



## Vitimeteo: un nouveau modèle de prévision pour le mildiou de la vigne ([www.agrometeo.ch](http://www.agrometeo.ch))

Les modèles de prévision des infections des maladies fongiques se basent sur les connaissances de la biologie des organismes pathogènes et sur les facteurs météorologiques déterminant leur développement. Dans le cas du mildiou de la vigne (*Plasmopara viticola* [Berk. & Curt. Berl.] & De Toni), les travaux épidémiologiques de BLÄSER (1978) ont permis de développer les premiers modèles de prévision à la fin des années 1980 (BLEYER et HUBER, 1996). L'un des paramètres déterminants à mesurer pour suivre le développement du mildiou est la durée d'humectage des feuilles: celle-ci est mesurée tout d'abord par des thermo-humectographes, puis intégrée dans des stations météorologiques automatiques contenant généralement un logiciel de prévision des infections (Biomat, Lufft HP-100). Les autres facteurs déterminants mesurés sont la température, l'humidité relative et les précipitations. Ces données sont analysées par des logiciels qui indiquent les risques potentiels d'infection, le déroulement de l'incubation et la sporulation du pathogène. Ces informations sont une aide précieuse pour l'application précise des fongicides (VIRET *et al.*, 2001). Initialement, ces stations météo étaient installées chez des particuliers et donnaient des indications valables pour des régions géographiques relativement limitées. Grâce au développement des technologies de la communication, ces stations ont pu être mises en réseau et les données sont aujourd'hui centralisées de manière plus rationnelle. Toutefois, le grand nombre de stations et de valeurs mesurées, et par conséquent la gestion de ces données et la publication des informations, ont nécessité le développement d'un nouveau concept. De plus, les logiciels intégrés dans les stations de mesures ont atteint leurs limites de développement. Parallèlement à cette évolution, les connaissances sur la biologie du mildiou et sur la croissance de la vigne se sont approfondies. Les stations fédérales de recherches agronomiques Agroscope RAC Changins et FAW Wädenswil, ainsi que l'Institut de la vigne de Fribourg-en-Brigau, en Allemagne, ont joint leurs efforts afin de poursuivre le développement du modèle de prévision du mildiou. Ils ont ainsi reprogrammé, sous le nom de Vitimeteo, l'intégralité des algorithmes complétés par les connaissances actuelles.

**Fig. 1.** Extrait du rapport détaillé généré par Vitimeteo en 2004 pour la station de Changins. Pour chaque jour, les informations sur le mildiou et les paramètres météorologiques mesurés sont visualisées, ainsi que le développement végétatif de la vigne (évolution du nombre de feuilles principales et de la surface foliaire en cm<sup>2</sup> par rameau).

### Vitimeteo

Le modèle de prévision Vitimeteo a été développé entre 2002 et 2003 et programmé par la firme Geosens ([www.geosens.de](http://www.geosens.de)). Ce logiciel intègre les paramètres météorologiques requis et fonctionne indépendamment des stations de mesure. En 2004, le modèle a été validé avec des données historiques et actuelles et expérimenté dans les conditions de la pratique en Allemagne et en Suisse. Il contient les principaux algorithmes permettant de calculer les seuils d'apparition de la sporulation et des infections du mildiou sur la base des données météorologiques mesurées. La prévision des infections primaires a toujours donné lieu à une grande part

