise en œuvre d'une chaîne d'échantillonnage de la vendange en poste avancé dans les caves coopératives.

La plus grande difficulté provient de notre objectif principal : l'estimation du potentiel anthocyanique et colorimétrique de la vendange de façon automatisé aux quais de réception.

L'extraction des anthocyanes entraîne une trituration des baies qui libère de grandes quantités de fragments pelliculaires et autre dans le moût, diminuant ainsi sa filtrabilité.

L'acquisition de spectres dans le domaine de l'UV-Visible, pour la détermination du potentiel anthocyanique et de l'intensité colorante, nécessite un niveau de filtration beaucoup plus élevé que pour une mesure par IRTF. Cela nous a donc conduit à développer un média filtrant, adapté à notre objectif, qui puisse être utilisé dans une chaîne analytique entièrement automatisée.

Actuellement, la majorité des points critiques est levée, mais il reste encore à optimiser et à affiner l'ensemble de la chaîne d'échantillonnage

Estimation du potentiel aromatique des raisins et des vins : cas des précurseurs glycosyles

Rémi GUÉRIN-SCHNEIDER

ITV France, détaché à l'INRA-UMR-SPO Equipe Technologie Intégrative

2, place Viala – 34060 Montpellier cedex 1

Tél : 04 99 61 31 47 Fax : 04 99 61 28 57 e-mail : remi.schneider@ensam.inra.fr

Introduction

La composante variétale de l'arôme se compose d'une part, de composés volatils libres, directement odorants et donc perceptibles dans le raisin lui-même et, d'autre part, de précurseurs d'arômes, qui se révèlent au cours des opérations techniques intervenant depuis la récolte jusqu'au vieillissement des vins (Drawert, 1974).

Les variétés de raisins de cuve qui possèdent des composés odorants libres en quantité significative (i.e. à des concentrations supérieures à leur seuil de détection) sont peu nombreuses. Parmi ces variétés qualifiées d'aromatiques, on peut citer les variétés muscatées (Muscat, Gewurztraminer notamment) et les cépages de la famille des Cabernet. Chez les premières, la présence de monoterpénols (linalol, nérol, géraniol et ho-triénol essentiellement) confère cette typicité particulière aux vins dont ils sont issus (Cordonnier et Bayonove, 1974). Chez les Cabernet et les cépages voisins (Cabernet-Sauvignon, Cabernet Franc, Fer-Servadou, ...), on rencontre des pyrazines, dont la majoritaire, la 3-isobutyl-2-méthoxy-pyrazine, est responsable dans certaines conditions de culture et de vinification, de l'odeur de poivron vert caractéristique des vins issus de ces cépages (Bayonove *et al.*, 1975 ; Roujou de Boubé *et al.*, 2000).

La plupart des variétés de cuve sont des variétés « non aromatiques », elles sont pauvres en composés volatils libres mais contiennent, comme les variétés « aromatiques », de nombreux précurseurs. Ces précurseurs sont divers (lipides, acides hydroxycinnamiques, caroténoïdes de la pellicule...) mais les deux classes de composés les plus étudiées à l'heure actuelle sont constituées, d'une part, des précurseurs cystéinylés et/ou glutathionés (Tominaga *et al.*, 1998 ; Peyrot des Gachons *et al.*, 2002), qui donnent naissance au cours de la fermentation alcoolique à des thiols fortement odorants, responsables des notes de buis et d'agrumes de nombreux vins et notamment des vins de Sauvignon Blanc et, d'autre part, des précurseurs glycosidiques, qui peuvent générer des composés odorants très variés.

Dans la suite de notre exposé, nous ne nous consacrerons qu'aux précurseurs glycosylés et à leur estimation.

Nature, structure et intérêt des précurseurs glycosidiques

Les glycosides de composés d'arôme, inodores et non volatils, sont formés d'une partie osidique liée par une liaison β -glucosidique à un composé volatil, appelé aglycone.

