

## **Klimaveränderungen und Wasserressourcen. Wie können meteorologische Daten zu einer besseren Regulation des Wasserzustandes im Weinberg verwendet werden?**

**Jean-Christophe PAYAN\***, **Iñaki GARCÍA DE CORTÁZAR ATAURI\*\***, **Bernard SEGUIN\*\***

\* ITV-France Rhône-Méditerranée , \*\*Unité Agroclim, INRA - Site Agroparc, Avignon

*Der Artikel wurde entnommen aus: Entretiens viti-vinicoles Rhône Méditerranée 2006 (ITV France)*

### **EINLEITUNG**

Die Trockenheit und drückende Hitze des Jahres 2003 haben ihre Zeichen hinterlassen. Klimaspezialisten sind sich darin einig, dass weitere Jahre mit ähnlichen Charakteristika auftreten werden. Diese Ereignisse werden alle zwei Jahre bis zur Mitte des Jahrhunderts auftreten und anschließend, gegen Ende des 21. Jhr., mit noch verstärkter Häufigkeit.

In den mediterranen Regionen haben die auf den Sommer 2003 folgenden Jahre nicht gerade dazu beigetragen, diejenigen zu beruhigen, die besonders empfindlich auf diese Klimasorgen reagieren. Unter den Betroffenen befinden sich in erster Linie Personen aus dem Agrarbereich.

Es ist folglich interessant, einige wissenschaftliche Überlegungen, die zur Formulierung derartiger Hypothesen führen, näher zu betrachten, um die Wahrscheinlichkeit der angekündigten Veränderungen besser beurteilen zu können.

Parallel zu diesen klimatischen Studien können meteorologische Untersuchungen sofort in die agrarische Praxis integriert werden, um den Produzenten bei der Ausführung ihrer Kultivierungstechniken zu begleiten. Ähnliche Modelle existieren schon, beispielsweise zum richtigen Umgang mit der Wasserbilanz im Weinberg.

### **DER KLIMAWANDEL**

Bereits seit vielen Jahren forschen Wissenschaftler weltweit über die Probleme des Klimawandels an verschiedenen Orten und unter der Annahme unterschiedlicher Zeitskalen (IPCC 2001). Die zunehmende Zuverlässigkeit der durch die globalen Klimamodelle getroffenen Vorhersagen (García de Cortázar et al. 2004) erlaubt, Studien über deren Auswirkungen mit einer gewissen Präzision durchzuführen.

### **Unterschiedliche Szenarien**

Die Entwicklung der Mitteltemperaturen im letzten Jahrtausend (Abbildung 1, links) zeigen eine eindeutige Tendenz zur Erwärmung gegen Ende des 20. Jhrs. (IPCC 2001). Ausgehend von diesem historischen Fakt und auf der Basis der Klimamessungen ab 1989, das Jahr, das von Experten als Bezugsjahr für den Beginn des Klimawandels angesehen wird, wurden verschiedene Hypothesen über die Temperaturentwicklungen im Laufe des 21. Jhrs. aufgestellt. Diese hängen ab von unserer Fähigkeit, unsere Treibhausgasemissionen zu regulieren (unter der Annahme unterschiedlicher politisch-ökonomischer Szenarien), von der Entwicklung des internationalen Handels, vom weiteren ökonomischen Aufstieg der Schwellenländer und der weiteren globalen Industrialisierung.

Das optimistischste Szenario sieht unter den Bedingungen des sofortigen Stops aller Treibhausgasemissionen eine Erhöhung der weltweiten Mitteltemperatur um ca. 1,5°C bis zum Ende des Jahrhunderts vor. Dieser Anstieg sei unvermeidlich aufgrund eines rückwirkenden Effektes der schon wahrnehmbaren Erwärmung, der so oder so Auswirkungen auf das zukünftige Klima haben wird.