Date		Sporulation	Densité des spores*	Infection	Incubation**	Températures °C			Précipitations	Humectage		Croissance du feuillage		Notes	
Date de germination des oospores: 03.05.2004		Date de débourement: 30.04.2004		%		Fin	Min	Ø	Max	mm	heures	Degrés-heures ***	Nbre.	Surface	
												en cm <sup>2</sup>			
31.05.							11.8	15.4	20.3	0.6	14	182	8	615	
01.06.				x	100%	08.06.	11.3	13.6	15.8	24.0	24	326	8	649	
02.06.				x	100%	09.06.	12.0	15.7	19.8	3.4	10	163	9	722	
03.06.							10.5	12.8	15.0		4	49	9	751	
04.06.							11.0	16.3	20.8		2	28	9	811	
05.06.							10.0	16.6	22.3		3	30	9	875	
06.06.							12.0	17.4	22.8				10	969	
07.06.							8.8	18.5	27.3				10	1055	
08.06.							12.3	21.3	29.5		2	25	11	1187	
09.06.							12.5	22.0	30.5				11	1310	
10.06.							14.5	23.6	32.3				12	1465	
11.06.	x	145.97					13.5	19.1	25.3		5	73	12	1559	
12.06.	x	130.91	x	100%	18.06.		12.0	18.7	24.3	1.0	6	88	13	1656	
13.06.							12.3	15.3	19.3				13	1713	
14.06.							12.3	17.5	22.5				14	1796	
15.06.							10.3	18.2	23.8				14	1864	
16.06.							12.0	17.7	22.3				14	1929	
17.06.							9.0	19.3	27.3				15	2014	
18.06.							12.3	20.5	27.0				15	2098	
19.06.	x	25.29					11.8	16.6	23.0	7.8	10	135	15	2160	
20.06.				x	100%	26.06.	8.8	12.6	16.8	6.0	14	164	16	2195	
21.06.				x	100%	27.06.	8.8	16.1	22.5		7	81	16	2242	
22.06.							13.5	17.6	24.5	0.8	3	44	16	2313	
23.06.	x	205.54	x	100%	28.06.		14.5	18.2	21.8	15.6	8	135	17	2386	
24.06.							11.8	18.8	23.3				17	2444	
25.06.							12.0	18.5	25.0				17	2507	
26.06.							8.8	18.3	26.3				18	2571	
27.06.							11.5	21.6	30.5				18	2647	
28.06.							17.3	23.9	30.3				19	2741	
29.06.							12.5	20.3	26.8				19	2803	
30.06.							11.0	21.1	30.3				19	2866	
01.07.							13.0	20.1	24.3				20	2927	
02.07.							11.8	17.4	24.0				20	2972	
03.07.							10.8	18.0	23.8				20	3012	
04.07.							8.5	20.2	29.5				21	3069	
05.07.	x	264.79					16.3	20.5	27.5	5.4	5	81	21	3130	

