Du point de vue strictement législatif, le champagne est un vin mousseux de qualité produit dans une région déterminée, en l'occurrence en Champagne (un VMQPRD, comme on l'exprime dans le langage communautaire). De nos jours, la technique de production moderne du champagne n'est pas fondamentalement différente de la méthode empirique mise au point vers la fin du XVII^e siècle. Beaucoup d'élaborateurs de vins mousseux de qualité l'utilisent aujourd'hui de par le monde. Les vins mousseux élaborés de cette manière sont labellisés *Méthode traditionnelle*. Cette méthode comporte différentes étapes bien distinctes décrites dans ce chapitre.

Les vendanges en Champagne

Le vignoble champenois est le plus septentrional des vignobles français. L'aire de production de l'Appellation d'origine contrôlée (AOC) Champagne couvre quelques 34 300 hectares (figure 1).



Figure 1. Le vignoble champenois couvre quelques 34 300 hectares. Ci-dessus, le phare de Verzenay, qui domine le vignoble au cœur de la côte des Blancs. (© Emmanuel Goulet)

Son étendue est relativement modeste puisqu'il ne représente en effet que trois à quatre pour cent de la surface du vignoble français, tout au plus. Trois variétés de raisins (on parle de cépages) y sont cultivées: le chardonnay (un raisin blanc), le pinot noir et le meunier, qui sont deux variétés de raisin noir (figure 2).





Figure 2. Quelques grappes de chardonnay à maturité (a), et réseau vasculaire périphérique d'une baie de chardonnay (b). (© Emmanuel Goulet)

Une fois vendangés, généralement vers la mi-septembre (figure 3), les raisins sont ensuite rapidement pressés pour obtenir un jus très sucré qu'on appelle le « moût ». Les raisins sont pressés séparément en fonction de chaque cépage, mais également de leur parcelle d'origine. En séparant les moûts, le viticulteur disposera ainsi d'une large palette de goûts et de saveurs au moment de l'étape cruciale de l'assemblage.









Figure 3. Scènes de vendanges en Champagne, où la cueillette du raisin se fait exclusivement manuellement. (© Emmanuel Goulet)

Une première fermentation alcoolique

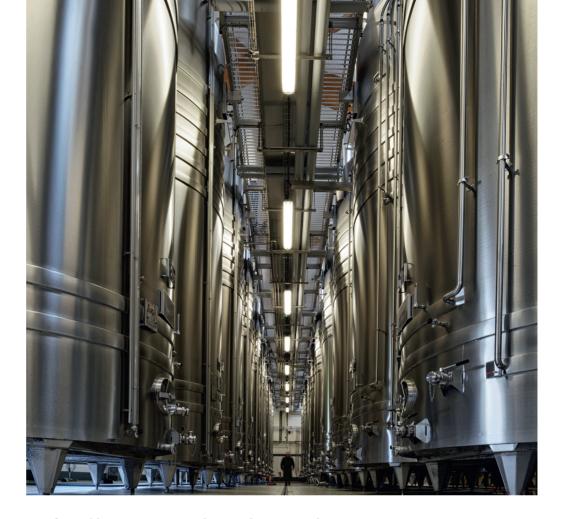
Une fois les raisins pressés, les différents moûts sont alors ensemencés en levures (une variété de champignon unicellulaire connue sous le nom de *Saccharomyces cerevisiae*), puis transférés dans des contenants plus ou moins volumineux. Jusqu'au début du XX^e siècle, les vinifications étaient conduites dans des contenants en bois, essentiellement des fûts de chêne d'une contenance de 205 litres. Certains élaborateurs ont conservé ce mode de vinification. On parle alors de vinification « sous bois » (figure 4).