Im pessimistischsten Szenario würden zunehmende weltweite Industrialisierung und weiter ansteigender Treibhausgasausstoß zu einer Temperaturerhöhung um 5,8°C gegenüber heute führen. Um sich der Konsequenzen derartiger Veränderungen bewusst zu werden, müssen wir sehen, dass laut ADEME (2006) die Jahresmitteltemperatur des Jahres 2003, bzgl. Intensität und Dauer weitaus höher gelegen als in allen anderen Jahren zuvor, von denen wir seit 1878 Daten besitzen, nur um 0,1°C höher lag als der vorausgehende Rekord im Jahr 1998. Wir sind folglich selbst weit entfernt von der optimistischen Annahme von 1,5°C, die in Abbildung 1 verdeutlicht wird.

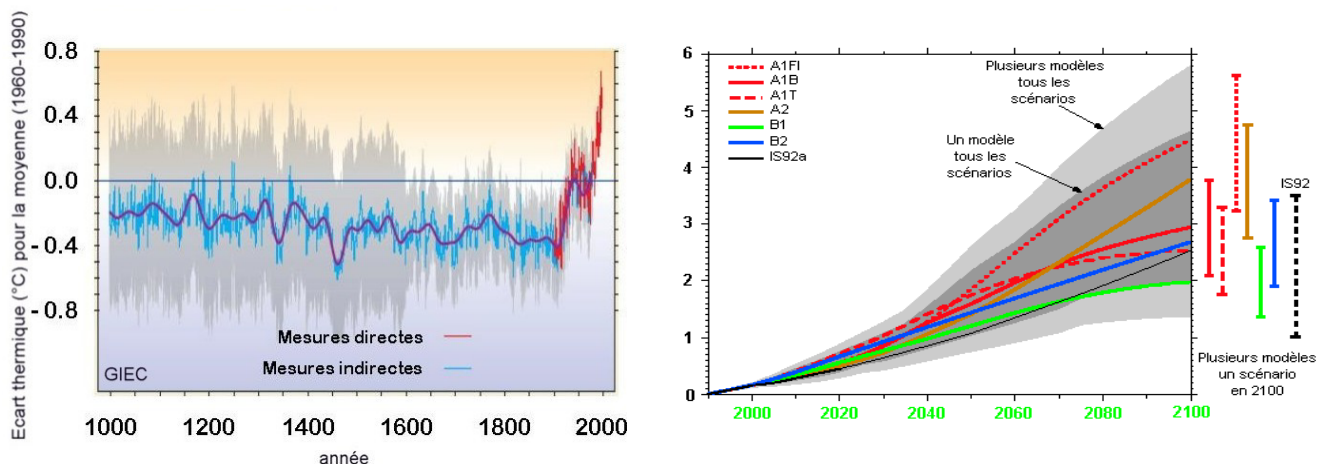


Abbildung 1: Klimaerwärmung im letzten Jahrtausend (links, ADEME 2006) und Vorhersagen für das 21. Jhr. nach verschiedenen Szenarien (rechts, IPCC 2001).

Die Klimaerwärmung wird nicht alle Regionen der Welt auf die gleiche Art und Weise treffen. Sie wird besonders evident auf den Kontinenten sein und noch eindeutiger auf der Nordhalbkugel jenseits des Wendekreises, mit einer maximalen Intensität am Polarkreis.

Jahreszeitlich gesprochen werden auf französischem Boden der Winter und Frühling weniger von der Erwärmung betroffen sein, gefolgt von einer sich zu heute stark unterscheidenden Sommerzeit. Dies trifft besonders auf die Mittelmeerregionen zu.

Außerdem ist es unverzichtbar, sich mit der Entwicklung und Verteilung der Niederschläge zu beschäftigen. Im weltweiten Mittel wird ein beachtlicher Anstieg der Niederschläge an Nord- und Südpolarkreis erwartet sowie auf dem afrikanischen und asiatischen Kontinent zwischen dem Wendekreis und dem Äquator.

Ein weiterer beunruhigender Effekt wird der starke Rückgang der jährlichen Niederschläge im Mittelmeergebiet, in Mexiko und im australischen Westen sein.

