

MISCELÁNEA**RESPUESTAS DE LA VIÑA AL TERROIR. Elementos para un método de estudio**Deloire, A.¹, Ferrer, M.², Carbonneau, A.¹

Recibido: 30/09/02 Aceptado: 10/04/03

RESUMEN

El concepto de *terroir* vitícola se caracteriza por la asociación “*clima - suelo - planta*” al cual se suman las ciencias enológicas y el Hombre, indispensables para elaborar un vino de calidad. La comprensión de cuales son los factores que intervienen en la calidad de la cosecha implica el conocimiento de las relaciones “*planta entera - bayas*”. Para ello se proponen elementos metodológicos fácilmente utilizables en campo y en laboratorio que permitan el estudio de estas relaciones, integradas con relación a los vinos. El conocimiento del comportamiento hídrico de la viña y la evolución bioquímica de la baya durante su crecimiento, a partir del estado herbáceo, son aspectos importantes para la comprensión del rol del *terroir* vitícola en la calidad de la vendimia y la tipicidad de los vinos.

PALABRAS CLAVE: viña, *terroir*, comportamiento hídrico,

SUMMARY**VINE AND TERROIR RESPONSES.
Elements to determine a method of study**

The *terroir* is characterized by the association “*climate – soil – vine*”, which were added the sciences for enology and professional, indispensable for wine quality elaboration. The understanding of the harvest quality requires the knowledge of the relations “*whole plant – berry*” and the relations with the wine. We propose a method, easy to use in the field and in the laboratory, to study the relations “*whole plant - berry*” and the relations with wine. The knowledge of the vine water comportment and berry biochemical evolution, since the berry green growth stage, are important for the comprehension of *terroir* role the harvest quality and the wine “*typicite*”.

KEY WORDS: vine, *terroir*, water comportment.

INTRODUCCIÓN

Los *terroirs* vitícolas son objeto, desde hace muchos años, de numerosas investigaciones (cf. Coloquio Internacional sobre *Terroirs* Vitícolas, Angers - Francia 1996) Si bien estos estudios son relativamente recientes, el con-

cepto de *terroir* podía igualmente ser descrito, ya que encierra nociones muy ricas, ligadas a la calidad y a la tipicidad de ciertos productos agrícolas, como los vinos y los quesos entre otros. Para asegurar que el concepto de *terroir* se base sobre realidades que no sean discutibles, debe ser considerado bajo el ángulo de las investigacio-

¹ Agro – Montpellier 2, Place Viala 34060 Montpellier – Francia E-mail: deloire@ensam.inra.fr

² Facultad de Agronomía Av. Garzón 780 Montevideo – Uruguay E-mail: mferrer@fagro.edu.uy

nes técnico - científicas , más allá de mensajes positivos que pueden vincular al consumidor con un producto.

LAS DEFINICIONES DEL TÉRMINO TERROIR

Las diferentes definiciones del término *terroir* son muy bien descritas por Vaudour (2001). El término *terroir* proviene del latín popular *terratorium*, deformación de *territorium*. Es útil recordar los siguientes términos directamente ligados a la filial vitivinícola (Morlat, 1989; Laville, 1993; Carbonneau, 2001):

- UTB : Unidad de *Terroir* de Base = “mesoclima x suelo/ sub suelo “ sobre una serie de años a la escala de la parcela o de un grupo de parcelas.
- UTV : Unidad de *Terroir* Vitícola = UTB x cepaje x tecnología viña - vino.

El viticultor actúa sobre los componentes intrínsecos de la UTB como el microclima radiativo, térmico o hídrico de la vegetación y de los racimos, influyendo así sobre la calidad de la materia prima, y en asociación con el enólogo, sobre la tipicidad del vino .

La herencia histórica y la dimensión socio - cultural del *terroir* son determinantes y refuerzan su carácter único (Dion, 1977 ; Lachiver, 1988 ; Garrier, 1998 ; Carbonneau, 2001).

LA ASOCIACIÓN SUELO - CLIMA- PLANTA

Los objetivos de estudio tienen diversos enfoques, que se centran generalmente sobre el suelo, el clima y el seguimiento analítico y sensorial de los vinos, con una relación entre la planta y el vino a través del seguimiento de la maduración de las uvas (Morlat, 1978; Noble, 1979; Seguin, 1983 ; Jacquinet 1989; Lebon 1993 ; Dodelec, 1995; Martín, 1995; Bremond , 1996; Carbonneau, 1996; Morlat, 1996; Sôtes, 1996; Salette, 1997 ; Fanet, 2001 ; Vaudour, 2001 a y b; Martín, 2002). Estos autores han realizado estudios importantes y necesarios, Sin embargo, para comprender un cierto número de situaciones vitícolas, es indispensable ir más lejos en el conocimiento de la relación “*planta entera - baya*.” Es en este sentido que se propone, en el marco de estudio de *terroir* vitícola, profundizar en el conocimiento de esta relación. El concepto de *terroir* se apoya en los siguientes componentes : clima, suelo, cepaje y el Hombre, actor mayor de los *terroir*. Se verá de manera muy resumida los diferentes componentes, insistiendo sobre la planta, objeto de esta presentación. No se abordará el factor humano, el que es omnipresente en el concepto de *terroir* y que es abordado por varios equipos de

trabajo. (INAO, 1984 ; Dupuy, 1989 ; Letablier et Nicolas, 1994).