Figure 4. Foudres et fûts de chêne dans les caves du champagne Lanson, à Reims. (© Emmanuel Goulet)

De nos jours, la vinification est néanmoins le plus souvent réalisée dans des cuves en acier inoxydable et thermorégulée (figure 5). L'inox est généralement préféré au bois pour son inertie et sa neutralité vis-à-vis du vin. En effet, le choix d'un fût en bois n'est pas neutre. Le bois libère des composés qui participent au bouquet aromatique des vins, apportant des caractères vanillés, parfois toastés. De plus, les douelles d'un fût ne sont pas hermétiques aux transferts de gaz. Il s'ensuit alors une micro-oxygénation progressive du vin, qui lui confère plus de rondeur et de gras¹.

Comité Champagne « Champagne: De la cave à la table » https://www.champagne.fr/assets/ files/brochure%20champagne/Champagne-Cave-Table.pdf



Une fois qu'il est ensemencé en levures, le moût va alors subir une première fermentation alcoolique. Il s'agit d'un processus biochimique à la base de l'élaboration d'un vin, quelle que soit son origine géographique. La fermentation alcoolique s'exprime par l'équation bilan ci-dessous:

Figure 5. Cuves thermorégulées de la maison de champagne Deutz, à Ay. (© Emmanuel Goulet)

$$C_6H_{12}O_6 \Rightarrow 2CH_3CH_2OH + 2CO_2 \tag{1}$$

En termes simples cela signifie que, lors de la fermentation alcoolique, chaque molécule de glucose ($C_6H_{12}O_6$) contenue dans le moût de raisin se transforme sous l'action des levures pour libérer deux molécules d'éthanol (l'alcool éthylique de formule brute CH_3CH_2OH) et deux molécules de dioxyde de carbone (de formule brute CO_2) – on évoque parfois le gaz carbonique, par abus de langage.



Figure 6. Joseph Louis Gay-Lussac (1778-1850) est un chimiste et physicien français. En 1815, il établit pour la première fois l'équation brute de la décomposition du glucose en éthanol.



Figure 7. Louis Pasteur (1822-1895) est un chimiste et physicien français, pionnier de la microbiologie. En 1857, il établit que la fermentation alcoolique est due à l'activité métabolique de la levure de bière. (Félix Tournachon, dit Nadar)

C'est probablement en observant la fermentation des fruits mûrs tombés des arbres sur le sol que nos lointains aïeux découvrirent l'alcool. C'est le chimiste français Joseph-Louis Gay-Lussac (figure 6) qui, le premier, décrivit scientifiquement le processus de la fermentation en 1815, démontrant que le glucose constituait le matériau de base indispensable pour produire de l'éthanol.

La façon dont la levure intervient dans la fermentation ne fut pas clairement établie avant 1857, date à laquelle Louis Pasteur (figure 7) découvrit non seulement que le processus ne requiert pas d'oxygène, mais que la production d'alcool est même réduite par sa présence.

Les volumes de gaz carbonique qui s'échappent hors des cuves au cours de cette première fermentation sont gigantesques (encadré 1). On compte environ 50 litres de CO₂ rejetés pour chaque litre de moût qui fermente, d'où l'importance de posséder de puissants extracteurs d'air au sommet des cuves afin de renouveler régulièrement l'atmosphère d'une cuverie et ne pas risquer d'intoxication au CO2. Le pourcentage volumique d'éthanol généré par cette première fermentation alcoolique est de 11 % environ. À ce stade, le vin de Champagne est encore un vin blanc tranquille (on parle alors d'un vin clair), non effervescent, le gaz carbonique s'échappant des cuves laissées ouvertes au cours de cette première fermentation alcoolique.

Encadré 1. Fermentation alcoolique et effet de serre

Le CO2 est un gaz dit « à effet de serre », tout comme le sont la vapeur d'eau (H₂O), le méthane (CH₄), le protoxyde d'azote (N₂O) ou l'ozone (O₃), pour n'en citer que quelques-uns. Dans l'atmosphère terrestre, comme tous les gaz à effet de serre, le gaz carbonique agit à la manière d'une couverture qui piège le rayonnement infrarouge émit par la surface du globe, réchauffant ainsi notre planète. Dans le contexte actuel d'un dérèglement climatique et du réchauffement global de notre planète lié aux activités anthropiques, une question se pose légitimement: « À l'échelle mondiale. la totalité du gaz carbonique fermentaire issu de la transformation des moûts de raisin en vin a-t-il un rôle important à jouer sur l'effet de serre? ». Compte tenu de l'importance des volumes de gaz carbonique rejetés au cours de la fermentation alcoolique, cette interrogation revient très souvent chez les étudiants mais également chez les journalistes désireux d'estimer la part du CO2 fermentaire issu de l'industrie du vin dans ce réchauffement climatique. Essayons de répondre à cette question en commençant d'abord par à un rapide calcul d'ordres de grandeurs qui permet très vite d'évaluer les volumes totaux de CO2 en jeu.

