

Haute Ecole
Groupe ICHEC – ECAM – ISFSC



Enseignement supérieur de type long de niveau universitaire

Le sport automobile face aux enjeux écologiques : en route vers une démarche décarbonée ?

Mémoire présenté par :
Vandenhove Clément

Pour l'obtention du diplôme de :
Master en sciences commerciales

Année académique 2022-2023

Promoteur : **Benoît Piraux**
Responsable Unité stages - mémoires

Haute Ecole
Groupe ICHEC – ECAM – ISFSC



Enseignement supérieur de type long de niveau universitaire

Le sport automobile face aux enjeux écologiques : en route vers une démarche décarbonée ?

Mémoire présenté par :
Vandenhove Clément

Pour l'obtention du diplôme de :
Master en sciences commerciales

Année académique 2022-2023

Promoteur : **Benoît Piraux**
Responsable Unité stages - mémoires

Remerciements,

Je souhaite remercier toutes les personnes qui m'ont, de près ou de loin, aidé à réaliser ce mémoire. Je tenais tout d'abord à remercier Monsieur Piraux, mon promoteur de mémoire, pour le temps qu'il m'a accordé ainsi que pour ses conseils éclairés. Sa contribution fut extrêmement précieuse pour l'avancée de mes recherches et la rédaction de ce mémoire.

Je tiens également à remercier Alain Uyttenhoven, qui au cours d'une carrière de plus de 35 ans dans l'industrie automobile a occupé de nombreuses fonctions internationales chez Mercedes-Benz, General Motors et Toyota/Lexus pour son expertise et son aide lors de la réalisation de ce mémoire.

Je souhaite aussi remercier l'ensemble des professeurs que j'ai eu la chance de côtoyer au cours de ces dernières années à l'ICHEC.

Enfin, je tiens à remercier les différentes personnes que j'ai eu la chance d'interviewer. Les différents membres du Royal Automobile Club de Belgique m'ont permis de mieux appréhender le monde du sport automobile en Belgique et d'avancer dans mes travaux.

Je soussigné, VANDENHOVE, Clément, étudiant en Master en sciences commerciales, déclare par la présente que le mémoire ci-joint est exempt de tout plagiat et respecte en tous points le règlement des études en matière d'emprunts, de citations et d'exploitation de sources diverses signé lors de mon inscription à l'ICHEC, ainsi que les instructions et consignes concernant le référencement dans le texte respectant la norme APA, la bibliographie respectant la norme APA, etc. mises à ma disposition sur Moodle.

Par ma signature, je certifie sur l'honneur avoir pris connaissance des documents précités et que le travail présenté est original et exempt de tout emprunt à un tiers non-cité correctement.»

Le 11 mai 2023,



*« Ce qui a déjà été inventé appartient au passé,
seules les innovations sont dignes d'intérêt. »*

Ettore Bugatti

Table des matières

<i>Introduction générale</i>	1
<i>Méthodologie</i>	3
<i>Chapitre 1 : Mise en perspective de la durabilité dans le sport automobile</i>	4
1.1. Définitions des différentes notions	4
1.2. Historique du sport automobile	8
1.3. Apparition de la durabilité dans le sport automobile	10
1.4. Mobilité durable appliquée au sport automobile	16
1.5. Conclusion intermédiaire chapitre 1	19
<i>Chapitre 2 : Pour la planète entière, un poids économique considérable</i>	20
2.1. Les acteurs concernés.....	20
2.2. Approche statistique et économique	27
2.3. Retombées sur l'industrie automobile	32
2.4. Conclusion intermédiaire chapitre 2	36
<i>Chapitre 3 : Quand la FIA entame sa transition écologique</i>	37
3.1. Différentes actions pour rendre le sport automobile plus durable	37
3.2. Analyse des impacts de ces actions mises en place	47
3.4. Conclusion intermédiaire chapitre 3	52
<i>Chapitre 4 : Analyse approfondie de la Formule 1.....</i>	53
4.1. Objectif zéro émission carbone – 2030.....	53
4.2. Empreinte carbone de la Formule 1	55
4.3. La logistique en Formule 1.....	57
4.4. Calendrier	59
4.5. 2026, année synonyme de changements.....	61
4.6. Popularité croissante de la Formule 1	65
4.7. Les émissions de la Formule 1 comparées à d'autres sports	66
4.8. Conclusion intermédiaire chapitre 4	67
<i>Chapitre 5 : Conjuguer l'avenir du sport automobile avec un impératif décarboné</i>	68
5.1. Les différentes recommandations.....	68
5.2. Plan de communication des instances du sport automobile.....	80
5.3. Prise de recul sur les recommandations	81
5.4. Conclusion intermédiaire chapitre 5	82
<i>Conclusion générale.....</i>	83
<i>Bibliographie</i>	91
<i>Table des annexes</i>	101

Introduction générale

Depuis toujours, les hommes ont cette envie de s'affronter dans des courses de vitesse. Tout d'abord grâce à des chevaux dans de nombreuses courses de chars, ensuite avec des chevaux-vapeur produits par des moteurs thermiques et depuis quelques années maintenant à l'aide de moteurs hybrides et électriques.

La genèse du sport automobile ne date pas d'hier. Le sport automobile a officiellement vu le jour en 1894. Les constructeurs automobiles souhaitaient démontrer la fiabilité ainsi que les performances de leurs véhicules. Dès lors, il n'a pas cessé d'évoluer et de se développer à travers le monde. Il ne s'agissait à la fin du 19^e siècle que de quelques courses locales, mais le sport automobile s'est rapidement internationalisé. Certaines courses automobiles, telles que les 24h du Mans ou le Grand Prix de Belgique, sont alors devenues des évènements mythiques. Au fil des années, le sport automobile s'est médiatisé et a connu une popularité croissante grâce à l'apparition de la radio et la télévision dans les foyers.

Plus de 100 ans après les débuts de la compétition automobile, la discipline est confrontée à des défis majeurs. Le sport automobile est, depuis quelques années, pointé du doigt pour son impact très néfaste sur l'environnement. La discipline va-t-elle drastiquement être modifiée dans les années à venir ? Ce sport est-il voué à disparaître prochainement en raison des enjeux écologiques ?

L'objectif de ce mémoire est de comprendre comment le sport automobile peut faire face aux enjeux écologiques. La prise de conscience collective quant à l'urgence climatique est présente depuis quelques années seulement, mais elle est depuis lors devenue une priorité. Lier sport automobile et conscience écologique représente un défi d'envergure, mais peut-être pas irréalisable. La question de recherche de ce mémoire est de savoir comment préparer le sport automobile à la transition écologique.

Afin de traiter cette problématique au mieux, le corps du texte de ce mémoire sera divisé en 5 chapitres. Le premier sera une mise en perspective de la durabilité dans le sport automobile. Ce chapitre abordera la genèse du sport automobile et de la notion de durabilité ainsi que l'apparition de celle-ci au sein du sport automobile. Le deuxième chapitre aura une dimension plus économique dans lequel je présenterai les acteurs concernés, je ferai une approche statistique et économique du sport automobile pour finir avec les retombées de la compétition sur l'industrie automobile.

La Fédération Internationale de l'Automobile (responsable à haut niveau de toutes les compétitions sportives) a déjà entamé sa transition écologique depuis plusieurs années. Dans le troisième chapitre, j'analyserai les différentes actions mises en place par la FIA pour rendre le sport automobile plus durable pour ensuite analyser les impacts de ces différentes actions.