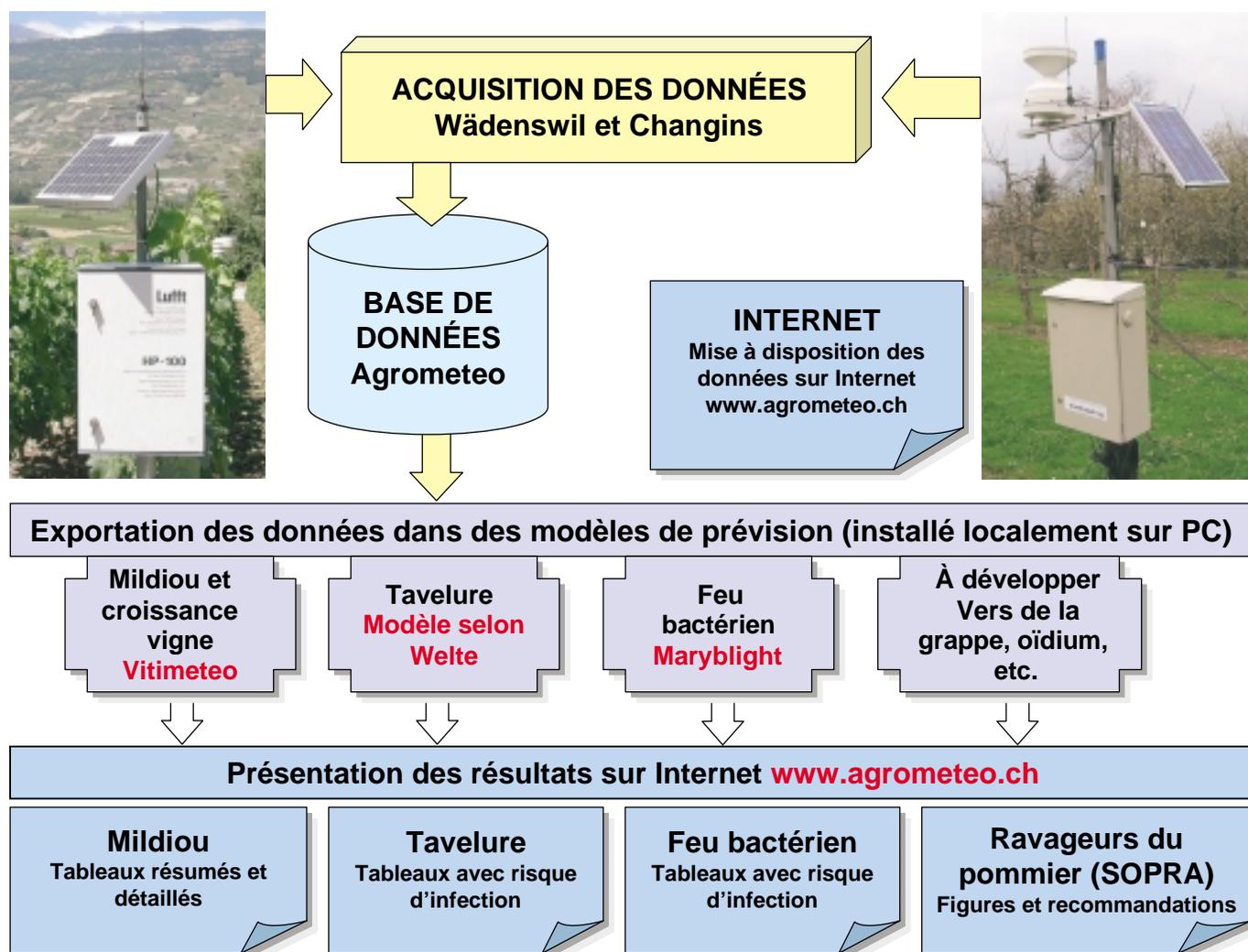


Fig. 2. Schéma du flux des données météorologiques dans Agrometeo, de l'acquisition à la prévision du risque, disponible sur Internet.

d'interprétation et d'insécurité. Dans Vitimeteo, les nouvelles connaissances sur les infections primaires décrites par HILL (1997, 2003) et VIRET et BLOESCH (2002) sont intégrées dans la détermination de cette phase décisive de l'épidémiologie. Les infections primaires sont possibles toute l'année et peuvent jouer un rôle épidémiologique important, non seulement en début de saison, mais aussi en se combinant avec les infections secondaires, ce qui amplifie le potentiel infectieux du pathogène. Les conditions nécessaires pour déclencher les infections primaires sont calculées en tenant compte de la somme de température (GEHMANN, 1987), du développement phénologique de la vigne, de l'intensité des précipitations (VIRET et BLOESCH, 2002), de la durée d'humectage des feuilles et de la température. Chacun de ces éléments peut être paramétré individuellement en fonction des particularités régionales et des observations personnelles, et les étapes de calculs sont contrôlables. Dans cette optique, Vitimeteo est un système-expert et non un modèle de prévision fermé. Il a toujours été admis que, dans les modèles actuels, la durée de survie des sporanges du mildiou était sous-estimée. Vitimeteo a permis d'intégrer les connaissances récentes à ce sujet, ainsi que le calcul de l'intensité des infections (HILL, 1989; KAST et STARK-URNAU, 1999). Le logiciel enregistre chaque jour automatiquement les données météorologiques et calcule les périodes d'infection, les conditions de sporulation et le déroulement de l'incubation pour l'intervalle de temps choisi. Les résultats sont présentés quotidiennement

sous forme de tableaux résumés par région (bassin lémanique, Valais, Nord vaudois, Suisse alémanique) et détaillés pour chaque station. La figure 1 présente un résumé d'une période de végétation de la vigne produit par Vitimeteo. Les périodes d'infection, les précipitations journalières, la fin de l'incubation, l'intensité de l'infection et le développement végétatif de la plante, basé sur le modèle de croissance de Geisenheim (SCHULTZ, 1992), sont indiqués sur le rapport quotidien. Celui-ci permet en outre de noter les traitements phytosanitaires appliqués. **Ces tableaux sont mis à la disposition des viticulteurs sur Internet depuis le printemps 2005 (www.agrometeo.ch).**