El clima : Las tres escalas climáticas (macroclima para la región, mesoclima para la parcela y microclima para la planta) fueron validadas por Carbonneau (2001). Los índices climáticos puestos a punto para comprender la respuesta del cultivo de la vid a diferentes parámetros climáticos, son actualmente conocidos y operacionales. Se pueden citar : Índice de Huglin ; Índice de Fresco de las noches (IF) y el Balance Hídrico del Suelo (Riou, 1994; Riou, 1997; Tonietto, 1999). En el marco de los estudios climáticos, es necesario identificar cual es el factor limitante. Normalmente, ocurre que existe un número reducido de estaciones meteorológicas en la zona , lo que limita los estudios a escala parcelaria o de un grupo de parcelas.

El suelo : Para comprender las relaciones *suelo – viña* son indispensables estudios geo – pedológicos que permitan la elaboración de cartas pedológicas, perfiles hídricos del suelo y del crecimiento radicular de la planta. (Trambouze y Voltz, 1996 ; Hunter, 1998). Sin embargo, estos estudios en el área de la ciencias del suelo por si solos, no permiten describir y comprender el funcionamiento de la planta y la evolución bioquímica de la baya de la cual depende la calidad de la vendimia. Se han desarrollado nuevos sistemas de estudio que tienen en cuenta tratamientos de imágenes satelitales y utilizan Sistemas de Información Geográfica (SIG). Estos sistemas están desarrollados y adaptados a la modelización espacial o a la zonación de los *terroir* vitícolas, por intermedio de la caracterización de los suelos vitícolas al seno de unidades pedopaisajes. Estos métodos son susceptibles de integrar múltiples informaciones, relacionando la cubierta pedológica al clima o a la planta. La adquisición y el tratamiento de estas informaciones se demuestran indispensables para comprender el funcionamiento de la planta, pero dependen de la disponibilidad de información según tres tipos de situación:

- a) las informaciones sobre el suelo y el clima son tomadas a nivel de la parcela y/o de un grupo de parcelas.
- b) las informaciones son de difícil obtención ya que los medios son limitantes, en particular por la ausencia de estaciones meteorológicas para la obtención de información climática.
- c) la información que se dispone sobre suelo y clima es parcial, y en paralelo a los estudios sobre la planta.

La planta : Desde hace varios años se llevan adelante numerosos estudios sobre la vid y su funcionamiento, muchos de los cuales aún se continúan a nivel de la fisiología molecular (Roubelakis-Angelakis, 2001). A título de ejemplo se pueden citar algunos trabajos (May *et al.*, 1976;

Carbonneau *et al.*, 1978 ; Schultz, 1993 ; Katerji *et al.*, 1994; Smart, 1995; Carbonneau, 1996b ; Naor *et al.*, 1997; During, 1998; Hunter, 1998; Zufferey *et al.*, 2000). El interés de estudios a escala de planta entera y la pertinencia de aproximaciones multidisciplinarias queda de manifiesto en varias de estas investigaciones.

LA APROXIMACIÓN “PLANTA ENTERA- BAYA”

Apoyándonos en estos antecedentes técnicos - científicos se propone elaborar, en el contexto del conocimiento de los *terroirs* vitícolas, una aproximación del conocimiento de la *planta entera-baya* que sea fácilmente puesta en práctica (en el terreno o laboratorio) y que aporte información confiable sobre el comportamiento de la vid y la bioquímica de la baya. Esta metodología, es ciertamente ajustable en la medida que se registren progresos en la investigación. Sin embargo, la misma puede ser muy útil para establecer una primera aproximación al comportamiento de la planta en relación con su medio ambiente. Esta metodología se justifica también para las situaciones donde la información suelo y/o clima son difícilmente accesibles a la escala de parcela o grupo de parcelas. Las informaciones así obtenidas sobre la *planta entera y la baya*, integradas al contexto del medio, están en relación estrecha con la calidad de la vendimia y la calidad de los vinos. La información relevada se refiere, fundamentalmente, a la evolución del estado hídrico de la planta y al microclima de los racimos, en relación con la bioquímica de la baya a partir del estado herbáceo de su crecimiento. La dificultad residirá en establecer las correlaciones pertinentes.

LOS ELEMENTOS DEL MÉTODO

Los estudios a ser efectuados sobre la planta deben tener en cuenta los siguientes puntos en relación a sus estados fenológicos:

a) La planta

- el estado hídrico.
- el crecimiento de los sarmiento y de las feminelas.
- la superficie foliar total (SFt) o la superficie foliar expuesta potencial (SFEp) por m² o por hectárea (Carbonneau, 1995 ; Murisier, 1996).
- la relación SFE/P (superficie foliar expuesta/peso de cosecha, por m². Esta relación depende del vigor de la planta (Carbonneau, 1999).
- el vigor (peso de un sarmiento).
- la expresión vegetativa (peso del conjunto de los sarmientos de una planta o por m²).