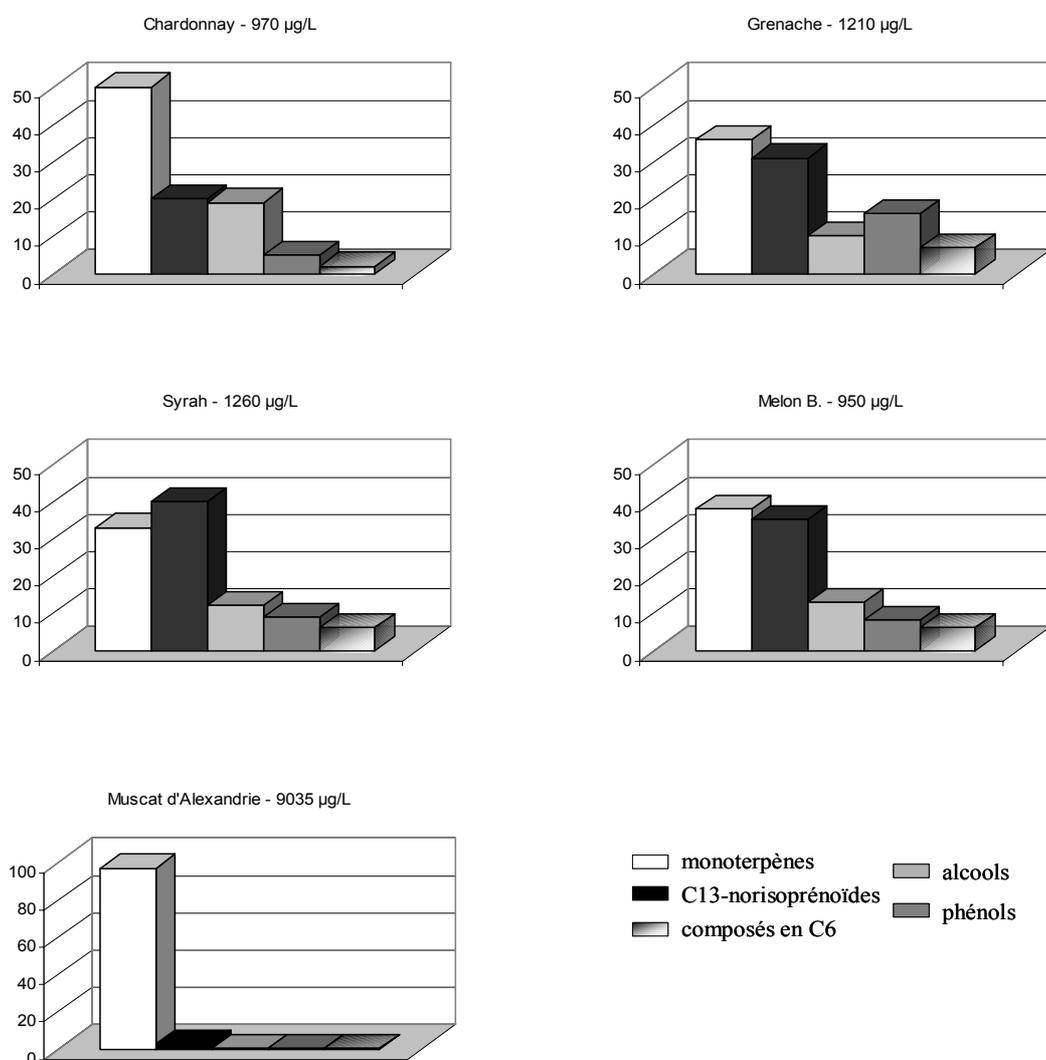
La partie osidique est toujours constituée d'une molécule de glucose, associée éventuellement à un autre sucre (apiose, rhamnose ou arabinose). En ce qui concerne les aglycones, on retrouve les principales classes de composés volatils : alcools en C₆, alcools aromatiques et aliphatiques, phénols volatils, terpènes et C₁₃-norisoprénoïdes (Williams *et al.*, 1982 ; Voirin, 1990). Des exemples de

répartition par classe chimique d'aglycones des précurseurs glycosylés de différents cépages sont donnés **figure 1**.

L'examen de la figure 1 révèle par ailleurs des différences parfois importantes entre cépages, à la fois sur la quantité globale en précurseurs d'arômes glycosylés (de 950 à 9035 µg/l de moût) et sur la répartition entre les différentes classes chimiques d'aglycones. Si l'on excepte le Muscat d'Alexandrie dont les baies ne renferment, parmi les glycosides, pratiquement que des monoterpènes, les deux classes chimiques de glycosides majoritaires sont constituées des monoterpènes (essentiellement des monoterpédiols) et des C13-norisoprénoïdes.

Les glycosides présents dans le raisin et le vin peuvent être hydrolysés par voie enzymatique (Günata et al., 1985a, 1988) ou par voie chimique (Williams et al., 1982). Le premier mécanisme est limité dans le moût et les VDN du fait de l'inhibition des β-glycosidases par le glucose. L'hydrolyse chimique intervient dans le moût et le vin du fait de leur pH acide. Elle se produit au cours de la vinification et du vieillissement du vin et est accélérée par des températures plus élevées (Winterhalter, 1992 ; Kotséridis, 1999). Cependant la vitesse d'hydrolyse de ces composés est lente, sauf dans le cas des glycosides de linalol pour lesquels près de 50% des teneurs sont hydrolysées après 6 mois (Voirin, 1990).

Figure 1 : Exemples de répartition (en %) des précurseurs glycosylés de quelques cépages



Les précurseurs glycosylés donnent naissance à de nombreux composés odorants qui peuvent typer les vins (Bayonove, 1998). Ils constituent donc un réservoir d'arômes, susceptibles d'être révélés

soit par action d'enzymes exogènes, soit lors du vieillissement naturel du vin. Au cours du vieillissement, on constate deux phénomènes souvent concomitants : d'une part l'hydrolyse des précurseurs à proprement parler, qui libère d'un côté la partie osidique et de l'autre l'aglycone et d'autre part, un réarrangement chimique de l'aglycone favorisé par le pH acide des vins. Ce réarrangement chimique génère de nombreux composés odorants à partir des aglycones qui sont, pour la plupart, inodores aux teneurs habituellement rencontrées dans les vins.