La Formule 1 a toujours été la catégorie reine du sport automobile. Toujours en avance d'un point de vue technologique, les innovations apparaissent souvent en Formule 1 pour ensuite voir le jour dans d'autres championnats pour finalement trouver leur application dans l'industrie automobile au sens large. C'est pourquoi j'ai choisi, dans le 4e chapitre, d'étudier cette discipline reine en profondeur. L'analyse traitera de différents aspects comme la logistique, le calendrier ou encore de son objectif qui est d'atteindre la neutralité carbone d'ici 2030.

Le dernier chapitre sera consacré aux recommandations opérationnelles que je pourrai étayer grâce à mes enquêtes. Quelles seraient les choses à mettre en place ou à modifier au sein du sport automobile afin de le préparer au mieux à la transition écologique ? Je terminerai ensuite par une conclusion générale durant laquelle j'exposerai une vision à moyen et long terme du sport automobile.

Méthodologie

L'objectif de ce mémoire est d'étudier l'impact environnemental du sport automobile, d'explorer les différentes mesures prises pour atténuer cet impact ainsi que de proposer diverses recommandations dans le but de réduire son empreinte carbone. Pour ce faire, j'ai mis en place une méthodologie rigoureuse qui comprend plusieurs étapes clés. Dans cette section, je décrirai en détail mon approche méthodologique pour cette étude.

J'ai tout d'abord commencé par effectuer une revue de la littérature pour rassembler les connaissances existantes sur l'impact environnemental du sport automobile et les mesures de durabilité mises en œuvre par les différentes parties prenantes. Cette étape nous a permis de comprendre les principaux problèmes environnementaux associés au sport automobile et de cerner les stratégies déjà adoptées pour les résoudre.

J'ai ensuite mené des enquêtes qualitatives auprès de différents acteurs du Royal Automobile Club de Belgique. J'ai notamment eu l'occasion de rencontrer le directeur général ainsi que le directeur technique qui m'ont accordé tout le temps nécessaire pour que je puisse récolter les informations dont j'avais besoin.

J'ai par la suite analysé les actions majeures mises en place par la Fédération Internationale de l'Automobile dans le but de réduire l'empreinte carbone des compétitions automobiles. J'ai également analysé les impacts des différentes stratégies adoptées pour juger si celles-ci avaient un impact considérable sur l'environnement, ou non.

Enfin, sur la base des résultats de mon analyse, j'ai formulé des recommandations pour atténuer l'impact environnemental du sport automobile. L'objectif de ce mémoire est d'apporter des pistes de réponse à la question de recherche qui est de savoir comment préparer le sport automobile à la transition écologique.

Ces recommandations s'adressent aux différentes parties prenantes, y compris les organismes de réglementation, les équipes de course, les fabricants de pneus et les fans du sport automobile. J'ai identifié des pistes d'action potentielles pour promouvoir la durabilité et encourager l'adoption de pratiques respectueuses de l'environnement dans l'industrie du sport automobile.

Cette méthodologie a permis une évaluation approfondie de l'impact environnemental du sport automobile et a identifié des mesures de durabilité pertinentes. Les résultats de cette étude pourraient peut-être servir de base pour des actions futures.

Chapitre 1 : Mise en perspective de la durabilité dans le sport automobile

Dans ce chapitre nous allons nous intéresser aux concepts théoriques liés à la durabilité dans le sport automobile. Afin de bien aborder une thématique, il est important de définir les différents concepts qui sont à sa base. Nous étudierons ensuite l'historique du sport automobile. On se posera ensuite la question de quand est apparue la notion de durabilité dans le sport automobile pour finalement développer les notions de mobilité durable que nous retrouvons actuellement au sein de la compétition automobile.

1.1. Définitions des différentes notions

Dans l'objectif de traiter la thématique, il est important que toutes les notions soient clairement définies. Cela fait plusieurs années maintenant que l'on entend beaucoup parler d'écologie et de durabilité dans de très nombreux domaines, dont celui des sports automobiles.

Le sport automobile

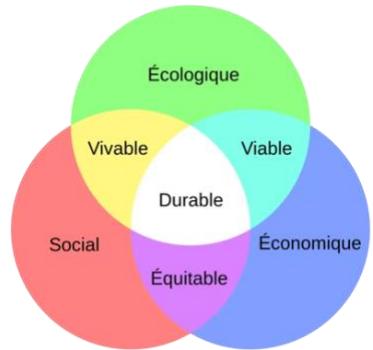
Commençons par comprendre ce que représente et signifie le sport automobile. Le sport automobile, la course automobile ou la compétition automobile représente l'ensemble des catégories où s'affrontent des pilotes au volant de leurs véhicules carénés lors de courses réglementées qui peuvent avoir lieu sur des circuits, sur la route ou sur des pistes.

La compétition automobile a vu le jour en 1894 et regroupe désormais de très nombreux championnats différents. Parmi les championnats les plus connus et médiatisés, nous retrouvons la Formule 1 qui est un championnat de monoplaces à l'international. Aux États-Unis, les fans raffolent d'autres compétitions prestigieuses comme la NASCAR ou l'IndyCar. Il existe également des courses d'endurance comme les 24h du Mans qui ont pour objectif de défier des voitures de course sur une très longue distance (+/- 5000km) afin de démontrer le talent des pilotes, mais aussi la fiabilité des voitures. Cependant, toutes les courses n'ont pas lieu sur un circuit. Les courses comme le rallye de Monte-Carlo ou le Rallye Dakar restent des références pour les épreuves ayant lieu hors des circuits asphaltés.

La durabilité

La durabilité peut être définie comme étant la satisfaction des besoins des générations présentes sans compromettre la capacité des générations futures à satisfaire leurs propres besoins. La durabilité désigne une configuration de la société humaine qui permet d'assurer sa pérennité. (Myclimate, s. d.)

Pour que quelque chose devienne durable, il faut veiller à respecter trois aspects bien différents. Le premier pilier du développement durable est le pilier social. En une phrase, il s'agit de lutter contre les inégalités sociales et les conséquences sociales du développement des sociétés humaines. (Cy-clope, 2022). Le deuxième pilier du développement durable est le pilier économique. Pour que l'économie soit durable, elle doit être circulaire. L'économie responsable prône une économie locale, dans laquelle les richesses sont partagées et dans laquelle chaque personne est rémunérée au juste prix. Finalement, le troisième pilier central est le pilier environnemental.



Péssé, S. (2020). Minute recherche : le textile de demain se développe à l'’ ; Ensaït. <https://www.ensaït.fr/minute-de-recherche-le-textile-de-demain-se-developpe-a-lensaït/>

Dans le cadre de ce mémoire, l'aspect qui nous intéressera sera celui de la durabilité écologique ou environnementale. La durabilité environnementale implique la préservation des ressources naturelles et la protection des écosystèmes mondiaux, dans le but de favoriser la santé et le bien-être des populations actuelles et futures. (Sphera, 2022).