- la capacidad de una planta (0.5 x peso de poda + 0.2 x peso de cosecha).

b) Las bayas

- el crecimiento de las bayas.
- las características mecánicas de las bayas (firmeza) (Abbal y Planton, 1991).
- el peso de 200 bayas y el peso de 1 baya.
- el peso de cosecha /planta o m².
- la evolución de los metabolitos primarios (azúcares, ácidos) y secundarios (fenoles, más fácilmente analizables en la rutina que los aromas).

Estos elementos constituyen una serie de medidas de campo y laboratorio accesibles o de un nivel de accesibilidad razonable. En función de las preguntas realizadas y de los medios disponibles, es posible el abordaje a diferentes niveles.

Para algunas de estas medidas es interesante realizar algunas aclaraciones:

Precisión sobre ciertos elementos del método

El estado hídrico de la planta: la información está dada por la medida del potencial hídrico foliar gracias a la técnica de la cámara de presión (Scholander, 1965; Ojeda *et al.*, 2001.). El método de referencia que se utiliza actualmente es la medida del potencial hídrico foliar de base (PHFb) que se mide antes del amanecer, cuando los estomas de las hojas están cerrados y se ha restablecido el equilibrio hídrico en relación al agua del suelo. Hay una buena relación entre el estado hídrico de la planta medido por el PHFb y la reserva útil de agua del suelo. En este sentido los valores umbrales del PHFb han sido propuestos por Carbonneau (1998) y permiten apreciar el grado de estrés hídrico sufrido por la planta. Los umbrales aproximativos surgen de una veintena de años de observaciones en muchos viñedos y sobre varios cepajes:

- 0Mpa > - P > -0.2 Mpa ausencia de estrés hídrico
- 0,2Mpa> - P >-0,4Mpa estrés hídrico ligero a medio
- 0,4Mpa> -P > 0.6 Mpa estrés hídrico medio a fuerte
- 0,6Mpa>-P estrés hídrico fuerte

Se pueden realizar algunas precisiones :

- Todas las técnicas de evaluación del estado hídrico de la viña, diferentes al PHFb, deben ser referidas a este. Es el caso del potencial hídrico del pámpano (Choné, 2001) y de la medida del potencial hídrico foliar del zenit. Estos dos últimos métodos miden de manera indirecta la transpiración global del follaje y son dependientes de

las condiciones meteorológicas (cielo nublado, humedad del aire, etc.).

- b) El PHFb es dependiente de la lluvia y es necesario tener en cuenta este aspecto en el seguimiento de la cinética hídrica. El método permite registrar las respuestas de la planta en el corto plazo (algunas horas), en relación a una modificación del estatus hídrico del suelo.
- c) En las situaciones donde la estimación de la reserva útil del suelo, en relación con su profundidad, son difícilmente medibles, el PHFb es el método recomendado para apreciar el estado de la reserva hídrica de un suelo y su evolución, vía la planta. Las raíces llegan donde generalmente las sondas de neutrones no pueden hacerlo.
- d) Las medidas de PHFb se realizan de preferencia en cinética sea de floración a maduración, sea de envero a maduración. La evolución del estado hídrico de la planta, en el curso del ciclo vegetativo, es lo que mejor reseña el impacto del agua sobre el crecimiento de la planta y sobre la bioquímica de la baya. Se sugiere realizar las medidas en los siguientes períodos: floración (100% de flores abiertas), cerrado del racimo, envero (50% de bayas enveradas), mitad de maduración y de maduración a la cosecha.
- e) Estas medidas realizadas a escala de la *planta entera* permiten caracterizar la homogeneidad o heterogeneidad de una parcela o grupo de parcelas, en término de su comportamiento hídrico, y permiten la aplicación de un tratamiento estadístico de los datos.
- f) El balance PHFb de una parcela puede permitir evaluar el interés de realizar fosas pedológicas (calicatas) para comprender la eventual heterogeneidad de comportamiento observado, que estaría ligado, fundamentalmente, a la capacidad de enraizamiento de la planta en relación con la profundidad del suelo o a su naturaleza.
- g) El rol central del agua en la viña concierne tanto al suelo (oferta) como a la absorción de la radiación en relación con la arquitectura de la planta (demanda) (Carbonneau, 2000).

El crecimiento vegetativo: el seguimiento de la cinética del alargamiento de los sarmientos principales puede reseñar la dinámica del crecimiento de la planta (Bessis y Ecevit, 1974; Fournioux, 2001). El crecimiento de los sarmientos y de las feminelas están en relación estrecha con el estado hídrico de la planta (Hardie y Martín, 2000; Lebon, 2001), y con la fertilización nitrogenada (Conradie, 1980). Las medidas de vigor y de expresión vegetativa resultan interesantes para comparar situaciones diferentes. Se puede tratar de parcelas con comportamiento hídrico y/o nítrico diferente o simplemente para comparar, para una misma situación de vigor, los sistemas de conducción entre sí.