Es ist folglich wichtig, sich mit der jährlichen Verteilung der Niederschläge zu beschäftigen, um die wahrscheinlichen Folgen für die Kultivierung des Weinbergs besser bewerten zu können.

Für Frankreich existieren schon Studien, die eine Akzentuierung der Niederschlagsvariabilität zw. Nord und Süd und zwischen den Jahreszeiten belegen (Planton 2003). Nur während der Wintermonate wird gegenüber heute eine Wasserreserve angelegt werden. Die anderen Jahreszeiten sind von Wassermangel geprägt, besonders die Regionen im Süden und Südwesten.

### Auswirkungen auf die Rebe

Was die Physiologie der Rebe betrifft, hat die Klimaerwärmung unterschiedliche Auswirkungen.

An erster Stelle steht hierbei der Anreiz zur Biomasseproduktion durch die CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Luft. Durch die gleichzeitige Steigerung der Atmungsaktivität, auch dies ausgelöst durch den Temperaturanstieg, müsste sich der Biomassezuwachs auf 15-20% beschränken. Auch die Wassereffizienz wird durch den Anstieg der stomatischen Resistenz verbessert werden (Schultz 2000). Eins der im Weinberg auffälligsten Zeichen wird die Veränderung der Vegetationsperioden der Rebe sein, mit einer Wachstumsbeschleunigung der Organe aufgrund der höheren Temperaturen. (Brisson 2004). Der Blütezeitpunkt könnte sich um zwei oder drei Wochen nach vorne verlagern, der Zeitpunkt der Ernte um ca. einen Monat, wie sich schon in den Gebieten Côtes-du-Rhône und Médoc zeigt (Ganichot 2002). Es ist folglich möglich, dass sich ein anderes landwirtschaftlich-physiologisches Gleichgewicht einstellt, was zum Überdenken einiger Kultivierungspraktiken anregen sollte (García de Cortázar et al. 2004). Die Folgen für die Rebe sind ein schnelles Aufeinanderfolgen der verschiedenen physiologischen Stadien, eine früher erreichte Reife mitten in der Sommerperiode mit Risiken starker Veränderungen der organoleptischen Eigenschaften der Traube (Lebon 2002, García de Cortázar 2006). Die vorangehend genannten Elemente vor Augen haltend, wird sich der Vegetationszyklus der Rebe in einer mit Sicherheit heißeren, aber auch wesentlich trockeneren Periode abspielen. Dadurch erhöhen sich die Anforderungen an den Winzer, die Bewässerung aufgrund des Niederschlagsdefizits zu optimieren. Die besonderen Eigenschaften der Weine sowie die kultivierten Rebsorten werden mit den Jahren Veränderungen erfahren.

Es wurden einige Studien zur Anpassung der Rebe an diese klimatischen Veränderungen durchgeführt, aus denen klar hervorgeht, dass sich im Süden genutzte Varietäten nach Norden verlagern werden, so dass sich die aktuelle geographische Verteilung verschiedener Rebsorten verändern wird (Schultz 2000, Jones et al. 2004, Seguin et García de Cortázar 2004).

## **MODELLIERUNG IN DER LANDWIRTSCHAFT: IN DER ZUKUNFT EIN UNVERZICHTBARES HILFSMITTEL**

Um diesen Veränderungen in der Kultivierung zu begegnen, benötigen die Winzer Instrumente, die es ihnen ermöglichen, die Bedeutung des Klimas auf die Eigenschaften der Traube bei der Ernte zu bewerten. Einige dieser Instrumente stehen bereits zur Verfügung, andere befinden sich noch in der Entwicklung. Es handelt sich um Agrarmodelle, die die Simulation von Wachstum und Produktion der Kulturen unter Annahme bestimmter Klimadaten erlauben. Deren Anwendung erlaubt eine Projektion des Verhaltens der Kulturen in die Zukunft, indem zukünftige Klimaereignisse integriert und die möglichen Konsequenzen im Weinbau beobachtet werden können.