D'un point de vue environnemental, si les hommes et les femmes n'arrivent pas à satisfaire leurs besoins sans compromettre la capacité des générations futures à satisfaire les leurs, le dérèglement climatique est l'une des conséquences qui peuvent survenir. Les normes en matière de durabilité environnementale varient selon les contextes économiques, sociaux et environnementaux locaux. Ces dernières années, la durabilité est devenue un sujet important dans le domaine du sport automobile. La création de la Formule E ou l'introduction des moteurs hybrides en Formule 1 peuvent par exemple illustrer l'importance qu'a désormais la durabilité au sein du sport automobile. Les équipes, constructeurs et organisateurs de courses cherchent à réduire l'impact environnemental de ce sport tout en préservant son attractivité et sa compétitivité.

Il existe plusieurs façons d'atteindre la durabilité en sport automobile. Tout d'abord, par l'adoption de technologies plus écologiques et efficaces comme l'hybridation des véhicules. Il est également important de minimiser l'impact écologique des différents composants comme les pneus ou les freins qui rejettent des particules fines. Ensuite, la durabilité peut être atteinte par la mise en place de pratiques durables sur les circuits et les évènements comme l'utilisation d'énergie renouvelable, la gestion des déchets ou la promotion de modes de transports plus respectueux de l'environnement. Finalement, il est possible d'agir au niveau de la logistique et l'organisation des championnats en tant que telle. Par exemple, l'optimisation d'un calendrier de course international peut jouer un rôle important quant à la diminution des kilomètres parcourus par les différentes équipes. Certaines mesures ont déjà été prises, d'autres non. Ces différents points seront abordés dans ce mémoire afin de mieux en comprendre les enjeux.

Enjeux écologiques

Les enjeux écologiques font référence aux problématiques liées à l'impact de l'activité humaine sur l'environnement. Depuis plusieurs décennies, les préoccupations environnementales sont de plus en plus présentes dans les débats publics. La prise de conscience collective quant à l'urgence climatique s'est renforcée ces dernières années, et les enjeux écologiques sont devenus un sujet incontournable pour les gouvernements, les entreprises et les citoyens du monde entier.

Les enjeux écologiques se divisent en plusieurs catégories comme le réchauffement climatique, la pollution atmosphérique et la gestion des ressources naturelles. Cependant, toutes ces problématiques sont interconnectées.

Les enjeux écologiques dans le sport automobile sont très nombreux. Ils incluent par exemple la réduction de la consommation de carburant, la minimisation des gaz à effet de serre ou la gestion des déchets. Tous ces objectifs ont pour objectif de préserver la planète.

Le GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat) est un organe créé par l'ONU qui évalue l'état des connaissances sur l'évolution du climat, ses causes et ses impacts depuis plus de 30 ans. Depuis sa création, cet organisme a publié 6 rapports destinés à évaluer et synthétiser les informations scientifiques, techniques et socio-économiques relatives au réchauffement climatique, dont le dernier a été publié le 20 mars 2023.

Le sixième rapport du GIEC a fait beaucoup de bruit puisqu'il est très alarmant. Selon ce rapport, nous nous exposons à des conséquences inévitables si le réchauffement climatique dépasse 1,5 °C. Néanmoins, un réchauffement climatique en dessous de 1,5 °C entraînerait déjà des conséquences importantes sur les écosystèmes.

Le rapport conclut en expliquant l'importance d'un développement résilient au climat qui nécessite une coopération internationale, une planification intégrée et inclusive et un développement urbain écologiquement soutenable. Les choix et les actions de la prochaine décennie seront déterminants, car les perspectives de développement résilient au changement climatique seront limitées si les émissions de gaz à effet de serre ne diminuent pas rapidement.

Le changement climatique est une menace qui met déjà en danger la santé et la survie des systèmes humains et naturels, et il est urgent de mettre en place des actions concertées, globales et anticipées pour faire face à cette menace. Le rapport avertit que les tendances actuelles et passées ne permettent pas de progresser vers un développement global résilient au changement climatique, et que notre fenêtre d'opportunité se referme rapidement, il est donc crucial d'agir sans plus attendre pour garantir un avenir vivable et durable pour tous.

Empreinte carbone

L'empreinte carbone peut être définie comme étant un indicateur qui vise à mesurer l'impact d'une activité sur l'environnement, et plus particulièrement les émissions de gaz à effet de serre liées à cette activité. L'empreinte carbone est un moyen de mesurer l'impact environnemental de nos actions sur le climat.

Réduire notre empreinte carbone est essentiel pour limiter les effets du changement climatique et préserver la planète pour les générations futures. Cela peut être fait en réduisant notre consommation d'énergie fossile, en adoptant des modes de transport plus durables, en choisissant des produits respectueux de l'environnement et en mettant en place des pratiques plus durables.

Gaz à effet de serre

Les gaz à effet de serre (GEZ) sont des composants gazeux qui absorbent le rayonnement infrarouge émis par la surface terrestre et contribuent à l'effet de serre. En d'autres termes, ce sont des composés chimiques présents dans l'atmosphère de la Terre qui ont la capacité de piéger la chaleur émise par le Soleil.

L'augmentation de leur concentration dans l'atmosphère terrestre est l'un des facteurs à l'origine du réchauffement climatique. Les principaux gaz à effet de serre (GES) sont le dioxyde de carbone (CO_2), le méthane (CH_4), l'oxyde nitreux ou protoxyde d'azote (N_2O) et des gaz fluorés. Ils sont produits par les activités humaines telles que la combustion de combustibles fossiles, l'agriculture, l'élevage, l'industrie et le transport.

En fin de compte, la réduction des émissions de gaz à effet de serre a un effet direct sur la réduction de l'empreinte carbone et est essentielle pour protéger l'environnement, la santé humaine et la prospérité économique à long terme.

1.2. Historique du sport automobile

Depuis toujours, les hommes ont cette envie de se confronter dans des courses de vitesse. Tout d'abord grâce à des chevaux dans de nombreuses courses de chars, ensuite avec des chevaux-vapeur produits par des moteurs thermiques et depuis quelques années maintenant à l'aide de moteurs hybrides et électriques.

Le sport automobile a une histoire riche et fascinante qui remonte au tout début de l'ère automobile. Cela fait maintenant près de 130 ans que les compétitions automobiles ont vu le jour. C'est exactement le 22 juillet 1894 que la première course automobile a eu lieu entre Paris et Rouen. Les premières courses automobiles étaient souvent des événements de longue distance, tels que la course Paris-Bordeaux-Paris de 1895.

Le sport automobile a vu le jour quand les constructeurs automobiles souhaitaient démontrer la fiabilité et la performance de leurs voitures. Les courses de voitures ont rapidement attiré un public de plus en plus large et les constructeurs automobiles ont commencé à investir dans la recherche et le développement de voitures de course plus rapides et plus performantes.

Les années 1920 ont vu naître des courses parmi les plus réputées encore de nos jours. C'est en 1923 qu'a eu lieu pour la première fois la course d'endurance la plus célèbre au monde : Les 24h du Mans. Ainsi 33 équipes composées de 2 pilotes ont pris le départ de la première édition le 26 mai 1923. L'année suivante, en 1924, sont nées les 24h de Spa. Les années '20 ont également vu naître les Mille Miglia qui étaient l'une des courses d'endurance les plus célèbres au monde. Elle se déroulait sur route ouverte. Cette course mondialement connue sera définitivement arrêtée en 1957 à la suite de l'accident mortel d'Alfonso de Portago et de son copilote qui entraîna également la mort de neuf spectateurs. Depuis 1977, le Rallye des 1000 Miles et la course historique Mille Miglia Storica lui ont succédé. Ce sont aujourd'hui des rallyes de régularité mettant en scène des voitures d'époque qui sont soumises au respect du code de la route.