(Katerji *et al.*, 1994; Carbonneau *et al.*, 2001; Mauro *et al.*, 2001). Las medidas de crecimiento deben referirse a los estados fenológicos y en este sentido es aconsejable la utilización de la escala de Eichorn y Lorenz (1995). El balance del carbono aporta información sobre su repartición entre los diferentes órganos (Conradie, 1980). Es necesario insistir sobre el hecho que el estado hídrico de la planta se explica en función del aporte de agua (suelo) pero también en función de la demanda (arquitectura de la vegetación). Es así que el concepto de superficie foliar total y superficie foliar expuesta toma gran significación. (Carbonneau, 1976; Carbonneau, 1995; Mabroux y Carbonneau, 1996; Murisier, 1996). En este sentido es necesario recordar que la relación SFE/P se explica en función del vigor de la planta (Carbonneau, 1999). La relación SFE/P es más alta en la medida que las fosas en competencia con los racimos son más numerosas. (la importancia de las "fosas" de los sarmientos primarios y secundarios, se evalúa por la medición del vigor y de la expresión vegetativa). Los trabajos de investigación muestran que el sistema de conducción en la viña, es un elemento importante que determina la calidad de la cosecha y la tipicidad de los vinos (cf. Diferentes actas de los Coloquios del GESCO).

El crecimiento de la baya: los métodos de selección de bayas en función del diámetro o de su tenor en azúcares, desarrollados por el Dr. Romieu (INRA—Montpellier, UMR "Sciences pour l'Oenologie", com.pers.), permiten visualizar las etapas del crecimiento de la baya. A través de estos métodos, se ha podido confirmar la ausencia de relación sistemática entre el tamaño de la baya y su tenor en azúcares. La apreciación visual del crecimiento de las bayas es aleatoria, y el método de selección ha mostrado que para numerosos cepajes y en muchas situaciones, hay una heterogeneidad considerable del tamaño y del peso entre las bayas de un mismo racimo, entre racimos de una misma planta y entre racimos de diferentes plantas. Se ha registrado igualmente una evolución diaria del diámetro de la baya en relación con el estado hídrico de la viña (Greenspan *et al.*, 1994). El número de clases de bayas y su frecuencia depende, entre otros factores, del estado hídrico de la planta. Es interesante, para ciertos estudios (dosificación de azúcares, de ácidos, de metabolitos secundarios, estudios de crecimiento, etc), trabajar por clase de bayas (Ojeda, 1999; Ojeda *et al.*, 2001). Según la pregunta formulada puede ser necesario estudiar las características mecánicas de la baya, que reflejen su turgencia en relación con el cepaje y el *terroir* (Robin *et al.*, 1997).

Trabajos recientes han aportado resultados originales indicando que un estrés hídrico aplicado a la viña de flora-

ción a envero, no modifica la multiplicación celular sino el agrandamiento de las células, y según sea la intensidad del estrés el efecto puede ser irreversible (Ojeda *et al.*, 1998, 1999, 2001). Cuando la situación de estrés se produce del envero a maduración puede tener un carácter reversible, debido a la plasticidad celular (el ablandamiento de la baya que caracteriza el comienzo del envero). El fenómeno de concentración - dilución es directamente dependiente del estado hídrico de la planta, el que a su vez está en relación con la reserva fácilmente utilizable del suelo y el aporte de agua bajo forma de riego o lluvia. Para la baya el número y tamaño de las células son elementos importantes que participan en la calidad de la vendimia, de igual manera que la relación superficie pelicular / pulpa (Carbonneau *et al.*, 1998). Es por esta razón que en los resultados de los análisis bioquímicos de los metabolitos primarios y secundarios es necesario distinguir los que surgen de la concentración, generalmente expresados en mg/g, de aquellos que surgen de la biosíntesis, expresados en mg/baya.

La evolución de los fenoles: Los estudios emprendidos sobre la evolución de los fenoles de la baya como *marcadores* de respuesta de la viña han permitido realizar varias observaciones (Deloire *et al.*, 2001; Ojeda *et al.*, 2002):

- a) Destacar la importancia de considerar la evolución de ciertos metabolitos desde la fase herbácea del crecimiento de la baya (cuajado - envero). En este sentido es interesante tener en cuenta la influencia de los itinerarios culturales realizados sobre el viñedo desde este período, para comprender e interpretar el crecimiento y la bioquímica de la baya en relación con la calidad de la vendimia
- b) Disociar, para interpretar situaciones diferentes, los resultados que expresan la concentración, de aquellos que expresan los eventos de biosíntesis
- c) Relacionar las relaciones “*estado hídrico de la planta - bioquímica de la baya*” considerando, para un estrés hídrico dado, el período en que sobreviene, su duración y su intensidad. Es así que los cepajes *Syrah* y *Grenache*, a partir de un cierto nivel de estrés hídrico, no reaccionan de la misma manera, en términos de biosíntesis de antocianos o de flavonas (Deloire *et al.*, 2001).

Algunos de los compuestos fenólicos estudiados, tienen un rol en la biodefensa de las bayas. Las relaciones entre el estado hídrico de la planta y su capacidad de defenderse contra bio - agresores es por lo tanto un componente del *terroir*, en relación con el microclima de los racimos y la arquitectura de la vegetación. (Deloire *et al.*, 1998; Deloire *et al.*, 2000; Deloire *et al.*, 2001).