Des travaux de genèse de composés odorants à partir de glycosides de raisins ont montré cette richesse en composés d'arôme après vieillissement modèle (Francis et *al.*, 1994 ; Ormières et *al.*, 1997 ; Kotséridis, 1999). À titre d'exemple, dans le cas du Melon B., des essais de vieillissement accéléré de glycosides en milieu modèle ont permis de former 14 terpènes et C₁₃-norisoprénoïdes odorants (Schneider, 2001). Parmi ces derniers, la β-damascénone a été dosée à des teneurs supérieures à son seuil de détection (**Tableau 1**). Une contribution des autres composés norisoprénoïdiques dosés, même s'ils semblent être à des doses inférieures à leur seuil de détection, n'est pas à exclure, du fait de la méconnaissance ou de l'imprécision dans la détermination de ces seuils et/ou d'effets de synergie d'odeurs.

Tableau 1 : Teneurs en C₁₃-norisoprénoïdes odorants (µg/l) de vieux Muscadet

	vitispiranes	TDN	β-damascénone	Riesling acétal	total
Master 1985	15,3	0,9	0,7	n. d.	17,7
Master 1986	9,2	0,9	0,5	n. d.	10,6
Master 1989	8,0	1	0,9	n. d.	9,8
Master 1992	7,1	1,3	1,4	0,03	9,8
Master 1993	4,5	0,8	0,7	n. d.	6,0
Master 1996	3,1	0,7	0,6	n. d.	4,4

N.B : Les vins ont été analysés en 1998

n.d. : non détectable

Par ailleurs des dosages sur des fractions glycosidiques de raisins ont montré qu'il y avait une très bonne corrélation entre les teneurs en glycosides de C₁₃-norisoprénoïdes des raisins et les teneurs en composés odorants C₁₃-norisoprénoïdiques générés par hydrolyse acide à chaud.

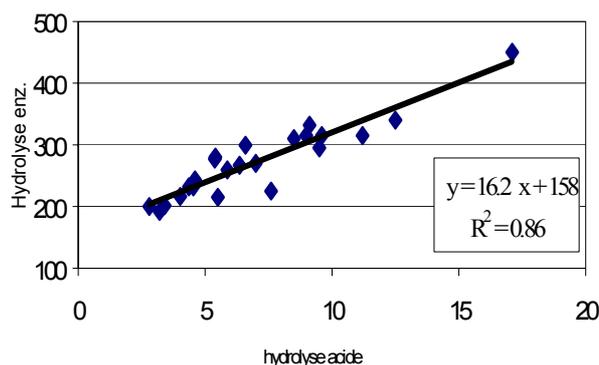


Figure 2 : Corrélation entre les teneurs en glycosides de C₁₃-norisoprénoïdes des raisins et les C₁₃-norisoprénoïdes odorants générés par hydrolyse acide à chaud.

Les teneurs générées par ce type d'hydrolyse étant comparables à celles trouvées dans les vins après 5 à 7 ans de vieillissement en bouteille, l'estimation du potentiel glycosidique des raisins est un outil de choix pour évaluer l'aptitude au vieillissement des vins en terme aromatique.

Le site d'implantation de la vigne, la maturité des raisins et leur environnement lumineux ont une influence significative notamment sur les teneurs en glycosides de C₁₃-norisoprénoïdes et de

monoterpènes, et par conséquent, génèrent des différences au niveau de l'expression aromatique des vins (Günata *et al.*, 1985b ; Marais *et al.*, 1992 ; Bureau, 1998 ; Schneider, 2001).

L'analyse de ce potentiel aromatique s'avère donc importante, à la fois pour choisir les techniques culturales et déterminer une date optimale de récolte, mais également pour adapter l'itinéraire technique de vinification afin de valoriser ce potentiel qualitatif.

Méthodes d'estimation des précurseurs glycosidiques du raisin

1) Méthode « classique »

La méthode d'analyse des précurseurs d'arôme de nature glycosidique la plus couramment utilisée est longue et coûteuse en matériel. Elle nécessite en effet une extraction sélective des glycosides à partir de matrices souvent complexes (moûts, vins). Cette extraction est réalisée par adsorption sur des résines hydrophobes puis, après des étapes de rinçage avec différents solvants (eau, solvant apolaire), élution par un solvant polaire, de type méthanol (Williams *et al.*, 1982, Günata *et al.*, 1985a ; Di Stefano, 1991).

L'éluat, qui constitue la fraction glycosidique, subit ensuite une étape d'hydrolyse (le plus souvent enzymatique mais parfois chimique) puis les composés volatils générés sont analysés par chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse ou à un détecteur à ionisation de flamme (CPG-SM et FID).