Um so realistisch wie möglich zu sein, werden diese Modelle in ihrer Konzeption extrem komplex. Ihre Realisierung ist ein sehr aktuelles Thema: wir stellen ein STIC-Weinbergkulturmodell vor, das von der Abteilung Agroclima des INRA in Avignon umgesetzt wurde und ein weiteres über die hydromineralen Konkurrenzsituation in begrüntem Weinbergen der Abteilung UMR des INRA in Montpellier.

Eine weitere mögliche Verwendung der Modellierungen dient dazu, das Wissen über die Weinberge zu verbessern und erlaubt somit, ihre Entwicklung im Laufe der Vegetationsperiode zu verfolgen. Es gibt Modelle, die die Häufigkeit der Eingriffe im Weinberg zur Verbesserung des Rebenzustandes optimieren. Dies ist ein Basisziel, da es für die richtige Kulturführung des Weinbergs verantwortlich ist.

Ein Instrument dieses Typs wurde von ITV in Zusammenarbeit<sup>1</sup> mit Fachkräften aus dem mediterranen Weinbausektor und einigen landwirtschaftlichen Forschungslabors entwickelt. Diese Arbeit hat zum Ziel, das Wissen über die Auswirkungen von Wasserdefizit auf die Traubeneigenschaften zu bereichern und ein Instrument zu entwickeln, das deren Bewertung in angebrachten Zeiträumen erlaubt.

Der Entstehungsprozess dieser Methodologie wird im Folgenden detailliert dargestellt.

### **Ein Wasserbilanzmodell als Hilfsmittel für Bewässerungsentscheidungen**

Die Schätzung des Wasserstandes eines Weinbergs sowie die Überwachung seiner Entwicklung im Laufe der Vegetationsperiode ist nur mit technisch komplizierten Messungen im Feld möglich. Daher sind die Kontrollkapazitäten auf regionaler Ebene erheblich eingeschränkt.

Die Konsequenzen eines hohen Wasserdefizits können sich als sehr schwerwiegend für die Rentabilität eines Betriebes erweisen. Daher ist es von großer Notwendigkeit, die Entwicklung des Wasserzustandes im Weinberg verfolgen zu können, um die Kultivierungspraktiken an die Ergebnisse anzupassen.

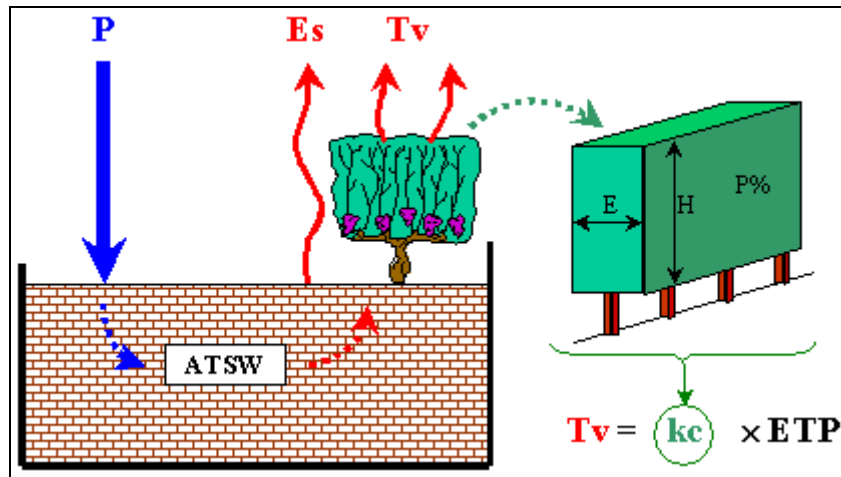
Eine einfache Methode könnte sein, die Klimadaten, die die Wasserverteilung im Weinberg beeinflussen, bzgl. ihrer Auswirkungen auf ebendiese zu interpretieren. Modelle dieses Typs nennt man Wasserbilanzmodelle. Das hier betrachtete Modell geht auf Arbeiten von Riou (1994) und Carbonneau (1998) zurück. Mit diesem Modell kann man die Entwicklung der Wasserreserven im Weinberg verfolgen, indem der Boden als einfacher Speicher betrachtet wird, der sich mit dem Regen auffüllt und sich als Konsequenz der Evapotranspiration des Weinbergs leert (Abbildung 2).