En 2018, la production annuelle mondiale de vin était de presque 300 millions d'hectolitres, soit 3 × 10¹⁰ litres/an. Puisqu'une cinquantaine de litres de CO₂ sont rejetés dans l'atmosphère pour chaque litre de vin produit, ce sont donc près de 1,5 × 10¹² de litres de gaz carbonique qui sont rejetés dans l'atmosphère chaque année au moment de la fermentation alcoolique (soit plus de mille milliards de litres!). Ce chiffre, certes colossal en valeur absolue, peut provoquer un effet de surprise. Cependant, avant de conclure quant à l'importance relative de ce volume de CO2 rejeté au cours de la fermentation alcoolique, il convient de le comparer aux autres sources de CO2 anthropique. La plus familière de ces sources étant liée à l'activité automobile, je propose donc d'évaluer le volume moyen de CO₂ rejeté chaque année par une automobile. Une automobile effectue en moyenne 15 000 kilomètres par an. En moyenne, un véhicule rejette environ 120 grammes de gaz carbonique par kilomètre parcouru. Compte tenu de la masse molaire du gaz carbonique (44 g/mol) et du volume occupé par une mole de gaz (environ 25 litres), ces 120 grammes de gaz carbonique correspondent à 68 litres de CO2 rejeté par kilomètre parcouru. En définitive, une automobile rejette en moyenne chaque année, environ un million de litres de CO₂ (soit 10⁶ litres/an). Le volume total de CO₂ fermentaire rejeté chaque année par la transformation des moûts de raisin en vins correspond donc à l'activité annuelle d'environ un million cinq cent mille véhicules. Ce chiffre semble finalement bien dérisoire compte tenu du parc automobile mondial qui dépasse aujourd'hui le milliard de véhicules en activité!

Nous voici donc parvenu au bout de ce calcul qui nous montre que les volumes de CO₂ rejetés chaque année par la transformation du jus de raisin en vin restent négligeables en comparaison de ceux rejetés annuellement par l'activité automobile. Néanmoins, même s'il nous permet de conclure quant au rôle présumé du CO₂ fermentaire sur l'effet de serre, ce rapide calcul est trompeur. En effet, nous avons comparé deux sources de gaz carbonique forts différentes quant à leurs origines respectives. Le CO₂ fermentaire issu de la transformation du jus de raisin en vin ne peut pas être comparé au CO₂ rejeté par l'industrie automobile. En fermentant, le jus de raisin ne fait que « rendre à l'atmosphère » le gaz carbonique pompé par la vigne dans l'atmosphère pour croître et se développer grâce à la photosynthèse. Ce CO₂ fermentaire fait partie d'un cycle naturel, à la différence du gaz carbonique issu de la combustion du pétrole. Le pétrole est un combustible fossile dont la combustion produit du gaz carbonique qui ne sera pas pompé par ailleurs. Cependant, n'allez pas conclure hâtivement que l'industrie du vin ne rejette par de gaz carbonique. Comme toutes les industries, l'industrie du vin rejette du gaz carbonique. Elle utilise des sources d'énergies qui nécessitent l'utilisation de combustibles fossiles (pour faire fonctionner des machines agricoles, pour produire de l'électricité, etc.). C'est le CO2 issu des combustibles fossiles utilisés pour faire fonctionner ces sources d'énergies qu'il faut estimer, et pas le CO₂ fermentaire qui fait partie du cycle naturel et dont le bilan est globalement nul.