Une telle procédure donne certes des résultats précis et détaillés (au niveau du composé, avec un coefficient de variation de 10 à 15% au maximum), mais il faut compter une dizaine de jours pour analyser 9 à 10 échantillons. Ce délai de réponse, ainsi que les spécificités d'appareillage et les compétences nécessaires à son bon fonctionnement ne permettent pas d'imaginer un transfert direct de la méthode en laboratoire de « terrain » et limitent le nombre d'échantillons analysables dans un temps raisonnable.

2) Méthodes rapides

Depuis quelques années, des recherches se sont donc orientées vers la mise au point de méthodes rapides d'analyse du potentiel aromatique des raisins. La rapidité des analyses, si elle rend les résultats souvent moins précis (plus globaux), permet en revanche d'envisager leur utilisation à plus grande échelle.

2.1) Méthode du Glycosyl-glucose :

Cette méthode a été développée et est appliquée par l'Australian Wine Research Institute, d'Adélaïde en Australie (Williams *et al.*, 1995 ; Iland *et al.*, 1996 ; Francis *et al.*, 1998). Elle s'appuie sur la structure des glycosides du raisin, qui comprennent tous une unité glucose et une seule. Leur hydrolyse permet donc de libérer en quantité équimoléculaire le composé d'arôme et le glucose. Ce dernier est dosé dans les hydrolysats, soit par réaction enzymatique, soit par InfraRouge à Transformée de Fourier (IRTF). La mesure du glucose donne, par correspondance, la teneur en glycosides totaux.

Sur raisin, la présence de glucosides de polyphénols fausse cependant le résultat, si bien que pour les cépages rouges, il a été proposé de retrancher du G-G total la mesure des anthocyanes glycosylées obtenue en spectroscopie UV-visible. Ceci cependant reste imprécis puisque le résultat final ne représente que 5-10% du G-G global.

Par ailleurs cette technique ne permet d'estimer qu'un potentiel global, dans lequel sont inclus des glycosides de composés d'arômes qui n'ont pas forcément d'importance dans l'appréciation qualitative du produit final.

2.2) Méthode ITV-INRA

ITV-France, dans le cadre d'un partenariat avec l'INRA-UMR-Sciences pour l'Œnologie de Montpellier, a développé une démarche quelque peu différente, qui fait l'objet d'une protection juridique.

Nous avons en effet essayé, d'une part, d'analyser directement les extraits glycosidiques sans passer par les étapes d'hydrolyse généralement utilisées et, d'autre part, d'accéder à un niveau de précision et de détail supérieur à celui de la méthode du Glycosyl-Glucose.

Trente-neuf échantillons de raisin de Melon B., cépage blanc produisant les vins de Muscadet, ont été récoltés sur différentes parcelles du vignoble du Muscadet (région de Nantes), à différents stades de maturité et au cours de 2 millésimes consécutifs (2001 et 2002), afin de constituer une série d'échantillons qui, bien que relativement restreinte, soit la plus représentative possible des diverses situations rencontrées dans le vignoble du Muscadet.

Les fractions glycosidiques, obtenues après traitement au PVPP des jus issus du broyage des échantillons de raisins et extraction de ces jus sur résine C18, ont été analysées, à la fois par InfraRouge à Transformée de Fourier et par la méthode classique (hydrolyse enzymatique puis CPG-SM / FID) qui constitue notre méthode de référence. L'acquisition des spectres IR était réalisée dans le moyen infrarouge (nombre d'ondes de 2200 à 1000 cm^{-1}), en transmission, en utilisant une cellule en CaF_2 de 20 μm de trajet optique, régulée à 25°C par effet Peltier.

Des corrélations statistiques entre les données quantitatives issues de la méthode de référence et les spectres infrarouges ont été élaborées en utilisant la méthode PLS (Partial Least Squares), méthode statistique particulièrement adaptée à ce type de données. Les modèles de prédiction ainsi construits permettent de déterminer les précurseurs glycosidiques par grande classe chimique d'aglycones (**Tableau 2**).

Parmi les classes quantifiées, les monoterpènes et les C_{13} -norisoprénoïdes, composés les plus abondants dans le cas du Melon B., sont évalués avec des précisions respectives de 14 et 15 %, comparables à celles de la méthode de référence. Les composés en C_6 , alcools aliphatiques et aromatiques et phénols volatils glycosylés le sont avec une précision moindre : respectivement 28 %, 22 % et à 36 %. Cela pourrait être dû à leurs plus faibles concentrations dans les baies. Les glycosides d'acides, quant à eux, sont mal estimés par cette méthode (coefficient de corrélation faible), ce qui peut s'expliquer d'une part, par leurs faibles concentrations dans les raisins considérés (problème de sensibilité de l'IRTF) et d'autre part par l'imprécision de la méthode d'analyse de référence mal adaptée à cette classe de composés.