Les premières courses automobiles ont eu lieu en Europe, principalement en France et en Italie, où les constructeurs automobiles locaux ont organisé des compétitions pour tester leurs dernières créations. Au fil des ans, le sport automobile est devenu de plus en plus compétitif et professionnel. Dans les années 1950, la Formule 1 est devenue la principale discipline du sport automobile, avec des pilotes de renom tels que Juan Manuel Fangio et Stirling Moss. À cette époque, le championnat n'était composé que de sept Grands Prix :

- Grande-Bretagne : circuit de Silverstone
- Monaco : circuit urbain de Monaco
- Indianapolis : Indianapolis Motor speedway
- Suisse : circuit de Bremgarten
- Belgique : circuit de Spa-Francorchamps
- France : circuit de Reims-Gueux
- Italie : circuit de Monza



Vrignaud, S. (2020). Silverstone 1950 - La F1 au bout d'un demi-siècle de chaos, de drames et d'incertitudes. *Eurosport*.
https://www.eurosport.fr/formule-1/un-demi-siecle-de-chaos-et-la-formule-1-a-vu-le-jour-en-1950-a-silverstone_sto7201941/story.shtml

C'est également dans les années 1950 que les rallyes automobiles ont vu le jour. C'est en 1953 que le Championnat d'Europe des rallyes créé par la Fédération Internationale de l'Automobile (FIA) fait ses débuts. Dans les années 1950 et 1960, le sport automobile a connu une croissance inégalée grâce à l'apparition de prestigieuses équipes de course telles que Ferrari, McLaren, Lotus et Mercedes-Benz. Les années 1960 ont vu naître l'apparition de nouvelles technologies telles que les pneus en caoutchouc synthétique, les freins à disque et la carrosserie en fibre de verre.

Dans les années 1970, le sport automobile a été marqué par l'introduction de la technologie des moteurs turbocompressés, qui a permis des gains de performance considérables et a permis aux voitures de course d'atteindre des vitesses encore plus élevées. Au cours des décennies suivantes, le sport automobile est devenu encore plus rapide et plus compétitif, avec l'émergence de nouvelles technologies telles que la suspension active, les systèmes de freinage en carbone et les transmissions à double embrayage. Durant ces années-là, les courses d'endurance étaient très populaires, avec notamment les 24 heures du Mans. Cette compétition mythique a vu de nombreuses marques s'illustrer, comme Porsche, Ferrari ou encore Ford. Les années 70 ont également vu la naissance du championnat du monde des rallyes, avec des voitures comme la Lancia Stratos ou la Ford Escort RS qui ont marqué cette époque.

Dans les années 80, le Groupe B a été créé pour les voitures de rallye, avec des bolides extrêmement puissants et équipés de 4 roues motrices. Ils ont connu un immense succès avant d'être interdits en 1986 en raison de nombreux accidents mortels. C'est également dans les années 80 que les courses de voitures de tourisme ont commencé à se développer, avec le championnat DTM en Allemagne par exemple.

Les années 1990 ont été une période de changement pour le sport automobile, avec des innovations technologiques et des émergences des courses de voitures de tourisme et d'endurance. En Formule 1, cette décennie a été marquée par l'une des rivalités les plus populaires ; le duel Ayrton Senna / Alain Prost. La décennie a également été marquée par des tragédies, notamment la mort de Senna en 1994. Les héritages de cette période sont toujours présents dans le sport automobile aujourd'hui.

Dans les années 2000, la Formule 1 a continué de dominer la scène sportive, mais d'autres catégories ont continué à émerger. Il y a par exemple le championnat du monde d'endurance ou le championnat Formula E. Cette compétition, créée en 2014, se déroule dans des villes du monde entier et met en scène des voitures de course électriques produisant peu de bruit et aucune émission de gaz d'échappement. Le sujet de la Formule E sera davantage abordé et détaillé durant le 3^e chapitre de ce mémoire.

L'histoire du sport automobile est une histoire de passion, de talent, de technologie et d'innovation. Elle a vu la participation de certains des plus grands pilotes et des plus grands constructeurs automobiles du monde entier. Le sport automobile a connu des moments de triomphe ainsi que de tragédie. Aujourd'hui, le sport automobile continue d'évoluer et de se développer afin d'offrir aux fans de nouvelles expériences et de nouvelles émotions à chaque course.

1.3. Apparition de la durabilité dans le sport automobile

Émergence de la notion de durabilité

L'apparition de la notion de durabilité, telle que nous la connaissons aujourd'hui, est relativement récente dans l'histoire de l'humanité. Elle est apparue de manière plus prononcée dans les années 1970, en réponse à une prise de conscience croissante de l'impact de l'activité humaine sur l'environnement. Au fil des années, la nécessité de préserver les ressources naturelles pour les générations futures est devenue une priorité.

La notion de durabilité environnementale apparaît pour la première fois en 1346 dans l'ordonnance de Brunoy édictée par Philippe VI de Valois pour préserver les ressources forestières. Cependant c'est à partir des années 1970 que ce concept devient populaire. Plusieurs événements ont accentué l'apparition de la notion de durabilité écologique.

Le plus marquant est certainement celui de la publication du rapport « The limits to growth » (Les limites à la croissance). C'est en 1972 que le Club de Rome, un groupe de réflexion réunissant des scientifiques, des économistes des fonctionnaires nationaux et internationaux, ainsi que des industriels de 52 pays, publie ce rapport. Cet ouvrage présente les conclusions d'une étude de simulations informatiques sur l'évolution de la population humaine en fonction de l'exploitation des ressources naturelles, avec des projections allant jusqu'en 2100. Les résultats suggèrent que la poursuite de la croissance économique entraînera une forte baisse de la population due à des facteurs tels que la pollution, la dégradation des sols cultivables et la raréfaction des énergies fossiles. Ce rapport a alerté le monde sur les limites des ressources naturelles et les risques d'effondrement écologique.

Au cours des dernières décennies, la notion de durabilité s'est peu à peu intégrée dans les discussions publiques, les politiques, ainsi que les pratiques des entreprises et des organisations. Cette évolution témoigne d'une prise de conscience grandissante en ce qui concerne les problématiques environnementales, mais également les enjeux sociaux et économiques associés au développement durable.

La notion de durabilité a également été encouragée par l'évolution des modes de consommation et des modes de production. Les consommateurs ont pris conscience de leur pouvoir d'influence sur les choix des entreprises et ont commencé à privilégier les produits et les services qui respectent l'environnement. De leur côté, les entreprises ont commencé à intégrer la durabilité dans leurs stratégies, en adoptant des pratiques plus respectueuses de l'environnement et en promouvant des modèles économiques plus durables.

Pour conclure, l'apparition de la notion de durabilité est le résultat de l'évolution des mentalités. La majorité des personnes a progressivement intégré la prise en compte des enjeux environnementaux et de la nécessité de préserver les ressources naturelles pour les générations futures.