Las relaciones bayas - vino: Este tema es sumamente complejo y es estudiado por varios equipos: (Flanzy, 1998; Brossaud *et al.*, 1999; cf. Actas Coloquios GESCO). Se ha demostrado que el estrés hídrico modifica el grado de polimerización de los taninos (Deloire *et al.*, 2001; Ojeda *et al.*, 2001), información que los seguimientos de maduración clásicos no permitían detectar. La cuestión es determinar el impacto que este tipo de observaciones tiene sobre la calidad de los vinos en relación directa con el proceso de vinificación. En este sentido el análisis sensorial de los granos (Rousseau et Delteil, 2000) se visualiza como una técnica interesante desde varios puntos de vista para determinar la madurez de la baya, pero ella debe ser completada en función del nivel de la comprensión y el funcionamiento del sistema “*terroir - viña - baya*” por medio de análisis más precisos.

Es necesario establecer luego, las relaciones potenciales entre las respuestas bioquímicas de la baya y la calidad y la tipicidad de los vinos correspondientes. En este sentido un apoyo de minivinificaciones (0,5 a 1 Hl) y de análisis sensorial pueden ser útiles para comparar, entre sí, ciertas situaciones. El desarrollo de técnicas de análisis performantes (técnicas utilizando las dosificaciones por infra - rojo, por ejemplo) permiten ya, para ciertos metabolitos primarios y lo deberían hacer en el futuro para los metabolitos secundarios, la realización de análisis rápidos, fiables y de alta capacidad de resolución, a nivel de los vinos y de las bayas. Las correlaciones entre la bioquímica de la baya, el *terroir* y la tipicidad de los vinos serán más fáciles de establecer.

OBJETIVOS Y PERSPECTIVAS

Los estudios referentes a las respuestas de la *viña - terroir* utilizan las metodologías planteadas en este artículo. Si bien esta propuesta no es exhaustiva, permite responder a un número de preguntas realizadas por la profesión. Es posible diferenciar varios niveles de estudio para analizar el comportamiento de la viña en un *terroir*:

- a) los estudios puntuales (de un ciclo) que permitirán una primera zonación de la viña sobre una parcela o un grupo de parcelas (ej. la zonación hídrica por PHFb, con seguimiento de la maduración)
- b) los estudios de mediana duración (mínimo 3 años) que permiten integrar el efecto año
- c) los estudios de larga duración que tienen por objetivo caracterizar una zona vitícola en su conjunto.

En función de la pregunta planteada y de los medios disponibles, es necesario establecer un compromiso entre la duración del estudio y de las metodologías a utilizar. Por

ejemplo, la simple medida del PHFb permite en un ciclo de desarrollo de la viña obtener una primera zonificación del comportamiento hídrico de la planta sobre las parcelas estudiadas. Para responder a la pregunta de la estabilidad del *terroir*, es necesario comprender el interés de repetir estas medidas varios años (al menos 3). Un análisis frecuencial efectuado varios años sobre información relativa a las bayas de Grenache noir en Côte du Rhône meridional (metabolitos primarios y peso de 200 granos) ha mostrado que la serie de 7 años (1992–1998) se acerca a la serie de 17 años (1982–1998), pero que una serie de 3 años mal elegida (1995–1997) fue poco representativa del período máximo considerado (Vaudour, 2001a). En este sentido, los estudios que se proponen de cinética de la evolución bioquímica de las bayas en relación con el seguimiento hídrico de la viña, deberían permitir conocer más rápidamente el efecto año para un cepaje en un *terroir*. Es así que una serie de 3 a 5 años de estudios de las relaciones *viña* – *baya* – *vino* podrían permitir interpretar rápidamente el efecto *terroir*.

Los objetivos posibles de estos estudios son principalmente :

- a) Por un lado aportar informaciones sobre las relaciones *viña* – *terroir* – *vino*, con fines de conocer y de comunicación interna (entre adherentes de una cooperativa por ejemplo, para justificar el interés de la selección parcelaria y/o la elección de las fechas de vendimia) o externa para poder defender el concepto de *terroir* a la luz de argumentos confiables.
- b) Por otra parte, para las recomendaciones de los itinerarios culturales y sobre la vinificación, en relación al tipo de producto deseado.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos calurosamente a la Dra. Emmanuelle Vaudour (INA Paris – Grignon) por los comentarios pertinentes que ha aportado a este artículo. Agradecemos igualmente al Sr. Michel Gueber (Director del Servicio viticultura Cámara de Agricultura del Gard) y al Profesor J.C. Fournioux (Universidad de Borgoña, Laboratorio de Ciencias de la Viña) por sus valiosas puntualizaciones.