Da nicht alle Weinbergspartellen aus landwirtschaftlichem Gesichtspunkt gleich sind (Bodentiefe, Bodentyp, Pflanzungsdichte ...) sollte eine Methode gewählt werden, in der die Wasserbilanz mit den Geländeeigenschaften kombiniert wird (Riou et Payan 2001, Lebon et al. 2003, Payan et al. 2003, Pellegrino 2003, Fermond 2005). Dies erlaubt, einen dauerhaften Parameter für den Weinberg zu bestimmen: die Wasserreserven, die der Rebe zur Verfügung stehen (TTSW).

Ausgehend von diesen Daten und die meteorologischen Daten interpretierend kann man mit der Modellierung die Entwicklung des Wasserstandes im Laufe des Jahres verfolgen. So können unterschiedliche Jahre und Weinberge miteinander verglichen und die Wassermenge und Eingriffszeiträume besser bestimmt werden.

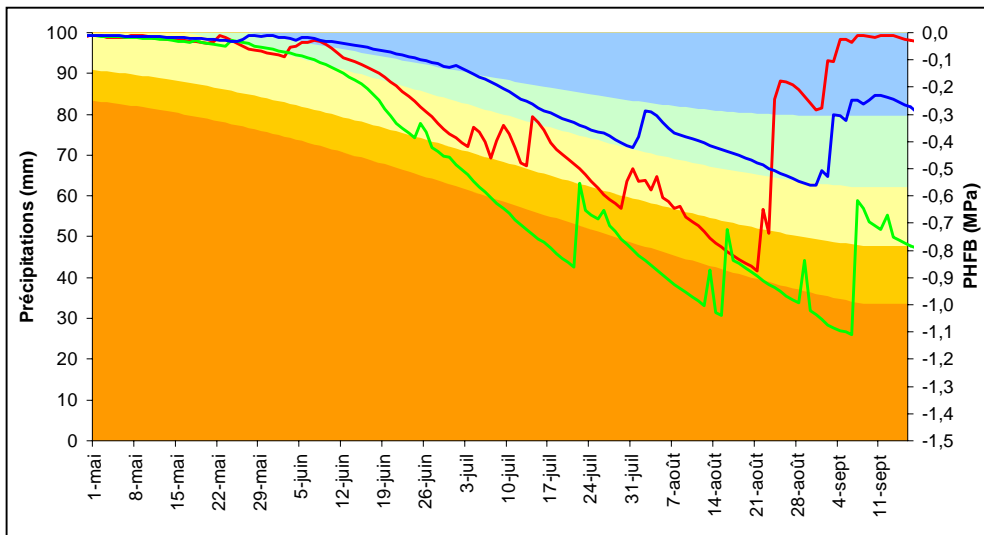
---

<sup>1</sup> Chambres d'Agriculture de l'Aude, des Bouches-du-Rhône, du Gard, de l'Hérault, du Var et du Vaucluse ; CIRAME ; CIVAM Corse ; INRA; ENITA Bordeaux



**Abbildung 2: Darstellung der Wasserkreisläufe in der Wasserzustandsbilanz.** ATSW = Wasserreserven im Boden, die die Pflanze nutzen kann; P = Niederschlag; Es = Bodenevaporation ; Tv = Transpiration der Pflanzen; kc = Strahlungskoeffizient; E = Vegetationsdichte; H = Vegetationshöhe; P% = Durchlässigkeit der Vegetation; ETP = potentielle Evapotranspiration.