Émergence de la durabilité dans le sport automobile

Le sport automobile est né à une époque pendant laquelle on ne se souciait pas encore de l'écologie ni de l'environnement. La notion de durabilité était très loin d'être une priorité, on ne l'évoquait même pas. Depuis 1990, la communauté internationale a pris conscience de l'impact de l'activité humaine sur l'environnement, et l'industrie automobile a été pointée du doigt pour son utilisation des combustibles fossiles et son empreinte carbone.

Cela fait une trentaine d'années que l'industrie du sport automobile intègre peu à peu la durabilité environnementale dans ses préoccupations. La fédération internationale de l'automobile a créé la commission de l'environnement et du développement durable qui a organisé sa première réunion en mars 2018. Cette commission a pour mission de promouvoir et de faciliter la durabilité dans toutes les formes de sport automobile.

Celle-ci est composée de représentants de la FIA, des représentants de ses fédérations membres ainsi que de nombreux partenaires de l'industrie automobile. Parmi les partenaires de l'industrie automobile, on retrouve notamment des fabricants de voitures, des équipementiers et des fournisseurs d'énergie. La majorité des acteurs concernés par la durabilité appliquée au sport automobile prennent donc part au débat. La FIA veille à ce que l'ensemble de ces acteurs améliore leur empreinte environnementale.

Depuis le début de l'émergence de la durabilité dans le sport automobile, on a pu constater de nombreux changements. Ceux-ci concernent par exemple les voitures, les motorisations et les organisations. Mais la plus grande évolution s'est faite au niveau des mentalités, et celle-ci ne se limite pas aux constructeurs automobiles et aux organisateurs de courses. Les écuries, les pilotes ainsi que les fans sont de plus en plus conscients de l'importance de prendre des mesures pour réduire l'impact écologique du sport automobile.

À la question qui portait sur les éléments déclencheurs de la décarbonisation, Xavier Schène qui est le directeur général du Royal Automobile Club de Belgique a exprimé ceci : « *Je pense que c'est le contexte global. Il n'y a pas d'élément spécifique aux sports moteurs qui a accéléré la décarbonisation. C'est une conscientisation globale. Et le sport moteur et l'automobile en général y ont répondu ou en tout cas ont essayé d'y répondre. Les grandes étapes, ce sont les mêmes que pour l'automobile actuelle, c'est à la fois la minimisation de la consommation d'énergie avec des technologies normales et puis l'implémentation de technologies alternatives (voitures électriques et cetera), mais ce qui est sûr, c'est que même dans l'utilisation de moteurs à combustion par exemple, l'élément consommation d'énergie fait partie des règlements techniques.* » (X. Schène, communication personnelle, 17 février 2023). Ces propos confirment que toutes ces modifications sont issues d'une conscientisation globale.

Modifications passées

Le sport automobile a longtemps été considéré comme une activité extrêmement énergivore et polluante. Cependant, les avancées technologiques ont permis de réduire son impact environnemental tout en améliorant les performances des véhicules. Certaines innovations passées ont déjà eu un impact considérable sur le sport automobile. Dans ce chapitre, seules les modifications jusqu'au début des années 2000 seront évoquées. Les innovations plus récentes seront abordées dans le chapitre 3 qui développe la transition écologique des différentes compétitions automobiles.

Des innovations qui ont permis de réduire l'impact environnemental de la course automobile des années 1970 au début des années 2000 sont bien plus nombreuses que ce que beaucoup pourraient imaginer. Parmi les innovations les plus marquantes, on retrouve par exemple :

- La réduction de la cylindrée des moteurs
- La réduction du nombre de cylindres par moteur
- L'introduction de carburants plus propres
- Le développement de technologies hybrides (et électriques)
- L'utilisation de pneus plus durables
- L'amélioration de l'aérodynamisme

Une des premières modifications apportées au sport automobile dans le but de limiter l'impact écologique est la réduction de la cylindrée des moteurs des voitures de course. Dans le cas de la Formule 1, une réglementation concernant la cylindrée maximale autorisée est en place depuis 1947. Jusqu'en 1953, la cylindrée des moteurs atmosphériques pouvait atteindre 4500 cm³. Depuis 2014, cette cylindrée est limitée à 1600 cm³ que ce soit pour les moteurs atmosphériques ou turbocompressés (un turbocompresseur permet d'augmenter la puissance volumique).

Ces transitions n'ont pas été faciles. Les constructeurs automobiles avaient investi des années de recherche et développement pour concevoir des moteurs de grande cylindrée. La réduction de la cylindrée des moteurs nécessitait des modifications importantes pour garantir des performances équivalentes, tout en respectant les nouvelles réglementations.

Une autre modification qui a joué un rôle important en Formule 1 est le nombre de cylindres que possède un moteur de monoplace. À l'époque, les moteurs avec de nombreux cylindres étaient synonymes de performances. Il n'existait pas de limite concernant le nombre de cylindres jusqu'en 1989. Cela ne fait que 34 ans qu'une limitation est d'application. La première restriction interdisait les moteurs composés de plus de 12 cylindres. À partir de 2000, et pendant 5 ans, le nombre maximum de cylindres autorisés était de 10. De 2005 à 2013, la limite était de 8 cylindres. Ce sont désormais des moteurs turbo hybrides de 6 cylindres qui se retrouvent dans les monoplaces de Formule 1. L'objectif a donc toujours été que l'unité de puissance développe le maximum de puissance en minimisant le nombre de cylindres des blocs moteurs.

L'introduction des carburants plus propres est un des tournants majeurs du passé concernant l'impact environnemental du sport automobile. En continuant sur l'exemple de la Formule 1, le règlement imposait aux écuries de rouler avec de l'essence sans plomb. Ce type de carburant réduit la quantité de substances nocives rejetées dans l'atmosphère.

Tableau récapitulatif de la réglementation des moteurs de Formule 1

Années	Cylindrée maximale		Cylindres	Carburant	
	Atmosphérique	Suralimenté Turbocompressé		Alcool	Essence
2022-2023	1,6 litre		V6	10 %	
2014-2021				5,75 %	
2009-2013	2,4 litres	Interdit	V8	Sans plomb pompe	
2008				V10	
2007			Jusqu'à 12	Sans plumb	
2006				Interdit	
2001-2005			1,5 litre	Sans limitation	
1999-2000				0,5 litre	
1995-1998				1,5 litre	
1992-1994				Interdit	
1989-1991				Sans limitation	
1987-1988				0,75 litre	
1986				2,5 litres	
1981-1985				2,0 litres	
1972-1980				4,5 litres	
1970-1971				1,5 litre	
1966-1969				Interdit	
1963-1965				Interdit	
1961-1962				Sans limitation	
1958-1960				Sans limitation	
1954-1957				Sans limitation	
1952-1953				Sans limitation	
1950-1951				Sans limitation	

Auto journal. (s. d.). *La puissance des F1, toute une histoire*. Auto Journal. Consulté le 28 mars 2023, à l'adresse <https://www.autojournal.fr/?s=La+puissance+des+F1%2C+toute+une+histoire>

Un autre tourant du sport automobile a été le développement des technologies hybrides. Dès le début du XXI^e siècle, les constructeurs automobiles ont commencé à expérimenter des technologies hybrides. Un moteur hybride est une combinaison d'un moteur à combustion interne traditionnel et d'un système électrique. Ce système additionnel permet d'ajouter un peu de puissance à la voiture. Avec un moteur thermique traditionnel, il est nécessaire de monter dans les tours pour que le moteur développe son plein potentiel. La particularité de la propulsion électrique est que 100 % du couple est disponible instantanément. Ces systèmes électriques sont donc particulièrement intéressants dans les relances et phases d'accélération.