BIBLIOGRAFÍA

- ABBAL P. ET PLANCHON G. 1991 . Dispositif pour déterminer automatiquement des caractéristiques physiques d'un produit et procédé de mis en oeuvre au moyen de ce dispositif. Brevet Europe n° 914001508, INRA - CTIFL
- BESSIS R. et ECEVIT F.M. 1974 . Analyse du problème de l'obtention de raisin sur des bouture dès la première année. *Connaissance Vigne et Vin*, 3, 223 - 232
- BREMONT L.M., FABRE F. , COTENCIN R., ROBIN O. ROUSTAN B. , BARCELO J.M. 1996. Présentation d'une méthodologie de caractérisation des terroirs et valorisation par l'étude de l'effet terroir sur la typicité et l'originalité du produit vin dans la région des Côtes du Rhône. 1er colloque international "les terroirs viticoles : concept, produit, valorisation" 17-18 juillet, Angers - France, 52 - 56.
- BROSSAUD F. , CHEYNIER V. , ASSELIN C. and MOUTOUNET M. 1999. Flavonoid compositional differences of grapes among site test plating of Cabernet franc . *Am. J. Enol. Vite.*, 50, , 277 - 284.
- CARBONNEAU A., DELOIRE A., FEDERSPIEL B., DOMERGUE P., SAMSON A. 2001. Résultats d'un essai "forme x viguer" sur Merlot au domaine de la Valette Agro Montpellier. Gesco XIIème. journées du groupe d'étude des systèmes de conduite de la vigne, Montpellier, France, 3 - 7 juillet, 2, 443 - 446.
- CARBONNEAU A., DELOIRE A., GARRIER G. 2001 . Quelques éléments historiques de l'évolution des architectures de vigne avant et après le Phylloxera : conséquences sur le paysage viticole. Première partie. *Progr. Agric. Vite.*, 118, 7, 155 -161.
- CARBONNEAU A. 2001. Concepts "terroir" Gesco XIIème journées du groupe d'étude des systèmes de conduite de la vigne, Montpellier, France, 3 - 7 juillet, 2, 669.
- CARBONNEAU A. 2000. Climat et sol : critères d'évaluation et effets sur le comportement de la vigne 3er. symposium international "zonification vitivinícola", 6 - 13 mayo, Puerto de la Cruz, Tenerife, España.
- CARBONNEAU A. 1999. Actualités et perspectives en agronomie de la vigne en France. Gesco XIème journées du groupe d'étude des systèmes de conduite de la vigne, Sicile , Italia, 6 - 12 juin, 1, 99 - 110.
- CARBONNEAU A. 1998. Aspects qualitatifs, 258 - 276. In *Traté d'irrigation*, Tiercelin J.R., Tec et Doc Lavoisier ed., 1011 p.

- CARBONNEAU A., CHAMPAGNOL, F. , DELOIRE A., SEVILAF. 1998. Récolte et qualité du raisin, 647 - 668. In Flanz, Oenologie. Fondements scientifiques et technologiques. Lavoisier Tec et Doc ed. 1311 p.
- CARBONNEAU A. 1996^a . Interactions “terroirs x vigne” : facteurs de maîtrise du micro-environnement et de la physiologie de la planta en rapport avec le niveau de maturité et les éléments de typicité. 1er. colloque internationale “les terroirs viticole : concet, produit, valorisation” 17 -18 julliet, Angers-France, 147 - 160.
- CARBONNEAU A. 1996b. General relationship within the whole-plant : example of the influence of vigour status, crop load and canopy exposure on the sink “berry maturation” for the grapevine. Acta Hort. 427, 99 -118.
- CARBONNEAU A. 1995. La surface foliaire exposée potentielle - guide pour sa mesure. Le Prog.Agric. et Vitic., 9, 204 -212.
- CARBONNEAU A., CASTERAN P. , LECLAIR P. 1978. Essai de détermination en biologie de la plante entière, de relations essentielles entre le bioclimat naturel, la physiologie de la vigne et la composition du raisin. Metodologie et premiers résultats sur les systèmes de conduite. Ann. Amélior. Plant. 28, 195 - 221.
- CHONÉ X., VAN LEEUWEN C., DUBOURDIEU D. GAUDILLÈRE J.P. 2001. Stem water potencial is a sensitive indicator of grapevine water status. Annals of Botany, 87 (4), 477 - 483.
- CONRADIE W.J. 1980. Seasonal uptake of nutrients by Chenin blanc in sand culture : I Nitrogen. S. Afr. J. Enol. Vitic., 1 (1), 59 - 65.
- DELOIRE A. , KRAEVA E. , CARBONNEAU A. , ANDARY C. 2001. Introduction aux défenses naturelles de la vigne. Rôle particulier des flavonols. GESCO XIIème. journées du groupe d’étude des systèmes de conduite de la vigne, Montpellier, France, 3 - 7 juillet, 2, 207 - 212.
- DELOIRE A. , KRAEVA E. , ANDARY C. 2000. Les défenses naturelles de la vigne. Le Prog. Agric. et Vitic., 117(11), 254 - 262.
- DELOIRE A. , KRAEVA E. , DAIGH, RENAULT A.S. ROCHARD J, CHATELAIN C, CARBONNEAU A. ANDARY, C, 1998 - Les mécanismes de défense de la vigne. Des utilisations possibles pour lutter contre les pathogènes. Phytoma, 510-, 46-51.
- DION, M. 1977 - Histoire de la vigne et du vin en France. Flammarion ed. Paris, 756 p.
- DUPUY H, 1989 - Terroirs et mémoires: généalogie d’un mythe national. Espace temps, Paris, 42, 23-40.
- DOLÉDEC A.F. 1995. Recherche des composantes principales des terroir viticoles afin d’élaborer un outil d’aide à la gestion au moyen d’observatoires et de traitements statistiques de données spatialisées. Application au vignoble champenois. Thèse INA-PG, 218p.
- DURING H. 1998. Photochemical and non-photochemical responses ef glasshouse-grown grape to combined light and water stress. Vitis, 37, 1, 1 -4
- FLANZYc., 1998 - Oenologie. Fondementes scientifiques et technologiques. Lavoisier Tec & Doc. ed. 1311 p.
- FOURMIOUX J.C. 2001 - Démonstration d’une corrélation entre jeunes feuilles, apex et ébauches des grappes propre à une jeune bouture au début de son développement. J. Int. Sci. Vigne et Vin, 35 (3), 117-127.
- GARRIER G. 1998 - Histoire sociales et culturelle du vin. Bordas er., Paris, 366 p.
- GREENSPAN M.D., SHACKEL K.A., MATTHEWS M.A. 1994 - Developmental changes in the diurnal water budget of the grape berry exposed to water deficits. Plant Cell and Environment, 17, 811-820.
- HARDIE W.J., MARTIN S.R. 2000 - Shoot growth on defruited grapevines: a physiological indicator for irrigation scheduling. Australian Journal of Grape and Wine Research, 6, 52-58.
- HUNTER J.J 1998 - Plant spacing implications for grafted grapevine. II Soil water, plant water relations, canopy physiology, vegetative and reproductives characteristics, grape composition, wine queality and labour requierements. S. Afri.J. Enol. Vitic., 19, 2, 35-51.
- I.N.A.O. 1984 - Une réussite française:l’appelation d’origine contrôlée, vins et eaux de vie. Euro-impressions. Paris, 182 p.
- JACQUINET J.C., PARNAUD A., PICCININI M. 1989 - La sélection au terroir en viticulture. Le Progrès A. et Viticole, 106, 2, 48-50.
- LACHIVER M., 1988 - Vins, vignes et vigneron. Histoire du vignoble français. Fayard ed., Paris, 714 p.
- LAVILLE P. 1993 - Unités de terroir naturel et terroir, une distinction nécessaire pour redonner plus de cohérence au système d’appelation d’origine. Bull. OIV, 745-746, 227-251.
- LEBON E. PELLEGRINO A. LECOER J. TARDIEU F. 2001 - Réponses architecturales du rameau induites par un déficit hydrique contrôlé du sol chez la vigne (*Vitis vinifera* L. cv Grenache noir). GESCO XII ème journées. Montpellier, France, 3-7 luillet, 2, 229-235.
- LEBON E., DUMAS, V., METTAUER H., MORLAT R., 1993 – Caractérisation intégrée du vignoble alsacien: aspects méthodologiques et application à l’étude des composants naturels des principaux terroirs. Journ. Int.Sci. Vigne et Vin, 27 (4),235-253.