Par ailleurs, si le temps d'extraction reste, pour une telle procédure, un facteur limitant, l'analyse elle-même est très rapide. Le délai de réponse pour 9 à 10 échantillons est ramené, d'une dizaine de jours pour la méthode de référence, à environ 1,5 à 2 jours. Le développement d'une méthode d'extraction automatisée est maintenant envisageable vu le temps très court d'analyse. Si elle ne permettra, vraisemblablement pas de gagner beaucoup de temps, elle permettra, en revanche de libérer du personnel au cours de cette étape de l'analyse et, de ce fait, de multiplier le nombre d'échantillons.

Tableau 2 : Paramètres de qualité du modèle prédictif Melon B.

	R ² (%)	Incertitude de calibration (%)	Incertitude de prédiction (%)
Alcools	87	32	36
Acides	11	-	-
Composés en C6	86	22	28
C ₁₃ -norisoprénoïdes	94	10	14
Phénols	75	19	22
Monoterpènes	90	13	15

Les modèles prédictifs construits permettent de réaliser directement en infrarouge les dosages de précurseurs glycosidiques. Cependant, comme dans toute analyse quantitative en infrarouge basée sur des corrélations statistiques, des points de calibration devront régulièrement être ajoutés au modèle afin qu'il reste le plus juste possible.

Par ailleurs, les modèles ne sont valables que pour des raisins présentant des compositions en glycosides proches (spectres IR des extraits analogues à ceux de la banque de données) ce qui implique vraisemblablement une calibration cépage par cépage.

Conclusion

L'évaluation du potentiel aromatique glycosylé est un paramètre qui n'est pas encore disponible sur le terrain, alors que sa connaissance est un outil important pour déterminer la qualité de la vendange et adapter l'itinéraire technique de production afin de valoriser au maximum ce potentiel.

La méthode développée en collaboration par ITV-France et l'INRA fait l'objet d'une protection juridique. Cependant un transfert, limité et partiel, a d'ores et déjà été réalisé dans le vignoble du Muscadet, afin de vérifier sa faisabilité dans un laboratoire de terrain, de valider les données déjà obtenues et de permettre une extension de la banque de données qui devrait consolider la robustesse des modèles prédictifs.

L'étude en cours se poursuit, afin d'étendre cette analyse à des cépages rouges, pour lesquels les bandes d'absorption dans l'infrarouge des polyphénols et notamment des anthocyanes, présents dans ces variétés à des teneurs très élevées, pourraient interférer avec celles des glycosides considérés dans les corrélations et rendre ainsi difficile la constitution de modèles prédictifs analogues à ceux obtenus avec le Melon B.

Le développement de tels modèles sur de nombreux cépages, fournissant une estimation rapide du potentiel aromatique glycosylé du raisin et du vin, utile à la fois au producteur, à l'expérimentateur et au négociant, devrait permettre de pallier un manque en la matière.

Références bibliographiques

- Bayonove C., Cordonnier C., Dubois P., 1975.** *CR Ac. Sci. Paris*, **281 D**, 75-78.
- Bayonove C., 1998.** *Œnologie : fondements scientifiques et technologiques*, Flanzy C. (Ed.), Lavoisier Tec&Doc : Paris, 165-181.
- Bureau S., 1998.** Thèse de l'Université de Montpellier II, 244 pages.
- Cordonnier C. et Bayonove C. L., 1974.** *CR Ac. Sci. Paris*, **278 D**, 3387-3390.
- Di Stefano R., 1991.** *Bull. O.I.V.*, 721-722, 220-221.
- Drawert, 1974.** *Chemistry of winemaking*, Webb A.D. (Ed.), American Chemical Society : Washington DC, 1-10.
- Francis I., Sefton M., Williams P., 1994.** *Am. J. Enol. Vitic.*, **45**, 243-251.
- Francis L., Armstrong H., Cynkar W., Kwiatkowski M., Iland, P., Williams P., 1998.** *The Australian Grapegrower & Winemaker*, Annual Technical Issue 414a, 51-58.
- Günata Y., Bayonove C., Baumes R., Cordonnier R., 1985a.** *J. Chromatogr.*, **331**, 83-90.
- Günata Y., Bayonove C., Baumes R., Cordonnier R., 1985b.** *J. Sci. Food Agric.*, **36**, 139-149.
- Günata Y., Bittour S., Brillouet J.M., Bayonove C., Cordonnier R., 1988.** *Carbohydr. Res.*, **198**, 139-149.
- Iland, P., Cynkar W., Francis I., Williams P., Coombe B., 1996.** *Aust. J. Grape Wine Research*, **2(3)**, 171-178..
- Kotséridis Y., 1999.** Thèse de l'Université Victor Segalen de Bordeaux. 268 pages.
- Ormières J.F., Baumes R., Masson G., Lurton L., Bayonove C. et al., 1997.** Actes du XXII^{ème} Congrès Mondial de la Vin et du Vin, Buenos Aires, OIV (Ed.), 70-75.
- Marais J., Van Wyk C., Rapp A., 1992.** *S. Afr. J. Enol. Vitic.*, **13**, 23-32.
- Peyrot des Gachons C., Tominaga T., Dubourdiou D., 2002.** *J. Agric. Food Chem.*, **50**, 4076-4079.
- Roujou de Boubé D., Van Leuwen C., Dubourdiou D., 2000.** *J. Agric. Food Chem.*, **48**, 4830-4834
- Schneider R., 2001.** Thèse de Doctorat de l'Université Montpellier II, 194 pages.
- Tominaga T., Peyrot des Gachons C., Dubourdiou D., 1998.** *J. Agric. Food Chem.*, **46**, 5215-5219.
- Voirin S., 1990.** Thèse de Doctorat de l'Université Montpellier II, 195 pages.
- Williams P., Strauss C., Wilson B., 1982.** *J. Agric. Food Chem.*, **30**, 1211-1223.
- Williams P., Cynkar W., Francis I., Gray J., Iland, P., Coombe B., 1995.** *J. Agric. Food Chem.*, **43**, 121-128.
- Winterhalter P., 1992.** *Thermal and Enzymatic Conversions of Precursors to Flavor Compounds*, American Chemical Society, Washington DC, 98-115.