### Agrometeo et Vitimeteo

La base de données Agrometeo, développée par la Haute école du Valais à Sion, constitue l'élément central du système-expert. Des ordinateurs situés à Changins et à Wädenswil communiquent quotidiennement avec les stations météorologiques du réseau. Les valeurs sont ensuite transmises dans la base de données, où un contrôle de plausibilité est réalisé. Les valeurs aberrantes ou manquantes sont filtrées et remplacées momentanément par les valeurs d'une station de substitution. Les données d'une centaine de stations météorologiques réparties sur tout le territoire sont disponibles depuis deux ans sur Internet (www.agrometeo.ch) et sont utilisées

par Vitimeteo pour la prévision du mildiou de la vigne. Agrometeo a été conçu de façon à être compatible avec différents types de stations de mesures. Le réseau actuel est constitué de matériel Campbell, Lufft HP-100 et Opus II, mais peut accueillir d'autres types de stations. La figure 2 schématise le flux de données allant de l'acquisition à la prévision du risque. Le même principe a été développé pour la prévision des infections de la tavelure du pommier et du feu bactérien. Le système peut être appliqué à toute autre prévision nécessitant des données météorologiques.

## Modèle de croissance de la vigne

La durée d'efficacité des fongicides dépend de la dose de produit appliquée et de la qualité de l'application, mais également du développement végétatif de la vigne (HUBER *et al.*, 2003). Jusqu'à présent, cette notion a été intégrée de façon empirique pour définir les intervalles de traitement. Dans les années 1990, la Station de recherches de Geisenheim (Allemagne) a développé un modèle de croissance pour le cépage Riesling (SCHULTZ, 1992). Ce modèle permet de calculer le nombre de feuilles principales sur la base des données météorologiques. Il a été validé en 1999 également dans le sud de l'Allemagne sur les cépages principaux Müller-Thurgau et Pinot noir et a montré une très bonne corrélation avec les mesures de surfaces foliaires réalisées sur le terrain. Dans l'état actuel, seul le développement des feuilles principales peut être simulé. Cette indication permet de déterminer la phase de croissance exponentielle de la vigne, particulièrement critique dans la lutte contre le mildiou et l'oïdium. La modélisa-

tion du développement des entrecoeurs est une étape délicate qui est très fortement influencée par la gestion des travaux de la feuille. Un logiciel indépendant de Vitimeteo a été programmé et le résultat présenté dans les rapports quotidiens du système-expert (fig. 1).

## Comparaison entre Smartgraph (Lufft) et Vitimeteo

Les données météorologiques provenant de différentes stations de Suisse romande, où l'épidémiologie a été suivie en détail dans des parcelles témoin non traitées, ont permis de comparer les indications des systèmes de prévision Smartgraph et Vitimeteo. De façon générale, les indications des périodes d'infection sont cohérentes entre les deux systèmes, autant avec des données rétroactives de 1999 à 2003 que pour l'année 2004. L'infection primaire a été signalée le 1<sup>er</sup> juin en 2004 dans pratiquement toute la Suisse romande et les premières taches d'huile sont apparues à la fin de la période d'incubation le 11 juin à Changins sur des vignes non traitées. Vitimeteo a parfaitement indiqué ces informations (fig. 1 et 3) en affichant la date de sporulation de la tache d'huile les 11 et 12 juin. Le mildiou est ensuite resté discret dans toute la Suisse romande jusqu'au mois d'août. Vitimeteo tend à indiquer légèrement plus d'infections que Smartgraph; cette surenchère s'explique par la redéfinition de la durée de survie des sporanges après la sporulation, qui s'est avérée plus longue qu'estimée préalablement (HILL, 1989; KAST et STARK-URNAU, 1999).