- LETABLIER M. H, NICOLAS F. 1994 – Genèse de la “typicité”, Sci. Alim, vol 14,5.
- LORENZ DH., EICGHORN K.W, BLEIHOLDER H., KLOSE R., MEIER U and WEBER E. 1995 – Phenological growth stages of the grapevine (*Vitis vinifera*, L.ssp.vinifera) – Codes and descriptions according to the extended BBCH scale. Australian Journal of Grape and Wine Research 1, 100-110.
- MABROUK H ET CARBONNEAU A. 1996 – Une méthode simple de détermination de la surface foliaire de la vigne (*Vitis vinifera*,L). Le Progrès Agricole et Viticole, 113 (18), 392-398.
- MARTÍN J.C.2002 – Saisons et richesse des paysages viticoles. Le Progrès Agricole et Viticole, 119, 17-22.
- MARTÍN D. 1995. Le vignoble des Costières de Nîmes. Classification, répartition et régime hydrique des sols; incidences sur le comportement de la vigne et la maturation du raisin. Thèse, Univ. Bordeaux II, . 172 p.
- MAURO M.C., BOUYER H, LESNE P, BORY G., CLAIR MACZULAJTYS D, HEBERT G., BOULAY M.,Lhotte F. 2001. Evaluation de la conduite de la vigne en lyre en Champagne. GESCO XII^{ème} journées, Montpellier, France, 3-7 juillet, 2, 279-284.
- MAY P., CLINGELEFFER, P.R. BRIEN C. J. 1976 – Sultana (*Vitis vinifera* L) canes and their exposure to light. Vitis 14, 278 – 288.
- MORLAT, R. 1996 – Eléments importants d’une méthodologie de caractérisation des facteurs naturels du terroir, en relation avec la réponse de la vigne à travers le vin. 1er colloque internationale “les terroirs viticoles: concept, produit, valorisation” 17-18 juillet, Angers, France, 17-31.
- MORLAT R. 1989 – Le terroir viticole: contribution à l’étude de sa caractérisation et de son influence sur les vins; application aux vignobles rouges de la moyenne Vallée de la Loire. Thèse d’Etat, Bordeaux II; tome I, textes, 289 p; tome II: annexes, 129 p.
- MURISIER, F. M., 1996 – Optimisation du rapport feuille-fruit de la vigne pour favoriser la qualité du raisin et l’accumulation des glucides de réserve. Relation entre le rendement et la chlorose. Thèse de l’Ecole Polytechnique Fédérale de Zurich, 132 p-
- NAOR A., GAL Y, BRAVDO, B. 1997 – Crop load effects assimilation rate, stomatal conductance, stem water potential and water relations of field-grown *Sauvignon blanc* grapevines. Journal of Experimental Botany, 48 (314), 1675-1680.
- NOBLE A.C. – 1979. Evaluation of *Chardonnay* wines from sites with different soils compositions. Am. J. Enol. Vitic., 30 n° 3, 214-217.
- OJEDA,H., ANDARY C., CREABA E.,CARBONNEAU, A. 2002 - Influence of pre and post-véraison water deficit on the synthesis and concentration of skin phenolic compounds during berry growth of *Vitis vinifera* L. cv Shiraz. Am. J. of Enol and Vitic. (en prensa).
- OJEDA, H., DELOIRE, A., CARBONNEAU, A. 2001 – Influence of water deficits on grape berry growth. Vitis 40 (3), 141-145.
- OJEDA, H., DELOIRE, A., CARBONNEAU, A., AGEORGES A., ROMIEU, A. 1999 – Berry development of grapevines: relations between the growth of berries and their DNA content indicate cell multiplication and enlargement. Vitis 38, 145-150.
- RIOU, C. 1998 – Facteurs explicatifs des critères de qualité de la récolte. Application au réseau modèles qualité en viticulture. Le Progrès Agricole et Viticole, 115, 11, 247-252.
- RIOU, C., MORLAT, R., ASSELIN, C. 1995 – Une approche intégrée des terroirs viticoles. Discussions sur les critères de caractérisation accessibles. Bull. OIV, 68, 767-768, 93-106.
- RIOU, C. 1994 – La détermination climatique de la maturation du raisin. – Application du zonage de la teneur en sucres dans la Communauté Européenne. Comisión Européenne, 320 p.
- ROBIN J.P., ABBAL P., SALMON, J.M. 1997 – Fermeté et maturation du raisin. Définition et évolution de différents paramètres rhéologiques au cours de la maturation. J. Int. Sci. Vigne et Vin, 3, 127-138.
- ROUBELAKIS –ANGELAKIS K.A. 2001 – Molecular biology and biotechnology of the grapevine. Kluwer Academic Publishers, 474 p.
- ROUSSEAU, J. DELTEIL D. 2000 – Présentation d’une méthode d’analyse sensorielle des raisins. Principe, méthodes et grille d’interprétation. Revue Française d’oenologie, 183, 10-13.
- SALETTE J., ASSELIN C, MORLAT R. 1997 – Le lien du terroir au produit: analyse du système terroir-vigne-vin; possibilité d’applications à d’autres produits. Sci. alim. 18, 3, 251-265.
- SCHOLANDER P.F., HAMMEL H.T. BRADSTREET E.D. HEMMINGSEN E.A. 1965 – Sap pressure in vascular plants. Science 148, 339-346.
- SHULTZ H.R. 1993 – A dynamic physiological model of grapevine gas exchange. Vitic. Enol. Sci. 48, 86-89.
- SEGUIN G., 1983 – Influence des terroirs viticoles sur la constitution et la qualité des vendanges. Bull. OIV, 56, 623- 3-18.
- SOTES,V., GOMEZ-MIGUEL,P. 1996 – Caractérisation du terroir en Espagne: méthodologie de l’évaluation et de validation.