Spectrométrie proche infrarouge et appréciation de la qualité de la vendange

Jean-Michel Desseigne, Jean-Christophe Payan (ITV France)
Michel Crochon, Jean-Michel Roger (Cemagref Division Guigal Montpellier)
Jean -François Ballester (INRA IRD Montpellier)
Jean-Claude Boulet (INRA Pech Rouge)
Jérôme Mazollier, Caroline Toussaint (CTIFL St Rémy de Provence)

Introduction

Une caractérisation objective de la qualité des raisins est de plus en plus recherchée pour contrôler la maturation, récolter à la date optimale, rémunérer en fonction de la qualité, raisonner et adapter les pratiques œnologiques, ou encore garantir la traçabilité depuis la vigne jusqu'à la bouteille...

Ces dernières années, d'importants progrès ont été réalisés dans l'appréciation de la qualité en laboratoire et en réception. De nouveaux spectromètres à Transformée de Fourier travaillant dans le moyen infrarouge ont été développés spécifiquement pour le secteur vinicole. Cette technologie présente de nombreux attraits, mais également des limites liées au principe de la mesure : nécessité de filtrer les échantillons, sensibilité aux conditions extérieures, prix élevé... Les équipements demeurent à ce jour des matériels de laboratoire.

La technologie du proche infrarouge permet d'envisager des mesures directement à la parcelle, sur grappes ou raisins entiers, et/ou en ligne en réception, sans préparation complexe des échantillons. En effet, dans cette plage spectrale, la lumière traverse le produit sur des longueurs pouvant atteindre plusieurs centimètres. Dans d'autres filières agricoles (viande, céréales, produits laitiers...), des méthodes de caractérisation et de sélection des produits par proche infrarouge sont déjà largement développées. Des capteurs au champ ont été mis au point par le Cemagref sur pommes. Un projet de recherche sur la spectrométrie proche infrarouge sur raisins a été initié en 2001 par l'ITV, le CEMAGREF, l'INRA et le CTIFL.

1. Objectifs de l'étude

L'objectif général est la mise au point et l'expérimentation d'un capteur à Spectrométrie dans le Proche Infrarouge (SPIR), non destructif, utilisable à la parcelle pour l'appréciation de la qualité de la récolte. La finalité est de mettre à la disposition des professionnels un outil de suivi de la qualité et d'aide à la décision. Un tel outil devrait permettre de déterminer de manière fiable la date de récolte pour optimiser la qualité de la vendange. Il pourrait également permettre de prendre en compte l'hétérogénéité de maturité et d'affiner les sélections ou contrôles de qualité réalisés.

2. Méthode expérimentale

En raison de l'hétérogénéité de maturation entre les grappes au sein même de la parcelle, et entre les baies à l'intérieur d'une même grappe, deux capteurs prototypes ont été développés :

- le premier, appelé « pince », est adapté à la taille des baies. Fonctionnant par transmittance, la lumière traverse la baie de part en part.
- le deuxième, appelé « tromblon », est adapté à la grappe. Il fonctionne par réflexion diffuse, par simple contact à la surface des grappes.

Les expérimentations ont été réalisées sur des grappes et des baies de niveaux de maturité, de variétés et d'origines les plus diverses possibles, afin de constituer une base de données servant à la mise au point des modèles de prédiction. Parallèlement, des collections de validations des modèles ont été constituées.