Un autre avantage non négligeable des moteurs hybrides est qu'ils permettent de réduire la consommation de carburant. L'apparition des moteurs hybrides en course automobile a révolutionné la façon dont les voitures de course sont conçues. Ils ont permis d'améliorer l'efficacité énergétique et la puissance des voitures.

Un autre sujet très controversé en sport automobile est l'utilisation et la gestion des pneumatiques. Les pneus sont produits à partir de ressources non renouvelables, ce qui cause un impact environnemental considérable lors de leur fabrication et de leur élimination. La compétition automobile est également pointée du doigt pour l'utilisation excessive de pneumatiques lors d'une saison.

Au fil du temps, les pneus ont sans cesse évolué afin de minimiser l'impact que ceux-ci pourraient avoir sur l'environnement. Des avancées significatives ont été réalisées pour rendre les pneus de compétition automobile plus résistants, afin de réduire le nombre de pneus utilisés pendant une saison. Cela a été rendu possible grâce à l'utilisation de mélanges de caoutchouc haut de gamme et de renforts structurels qui offrent une meilleure résistance aux sollicitations subies lors des courses automobiles. Les pneus ainsi renforcés sont plus durables et fiables.

Finalement, comment ne pas aborder le sujet de l'aérodynamisme des voitures quand on évoque les innovations qui ont permis de réduire l'impact environnemental du sport automobile par le passé. L'aérodynamisme a toujours été une préoccupation majeure pour les acteurs de la compétition automobile. L'optimisation de l'aérodynamisme joue plusieurs rôles essentiels.

Les voitures de course sont conçues pour être les plus performantes possibles. L'aérodynamisme y contribue beaucoup puisqu'une voiture avec un coefficient de pénétration plus faible sera moins freinée par l'air qui l'entoure et aura donc une meilleure vitesse de pointe.

Un autre aspect important au sein des compétitions automobiles est la réduction de la consommation de carburant. Encore une fois, l'aérodynamisme y joue un rôle majeur. En réduisant la résistance à l'air, cela permet de réduire la consommation.

C'est pourquoi une grande partie de la recherche et développement des voitures de course est consacrée à l'aérodynamisme. Il est important de trouver le bon compromis entre performance et stabilité. Trop peu d'appui aérodynamique peut rendre la voiture difficile à piloter dans les virages. Si la voiture dispose d'énormément d'appendices aérodynamiques, ceux-ci vont limiter la vitesse de pointe et augmenter la consommation de carburant. C'est pourquoi les différents constructeurs et équipes passent des centaines d'heures en soufflerie afin d'affiner chaque détail de la voiture dans le but d'optimiser les résultats sur la piste.

1.4. Mobilité durable appliquée au sport automobile

La mobilité durable est un sujet de plus en plus important dans divers secteurs, y compris celui du sport automobile, où elle peut se manifester sous plusieurs formes, allant de l'emploi de carburants alternatifs à la conception de voitures plus légères et économies en énergie.

La mobilité durable est un concept qui regroupe la mobilité et la notion de durabilité. Ce concept fait référence à une approche de la mobilité qui répond aux besoins de transport actuels sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs. Elle vise à minimiser l'impact environnemental de la mobilité tout en maximisant son efficacité.

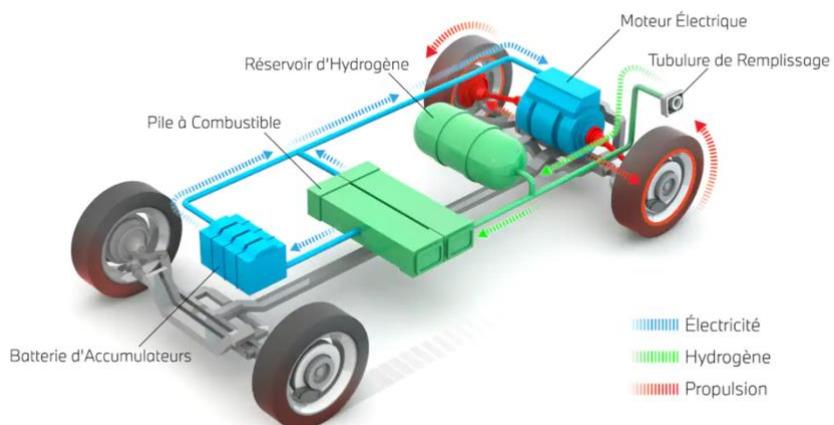
Lorsqu'elle est appliquée au sport automobile, l'objectif est de réduire l'impact environnemental de cette discipline. Malgré tout, il est important que le sport automobile garde son attractivité et que les performances soient toujours au rendez-vous. Intégrer la notion de durabilité à la compétition automobile représente un réel défi pour tous les acteurs de cette industrie mondiale.

Dans ce point-ci, l'objectif sera de traiter des notions de durabilité que nous retrouvons actuellement dans le sport automobile. Le sous-chapitre précédent se focalisait sur les innovations du passé qui ont pu avoir un impact sur l'empreinte écologique de la compétition automobile. Les innovations entreprises ainsi que les innovations et modifications à venir seront abordées dans le chapitre 3 qui analysera également l'impact que ces actions peuvent avoir sur l'industrie du sport automobile.

Assez logiquement, le sport automobile est fortement lié à l'industrie automobile. Le monde automobile est en pleine transition depuis quelques années maintenant. Les moteurs essence et surtout les moteurs diesel sont peu à peu mis sur le côté au profit de véhicules hybrides ou 100% électriques. La raison est assez simple ; c'est la législation en matière de CO₂ qui le veut !

En Europe, l'année 2035 est synonyme de rupture avec le passé dans le monde automobile. Le 8 juin 2022, le Parlement européen a voté en faveur de l'interdiction de la vente de véhicules neufs à combustion interne (essence ou diesel) à partir de 2035. Mais cela n'a pas encore été voté au Conseil européen et certains pays s'y sont désormais opposés... affaire à suivre. La voiture thermique telle qu'on la connaît actuellement est vouée à disparaître dans le paysage européen. À l'heure actuelle, on se dirige vers l'automobile 100% électrique et cette transition ne sera pas évidente. C'est bien la première fois de l'histoire automobile qu'un si grand changement devra se faire en si peu de temps. La tâche ne sera pas aisée puisqu'à l'heure actuelle, les voitures électriques sont encore très chères, pas toujours très autonomes et les infrastructures de recharge pas assez nombreuses... et ce ne sont que quelques exemples parmi tant d'autres.

D'autres pistes sont étudiées telles que les voitures à hydrogène par exemple. L'hydrogène est un carburant propre qui peut être utilisé dans des piles à combustible pour produire de l'électricité. Cette électricité sera ensuite utilisée pour alimenter un moteur qui entraînera les roues du véhicule. Les véhicules roulant à l'hydrogène ont une autonomie similaire aux véhicules électriques. La grande différence concerne la recharge. Les voitures à hydrogènes se rechargent beaucoup plus rapidement qu'un véhicule électrique, ce qui représente un réel avantage dans l'utilisation. La recharge d'un véhicule roulant à l'hydrogène prend entre 3 et 5 minutes (ravitaillement comparable à une voiture thermique) contre plus de 30 minutes pour les modèles électriques les plus performants. De plus, les véhicules à hydrogène ne rejettent que de l'eau comme émission, ce qui en fait une solution très respectueuse de l'environnement.