Parallel zu diesem Ansatz beschäftigen sich viele aktuelle Arbeiten mit der Definition eines optimalen Wassermanagements. Ziel ist, die Wasserniveaus zu quantifizieren, jenseits derer die Produktionsziele aufgrund von Wassermangel oder -überschuss nicht erreicht werden können. Die Modellierung der Wasserstandsentwicklung ermöglicht die Einordnung der Parzellen in ein Bewertungsraster, um eine Situationsanalyse durchführen zu können (Payan 2004, Gary et al. 2005). Anschließend können für das angenommene Produktionsziel die auszubringenden Wassermengen und -zeiten beurteilt werden (Abbildung 3).



**Abbildung 3: Beispiel für die Benachteiligung von drei Jahrgängen oder Weinbergen durch ihre Wasserbilanz vom 1. Mai bis zum 15. September.**

Dies ermöglicht die Darstellung kritischer Wasserzustandsstadien zu einem bestimmten Zeitpunkt. Die eingefärbten Bereiche repräsentieren bestimmte Bewässerungstypen, die zum Erhalten verschiedener Weintypen führen.

## SCHLUSSFOLGERUNGEN

Für den richtigen Umgang mit dem Wasserzustand eines Weinberges ist es wichtig, die Klimateigenschaften im Jahresverlauf im Auge zu behalten. Zahlreiche Studien zeigen, dass in Zukunft die schon jetzt vorstatten gehende Klimaerwärmung beunruhigende Ausmaße annehmen wird. Daher müssen mehr Anstrengungen unternommen werden, um ein Qualitätsprodukt zu erhalten.

Auch wenn die Vorhersagen für die Niederschlagsentwicklung nicht so alarmierend sind wie die bzgl. der Temperaturen, so ist die Tendenz der Reduzierung der vorhandenen Wassermenge in den Mittelmeergebieten eindeutig. Daher müssen die Kultivierungstechniken der Winzer optimiert werden. Zahlreiche solche Instrumente befinden sich in der Entwicklung; es handelt sich hierbei um Agrarmodelle. Die bisher fortschrittlichsten erlauben eine mittel- bis langfristige Simulation der Veränderungen im französischen Weinbau. Diese Modelle können schon jetzt als Hilfsinstrumente für richtige Entscheidungen verwendet werden. Insbesondere ein Modell zur Entwicklung des Wasserzustandes kommt schon heute zur Anwendung.

Unter der Annahme einer Lockerung der aktuell gültigen Gesetzgebung kann der Winzer heute zahlreiche, immer präzisere Informationen erhalten, wie eine qualitative Bewässerung korrekt durchgeführt wird. Und hier entstehen zahlreiche Fragen über die Zugangsmöglichkeiten zu den Wasserressourcen. Tatsächlich regen einige Elemente zu der Beobachtung an, dass, auch wenn die Regeln es erlauben und man eine „qualitative Bewässerung“ erarbeiten kann, die südlichen Weingebiete oft in ziemlich trockenen Zonen mit limitiertem Wasserzugang liegen. Man muss folglich Anschluss an ein Verteilungsnetz haben und nicht alle Weinberge sind diesbezüglich gleich günstig gelegen.

Auf der anderen Seite muss man die zunehmende Verschärfung der Trockenheit in diesen letzten Jahren und die immer systematischeren Restriktionen bzgl. der Wassernutzung in Betracht ziehen. Der landwirtschaftliche Sektor steht immer öfter in der Diskussion und wird dazu angehalten, den die Trockenheit tolerierenden Kulturen Vorrang vor denen zu geben, die große Mengen an Wasser benötigen.

Auch wenn die zuvor präsentierten limitierenden Faktoren keine Hindernisse mehr darstellen, muss man sich in diesem Zusammenhang fragen, welche Auswirkungen es auf die öffentliche Meinung und folglich den Konsumenten haben wird, wenn eine traditionell nicht bewässerte Kultur wie die Rebe genau in den Zeiträumen bewässert werden muss, in denen das Wasser am knappsten ist und von allen verlangt wird, sparsamer im Wasserverbrauch zu sein.