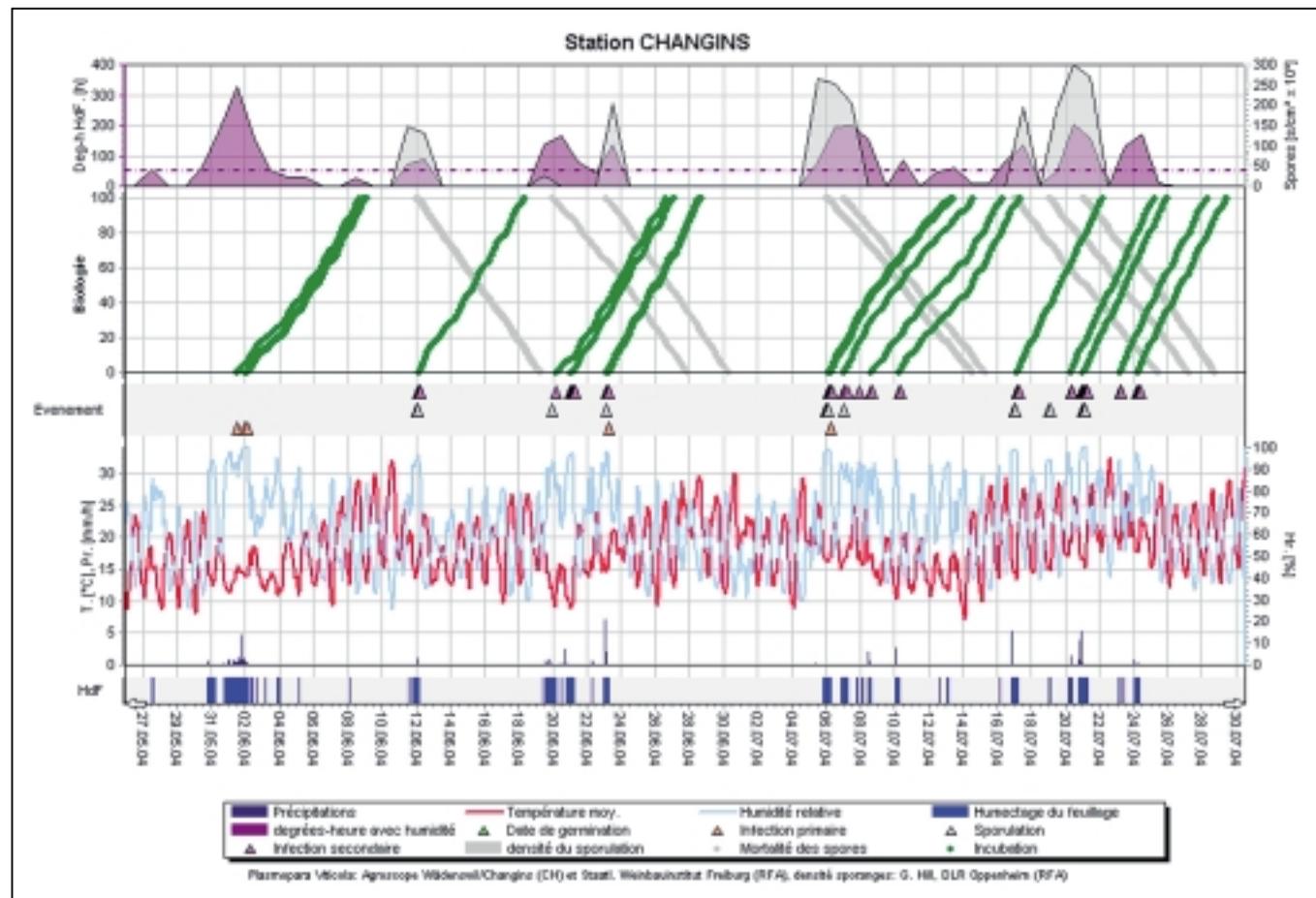


Fig. 3. Exemple de graphique produit par Vitimeteo pour la station de Changins en 2004. La partie supérieure du graphique contient les informations sur le développement épidémiologique du mildiou, la partie inférieure les données météorologiques.