-
- SMART, R.E. 1995 Principles of grapevine canopy microclimate manipulation with implication for yield and quality. A review: *Am.J. Vitic.*, 36 (3), 230-239.
- TONIETTO, J. 1999, - Les macroclimats viticoles mondiaux et l'influence du mésoclimat sur la typicité de la Syrah et du Muscat de Hambourg dans le sud de la France. Thèse de l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier, 233 p.
- TRAMBOUZE W, VOLTZ, M. 1996 - Caractérisation des relations hydriques sol/vigne dans un terroir languedocien. 1^{er} colloque internationale "les terroirs viticoles: concept, produit, valorisation " 17-18 juillet, Angers, France, 164-169.
- VAUDOUR E. 2000 – Zonage viticole d'envergure macro-régionale: démarche et mise en oeuvre dans le Côtes-du-Rhône meridionales, *Le Progrès et viticole*, 117, n° 1, 7-16.
- VAUDOUR E. 2001 a – Les terroirs viticoles. Analyse spatiale et relation avec la qualité du raisin. Application au vignoble AOC des Côtes-du-Rhône meridionales. Thèse de doctorat, INA PG, 343 p.
- VAUDOUR E. 2001 b – Diversité des notions de terroir. Pour un concept de terroir opérationnel. *Revue des Oenologues*, n° 101 S, 39-41.
- ZUFFEREY, V., MURISIER, F., SCHULTZ, H.R. 2000 – A model análisis of the photosynthetic response of *Vitis vinifera* L. cvs Riesling and Chasselas leaves in the field: I. Interaction of age, light and temperature. *Vitis* 39, 1, 19-26.
-