Mit dieser Perspektive werden ein richtiger, kontrollierter und rationeller Umgang mit der Bewässerung und besonders der Einsatz von Wasserverschwendung einschränkenden Techniken eine absolute Notwendigkeit sein.

## LITERATURVERZEICHNIS

- ADEME 2006** Site Internet : <http://www2.ademe.fr/servlet/KBaseShow?sort=-1&cid=13419&m=3&catid=13421>
- Brisson N. 2004** Questionnements sur l'impact du changement climatique sur les grandes cultures. Séminaire MICCES INRA, Isle sur Sorgue, 22-23 janvier 2004.
- Carbonneau A. 1998** Irrigation, vignoble et produits de la vigne. *Traité d'irrigation*, Jean-Robert TIERCELIN, éd. Lavoisier Tec & Doc : 257-276.
- Fermond N. 2005** A propos de deux modèles de bilan hydrique. Mémoire de fin d'études, ENITA Bordeaux, 53p.
- Ganichot B. 2002** Evolution de la date des vendanges dans les Côtes-du-Rhône méridionales. *6èmes Rencontres Rhodaniennes*, éd. Institut Rhodanien, Orange, France : 38-41.
- García de Cortázar Aauri I. 2006.** Impacts sur le vignoble, perspectives. *Le Changement climatique: quelles conséquences pour l'agriculture et la sylviculture régionales? Rencontre Chercheurs/Professionnels*. 2 février. INRA. Avignon.
- García de Cortázar Aauri I., Brisson N. et Seguin B. 2004** Estimation de l'impact du changement climatique sur les résultats agronomiques de la vigne avec le modèle STICS. *Cahier Technique Mondaviati*, éd. ITV France : 151-159.
- Gary C., Payan J.C., Kansou K., Pellegrino A. et Wéry J. 2005** Un outil de diagnostic de la contrainte hydrique de parcelles viticoles, en relation avec des objectifs de rendement et de qualité. *Comptes-rendus GESCO vol.2*, Geisenheim : 449-456.
- IPCC 2001.** *Climate change 2001 : impacts, adaptation and vulnerability*. Contribution of Working Group II to the third assessment report of IPCC, Cambridge University Press, Cambridge.
- Jones G. V., White M. A. et Cooper O. R. 2004** *Climate change and global wine quality*. Climatic Change. (in review).
- Lebon E. 2002** Changements climatiques: quelles conséquences prévisibles sur la viticulture? *6èmes Rencontres Rhodaniennes*, éd. Institut Rhodanien. Orange, France. p. 31-36.
- Lebon E., Dumas V., Pieri P. et Schultz H.R. 2003** Modelling the seasonal dynamics of the soil water balance of vineyards. *Functional Plant Biology*, 30 : 699-710.
- Payan J.C. 2004** L'évaluation de la contrainte hydrique: développer des outils pour mieux connaître ses conséquences sur la qualité de la vendange. *Cahier Technique Mondaviati*, Bordeaux, éd. ITV France : 127-132.
- Payan J.C., Ramel J.P., Martinez A.M. et Salançon E. 2003** Sécheresse et canicule en 2003 : caractérisation climatique et méthodes d'identification au vignoble. *Comptes-rendus Euroviti*, Montpellier, éd. ITV France : 3-14.
- 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 à des indicateurs de fonctionnement de la plante*. Thèse de doctorat, AgroM Montpellier, 138p.
- Planton S. 2003** A l'échelle des continents : le regard des modèles. *Comptes-rendus de l'Académie des Sciences*, Paris. Tome 335, n°6-7 : 535-543.  
Riou 1994
- 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. *Comptes-rendus GESCO*, journée professionnelle, Montpellier : 125-133
- Schultz H.B. 2000** Climate change and viticulture : a european perspective on climatology, carbon dioxide and UV-B effects. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 6 : 1-12.
- Seguin B. et García de Cortázar Aauri I. 2004** Climate warning : consequences for viticulture and the notion of « terroirs » in Europe. *7<sup>th</sup> International Symposium of Vineyard Physiology and Biotechnology*, 21-25 june, Davis USA.