Au terme de deux années de mesures, un total avoisinant les cinq milles baies, tous cépages confondus, a été soumis à la spectrométrie proche infrarouge. Les essais ont porté en priorité sur 5 cépages (chardonnay, grenache, mourvèdre, carignan, muscat) provenant de différents terroirs et origines géographiques, sur deux campagnes. Les essais sont réalisés chaque semaine, de la véraison à la récolte. Des essais plus ponctuels sont réalisés sur une quinzaine d'autres cépages. Les analyses de référence sont obtenues par réfractométrie et HPLC.

Les essais sur grappes ont porté sur trois cépages (chardonnay, grenache et carignan). Les analyses de référence sont réalisées par les méthodes usuelles.

3. Premiers résultats obtenus sur baies et grappes

3.1 Mesures sur baies

Prédiction de l'indice réfractométrique

Un modèle mathématique global de prédiction a été réalisé en 2002, utilisable sur l'ensemble des variétés, quels que soient la région d'origine et le niveau de maturité. Comme le montre la **figure 1**, ce modèle est performant pour l'estimation de l'indice réfractométrique. L'origine géographique et le terroir n'ont pas d'incidence significative sur la qualité de la prédiction.

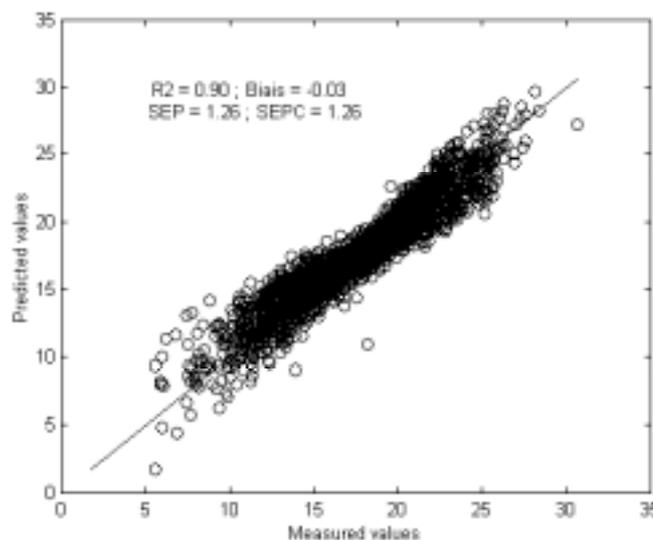


Figure 1 Relation entre les indices réfractométriques mesurés et prédits par la SPIR (illustre la qualité du modèle mathématique de prédiction de l'indice réfractométrique)

$R^2 = 0.90$; $SEC = 1.26$; modèle établi à partir de 2400 baies

Indices réfractométriques en °Brix

(saison de mesure 2002)

Le modèle établi en 2002 a été testé en 2003 sur un nombre important d'échantillons. Les résultats (**figure 2**) démontrent la validité et la robustesse du modèle établi.

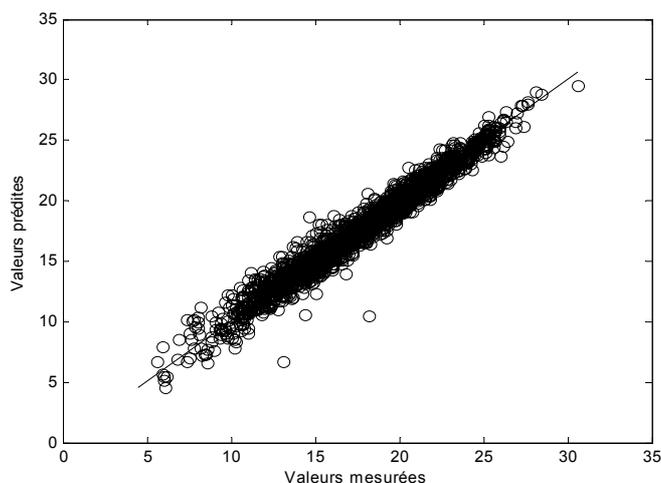


Figure 2 Validation du modèle de prédiction de l'indice réfractométrique par les résultats 2003

Validation sur 3000 baies (campagnes 2002 et 2003)

$$R^2 = 0.96$$

Prédiction des autres paramètres analytiques

L'établissement des modèles de prédiction est en cours. Les premiers résultats obtenus (non illustrés) sont encourageants pour l'acidité totale ($R^2=0.87$), l'indice de maturité IR/AT ($R^2=0.83$) et l'acide malique ($R^2=0.78$). La prédiction de l'acide tartrique ne semble pas accessible par proche infrarouge.

3.2 Mesures sur grappes

Les mesures sur grappes ont été réalisées en 2002 avec un capteur dérivé de celui développé sur pommes par le Cemagref. Plusieurs imperfections ont été mises en évidence lors des manipulations réalisées à la parcelle :

- ergonomie du capteur peu adaptée à la forme et à la fragilité des grappes à maturité ;
- problèmes de lumière « parasite » au travers des grappes peu compactes;
- traumatisme des grappes au cours de la préhension (éclatements de baies).