Voiture à hydrogène, pile à combustible et Cie : Ce qu'il faut savoir / BMW.com. (s. d.). Consulté 18 mars 2023, à l'adresse <https://www.bmw.com/fr/innovation/voiture-a-hydrogène.html>

Le secteur automobile est en pleine transition et ces changements ne seront pas sans conséquences pour le sport automobile. L'industrie automobile est dans l'obligation de suivre la voie de la mobilité durable. Il serait absurde de penser que le sport automobile ne suive pas la même voie. Évidemment, on ne pourra pas appliquer directement les modifications liées à l'industrie automobile à la compétition automobile. Le sport automobile doit entamer sa transition écologique en combinant performances, engouement du public et développement durable. Cela représente un défi d'envergure !

Depuis le début de la compétition automobile, l'industrie automobile et l'industrie de la compétition automobile partagent le maximum d'éléments possibles. Il y a des pièces communes qui se retrouvent dans les deux univers, mais également une partie de recherche et développement en commun. Depuis plus de 70 ans, les deux industries utilisent des moteurs thermiques et peuvent donc partager une partie de leur conception. Le fait d'être dans une période de transition est assez embêtant puisque ces industries ne partagent plus les mêmes motorisations au même moment.

Cette phase de transition nécessite énormément de ressources financières. Passer d'une motorisation thermique que l'on connaît depuis plus d'un siècle à un nouveau groupe propulseur demande un investissement très important. En plus de l'aspect financier, cela demandera également de nombreuses années de recherche et développement.

1.5. Conclusion intermédiaire chapitre 1

- C'est à partir des années 1970 que la notion de durabilité est devenue populaire. Cette popularité croissante a été accélérée par la publication du rapport « The limits to growth ». Mais la prise de conscience collective quant à l'urgence climatique est présente depuis quelques années seulement. Elle est depuis lors devenue une priorité.
- L'émergence de la durabilité dans le sport automobile est assez récente. C'est à partir des années 1990 que le sport automobile a particulièrement été pointé du doigt pour son utilisation des combustibles fossiles et son empreinte carbone.
- La fédération internationale de l'automobile a créé la commission de l'environnement et du développement durable début 2018 pour promouvoir et faciliter la durabilité dans toutes les formes de sport automobile. L'intégration de la notion de durabilité dans le sport automobile remonte aux années 90, mais ce n'est que 30 ans plus tard que la FIA a créé une commission. On remarque donc une évolution importante ces dernières années.
- Dans le passé, plusieurs modifications ont permis de réduire l'empreinte carbone de la compétition automobile. Les plus marquantes sont la réduction de la cylindrée des moteurs, la réduction du nombre de cylindres par moteur, l'introduction de carburants plus propres, le développement de technologies hybrides (et électriques), l'utilisation de pneus plus durables et l'amélioration de l'aérodynamisme.
- Le sport automobile a toujours été le fer de lance des progrès technologiques. De nombreuses technologies issues de la compétition automobile apparaissent ensuite dans l'industrie automobile.
- La tendance lourde est que le sport automobile a toujours été à la pointe des progrès technologiques. Plus récemment ces progrès ont pris l'axe de la durabilité environnementale, mais les progrès technologiques ont depuis toujours marqué l'histoire du sport automobile.
- Dans l'industrie automobile, l'année 2035 est synonyme de rupture avec le passé. C'est la première fois de l'histoire qu'un si grand changement se fera en si peu de temps. La compétition automobile doit également suivre la voie de la durabilité, mais peut-être pas de la même façon que l'industrie automobile.
- Dans le chapitre qui suit, nous aborderons le sujet sous un angle plus économique, en développant les acteurs concernés, le poids économique que cela représente ainsi que les retombées que le sport automobile peut avoir sur l'industrie automobile.

Chapitre 2 : Pour la planète entière, un poids économique considérable

L'industrie du sport automobile est analysée en profondeur dans ce chapitre. Afin d'étudier au mieux le sport automobile face aux enjeux écologiques, il est important de comprendre comment cette industrie fonctionne. Cette industrie regroupe un grand nombre d'intervenants. Ce chapitre détaillera les différents acteurs concernés ainsi que leurs différents rôles. Je mettrai également en avant le poids économique considérable que cette industrie représente. À la fin de ce chapitre, j'aborderai les retombées qu'a le sport automobile sur l'industrie automobile.

2.1. Les acteurs concernés

Le monde du sport automobile est un milieu très complexe avec une multitude d'acteurs aux rôles bien définis. Pour qu'une compétition puisse voir le jour, les fédérations automobiles jouent un rôle primordial quant à la mise en place et au bon déroulement des compétitions. Les fédérations sont forcées de respecter les lois mises en place par les différents gouvernements et instances politiques. Les constructeurs automobiles s'occupent de la conception ainsi que de la fabrication des différents véhicules.

Le jour de la course, plusieurs commissaires ainsi que le directeur de course sont chargés du bon déroulement de celle-ci. Ensuite, que serait le sport automobile sans les différentes équipes composées d'ingénieurs, mécaniciens et pilotes qui permettent aux véhicules de s'exprimer sur la piste ? Le public a un rôle plus qu'important à jouer. Il est à la fois de l'ordre économique, mais il ajoute surtout une réelle plus-value en ce qui concerne l'ambiance aux abords de la piste. Finalement, il faut également considérer les différents médias qui permettent à ceux et celles qui n'ont pas l'occasion de se déplacer de profiter au maximum de la course.

Les gouvernements et les instances politiques

Dans presque tous les domaines, les lois sont régie par des entités politiques. Ces entités peuvent être classées en 2 catégories différentes. Nous retrouvons d'une part les gouvernements qui sont rattachés à un seul et unique état. Un gouvernement est une institution politique investie du pouvoir exécutif afin de diriger un état. Le gouvernement décide et prend les mesures nécessaires à la conduite de l'État. Le gouvernement met en œuvre les lois dans son propre pays. D'autre part, les décisions et accords concernant l'écologie sont souvent généralisés à l'ensemble de l'Union européenne. Les lois concernant la réglementation des moteurs thermiques n'y dérogent pas.

La pression exercée actuellement par les instances politiques sur différents secteurs pour lutter contre le dérèglement climatique est forte. Le secteur automobile en général est frappé de plein fouet par cette transition qui devra se faire sur une période très courte. L'année 2035 est synonyme de rupture avec le passé dans le monde automobile. Effectivement, le Parlement européen a voté en faveur de l'interdiction de la vente de véhicules neufs à moteur essence ou diesel à partir de 2035. La voiture thermique telle qu'on la connaît actuellement est donc vouée à disparaître. Il serait insensé de penser que le sport automobile n'en soit pas impacté dans les années à venir. Pendant combien d'années encore les moteurs thermiques vont-ils continuer à exister dans les sports moteurs ? Une loi semblable appliquée au sport automobile verra-t-elle le jour dans un futur proche ? On ne peut nier le fait que le monde politique joue un rôle majeur en ce qui concerne les réglementations et le futur du sport automobile.