## Remerciements

Ce projet a pu être réalisé grâce au soutien matériel de l'Office fédéral de l'agriculture (Prof. J. Morel), des stations phytosanitaires cantonales de Vaud, Genève, du Valais, de l'IRAB à Frick et de la HES Changins. La base de données Agrometeo a été réalisée par M<sup>me</sup> Ch. Salamin (HES à Sion). Nous remercions également G. Hill (SLVA, Oppenheim) pour ses suggestions et son soutien scientifique, le Prof. H. R. Schultz pour le modèle de croissance de la vigne et R. Krause (Geosens, Ebringen) pour avoir réalisé la programmation de Vitimeteo.

Olivier Viret, Bernard Bloesch,  
Anne-Lise Fabre  
et Werner Siegfried,  
Agroscope Changins-Wädenswil

Gottfried Bleyer, Bernhard Huber,  
Hans-Heinz Kassemeyer,  
Volken Steinmetz,  
Staatliches Weinbauinstitut  
Freiburg i.Br. (Allemagne)

## Pour en savoir plus...

- BLÄSER M., 1978. Untersuchung zur Epidemiologie des Falschen Mehltaus an Weinreben, *Plasmopara viticola* (Berk. & Curt, ex de Bary) Berl. & de Toni. Dissertation Universität Bonn.
- BLÄSER M., WELTZIEN H. C., 1979. Epidemiologische Studien an *Plasmopara viticola* zur Verbesserung der Spritzterminbestimmung. *Z. Pflanzenkrankh. Pflanzenschutz* **86** (8), 489-498.
- BLEYER G., HUBER B., 1996. Bekämpfung der Peronospora nach dem Freiburger Prognosemodell. *Deutsches Weinbau-Jahrbuch* **47**, 123-131.
- GEHMANN K., 1987. Untersuchungen zur Epidemiologie des Falschen Mehltaus an Weinreben *Plasmopara viticola* (Berk. & Curt, ex de Bary) Berl. & de Toni. Dissertation, Universität Hohenheim.
- HILL G., 1989. Effect of temperature on sporulation efficiency of oil-spots caused by *Plasmopara viticola* (Berk. & Curt, ex de Bary) Berl. & de Toni in vineyards. *Vitic. Enol. Sci.* **44**, 86-90.
- HILL G., 1997. Peronospora: dem Rätsel der Primäringfektion auf der Spur. *Deutsches Weinbau-Jahrbuch* **48**, 123-131.
- HILL G., 2003. Peronospora: wer schlägt zu? Winter- oder Sommersporren? *Das deutsche Weinmagazin* **12**, 11-15.
- HUBER B., BLEYER G., GESIOT M., 2003. Neue Entwicklungen bei der Bekämpfung des Falschen Rebenmehltaus. *Schweiz. Z. Obst-Weinbau* **9**, 6-10.
- KAST W. K., STARK-URNAU M., 1999. Survival of sporangia from *Plasmopara viticola*, the downy mildew of grapevine. *Vitis* **38** (4), 185-186.
- SCHULTZ H. R., 1992. An empirical model for the simulation of leaf appearance and leaf area development of primary shoots of several grapevine (*Vitis vinifera* L.) canopy-systems. *Scientia Horticulturae* **52**, 179-200.
- VIRET O., BLOESCH B., 2002. Observation on germination and primary infection of *Plasmopara viticola* (Berk. & Curt.) Berl. & De Toni under field conditions in Switzerland. In: Proceedings of the 4th International Workshop on Powdery & Downy mildew in Grapevine, Napa, California, U.S.A. Sept. 30-oct. 04 2002 (Eds. Gadoury et al.), 10-11.
- VIRET O., SIEGFRIED W., BLOESCH B., TAILLENS J., DUPUIS D., 2001. Prévision et gestion des infections du mildiou de la vigne (*Plasmopara viticola*) basées sur des stations d'avertissement. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **33** (2), I-XII.