Le capteur a été modifié en 2003. Un total avoisinant les 500 grappes a été soumis à la spectrométrie proche infrarouge. Nous ne présenterons que la prédiction de l'indice de réfractométrique (**figure 3**). Les modèles illustrant la prédiction des autres paramètres n'est pas disponible à ce jour.

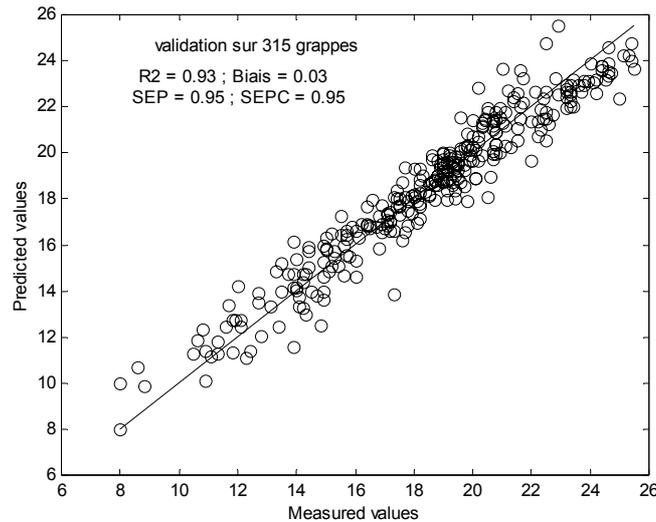


Figure 3 Prédiction de l'indice réfractométrique sur grappes (°Brix)
 315 grappes
 $R^2 = 0.93$

La prédiction de l'indice réfractométrique est satisfaisante et présente de bons coefficients de corrélation. Ces résultats peuvent certainement être améliorés par des traitements statistiques plus poussés en cours de réalisation.

Conclusion

Les essais effectués ont mis en évidence l'intérêt du proche infrarouge pour la détermination de l'indice réfractométrique des baies et des grappes entières. Sur baie, un premier modèle a été établi grâce à la réalisation d'une base de données importante. La justesse et la robustesse du modèle ont été largement confirmées par les essais réalisés en 2003 lors de l'étape de validation. Sur grappes, les résultats obtenus pour la prédiction des taux de sucres sont encourageants mais demandent à être validés. La prédiction des autres paramètres (acidité totale, acides organiques, IPT et anthocyanes) du raisin est prometteuse et présente des résultats globalement encourageants.

Dans un avenir proche, des équipements d'appréciation de la qualité à la parcelle utilisant le proche infrarouge devraient être disponibles. Ils pourront éventuellement être embarqués sur machine à vendanger ou installés en réception de vendange. En laboratoire, le proche infrarouge pourrait permettre de mieux prendre en compte l'hétérogénéité de maturation, donnée actuellement difficile d'accès.

La validité de la méthode repose sur des instruments performants et des traitements statistiques et mathématiques appropriés (calibration par chimiométrie). Ces traitements conditionnent la fiabilité et la robustesse des modèles établis. Ces techniques de traitement ne sont pas accessibles aux utilisateurs et demandent des compétences de haut niveau, certaines étant encore au stade de la recherche fondamentale. Un instrument sans base de calibration ne présente que peu d'intérêt pratique pour l'utilisateur.

Bibliographie

- Bertrand D. et Dufour E. 2000** *La spectroscopie infrarouge et ses applications analytiques*. Collection Sciences et Techniques agroalimentaires, Ed. Tec et Doc, Paris.
- Blouin J. 2001** Analyseurs de vendange. *Vigne et Vin Publications Internationales*, Bordeaux : pp 243-245.
- Bouvier J.C. 2001** Réflexion sur l'analyse œnologique par spectrométrie infrarouge. *Revue française d'œnologie*, n°191, nov./déc. : pp 16-17.
- Carbonneau A., Champagnol F., Deloire A. et Sevilla F. 1998** *Récolte et qualité du raisin*. Œnologie, Fondements scientifiques et technologiques, ouvrage coordonné par Flanzy C., Ed. Tec et Doc, 1998, pp 647-659.
- Dubernet M., Dubernet M., Dubernet V., Coulomb S., Lerch M. et Traineau I. 2000** Analyse objective de la qualité des vendanges par spectrométrie infrarouge à transformée de Fourier (IRTF) et réseaux de neurones. *Revue française d'œnologie*, n°185, nov./déc. : pp 18-21.
- Kennedy A.M. 2002** An Australian case study : introduction of new quality measures and technologies in the viticultural industry. *Proceedings : Eleventh Australian wine industry technical conference* : pp 199-205.
- Rousseau J. 2003** Les méthodes d'évaluation objective de la qualité des apports. *Compte-rendu des septièmes Rencontres Rhodaniennes sur le management de la qualité dans les A.O.C de la Vallée du Rhône*, Caderousse : pp 36-43.

Les travaux ont été réalisés au cours de ces deux années d'études avec la participation efficace des élèves-stagiaires Richard BASTIEN (2002) et Carole CALCET (2003).