Les fédérations automobiles

D'un point de vue hiérarchique, juste en dessous des gouvernements et instances politiques se situent les fédérations automobiles. Les fédérations sont des représentants de l'État sur le terrain. Il existe des fédérations dans tous les pays où sont pratiqués les sports moteurs. Parmi les organisations les plus connues en Belgique, nous retrouvons par exemple le « Automobile Competition Committee for the United States » (ACCUS) aux États-Unis, la « Fédération Française du Sport Automobile » (FFSA) en France et finalement le « Royal Automobile Club de Belgique » (RACB) en Belgique. Dans les faits, toutes ces organisations sont affiliées à la fédération la plus connue au monde ; la Fédération Internationale de l'Automobile (FIA).

La Fédération Internationale de l'Automobile est l'organe directeur du sport automobile mondial et la fédération des principales organisations automobile mondiales (FIA, s.d.). La FIA regroupe 243 organisations mondiales réparties dans 146 pays. La FIA est une association sans but lucratif, fondée en 1904, dont le siège social se situe à Paris. La fédération Internationale de l'Automobile agit au niveau mondial via l'intermédiaire de ses 243 filiales pour être au plus proche de la réalité et du terrain.



FIA. (s. d.). *fia logo*. Fédération Internationale de l'Automobile.
<https://www.fia.com/files/fialogofinalpng>



RACB. (s. d.). *Logo RACB*.
https://www.racb.com/about_racb-835.html

La FIA et ses représentants aux quatre coins du globe ont une mission commune ; réglementer, organiser et promouvoir la pratique du sport automobile. Comme indiqué dans leur nom, le rôle des représentants nationaux de la FIA tels que le Royal Automobile Club de Belgique ou la Fédération Française du Sport Automobile est d'encadrer les compétitions nationales des différentes disciplines de sport automobile. Ce sont par exemple ces organisations nationales qui délivrent les licences pour pouvoir participer à des compétitions. Seule la Super Licence, nécessaire pour concourir au championnat mondial de Formule 1 est directement délivrée par la FIA. De plus ces organisations sont à la fois responsables de l'homologation des véhicules de course, mais également de la formation des différents licenciés qui encadrent les épreuves.

Les constructeurs automobiles

Organiser une course automobile sans voitures relève de l'impossible et c'est là que les constructeurs automobiles rentrent en piste. Depuis la genèse de l'histoire de l'automobile, la compétition a été un moyen pour les constructeurs de démontrer la qualité de leurs voitures et de promouvoir leur marque. Le sport automobile a évolué au fil du temps, mais il reste un terrain de jeu important pour les constructeurs automobiles.

L'implication d'un constructeur automobile dans le sport automobile peut prendre de nombreuses formes différentes, du simple parrainage d'une équipe à la création d'une équipe d'usine entièrement dédiée à la course. Certains constructeurs se spécialisent dans des disciplines spécifiques, comme la Formule 1 ou les courses de rallye, tandis que d'autres travaillent sur plusieurs disciplines à la fois. Les constructeurs les plus célèbres du sport automobile sont probablement Ferrari, Toyota, Porsche, Mercedes-Benz, Audi, Ford et Chevrolet.



Barthet, J. (2022). Aux 24h du Mans 2022, Toyota s'offre la pole, Alpine en 2ème ligne - classements. *Le Mag Sport Auto*. <https://lemagsportauto.ouest-france.fr/aux-24h-du-mans-2022-toyota-soffre-la-pole-alpine-en-2eme-ligne-classements/68893/>

Le sport automobile est une super vitrine pour les constructeurs. Il y a de très nombreux avantages pour une marque automobile de produire des véhicules de course et de prendre part à des compétitions automobiles. Tout d'abord, le sport automobile est un outil marketing important. D'un point de vue commercial, les constructeurs se servent de ces évènements pour se construire une réputation et une image de marque.

Ensuite, la course a depuis toujours été un laboratoire technologique. C'est l'occasion pour un constructeur d'innover et d'essayer ces nouveautés dans des conditions très exigeantes. Nombreuses des innovations apparues en sport automobile sont arrivées dans les voitures de production des années plus tard. Pour n'en citer qu'une, le système d'antiblocage des roues plus communément appelé « ABS ». Ce système limite le blocage des roues lors d'une phase de freinage intense, et évite donc au véhicule de déraper et au pilote de prendre le contrôle. La course permet aux constructeurs de tester la fiabilité et la performance de leurs voitures et cela peut servir de démonstration auprès du grand public. Les succès en compétition peuvent avoir un effet positif sur les ventes de voitures de production, car les consommateurs sont souvent attirés par les voitures des marques victorieuses. Finalement, leur présence lors de compétitions automobiles traduit leur bonne santé économique. Il semble assez logique qu'une marque qui a du mal financièrement n'aille pas dépenser des millions d'euros dans la recherche et le développement pour produire une voiture de course.

Les commissaires et directeurs de course

Les jours de course, ce sont les commissaires et directeurs de course qui sont au plus près du terrain. Ils veillent à l'organisation et à la sécurité des compétitions automobiles. Les commissaires sont répartis en différentes catégories selon le rôle qu'ils ont. On dénombre une multitude de commissaires différents.

Le directeur de course joue le rôle d'un véritable chef d'orchestre. Ses objectifs sont de faire respecter le règlement et d'offrir une compétition sportive équitable. Il reçoit les informations des différents commissaires et il doit ensuite prendre la meilleure décision, parfois sous pression de temps. En cas d'accident par exemple, c'est le directeur de course qui doit rapidement réagir afin de mettre en œuvre les moyens de secours. L'objectif premier du directeur de course est que la course se déroule de la meilleure des façons, mais surtout en évitant les accidents.

Les commissaires les plus visibles aux yeux des spectateurs sont les commissaires de piste. Pendant une course, ils représentent les yeux et les oreilles du directeur de course. Ils sont chargés de trois missions primordiales. Premièrement, ils doivent faire remonter la moindre anomalie auprès du directeur de course.

Deuxièmement, ils sont responsables d'informer les pilotes engagés sur la place en cas de problème ou ralentissement sur celle-ci grâce à différents drapeaux qu'ils agitent, qui sont un véritable moyen de communication pour tous les acteurs du circuit. Dernièrement, ils ont pour mission de dégager les débris de la piste, ce qui peut s'avérer très dangereux. Cependant, ils ne prennent aucune décision sans l'accord du directeur de course.

Tout comme les commissaires de piste, les commissaires de stands ont pour mission de faire remonter la moindre anomalie au directeur de course. Ils veillent à la sécurité et au respect des règlements, mais uniquement dans une zone très précise du circuit ; la voie des stands. La voie des stands est une zone qui présente énormément de risques puisqu'on y retrouve de grandes quantités d'essence, des dizaines de mécaniciens et ingénieurs et des voitures de course qui y passent pour effectuer des ravitaillements, des changements de pneus ou des changements de pilotes lors des courses plus longues telles que les courses d'endurances.

Finalement, nous retrouvons les commissaires sportifs et techniques. Les commissaires sportifs veillent au respect de la réglementation sportive. Ce sont eux qui tranchent les litiges et réclamations pendant une épreuve. Les commissaires techniques, quant à eux, sont chargés de l'application des règlements techniques de la catégorie. Ils s'occupent de contrôler chaque véhicule de compétition avant, pendant et après les épreuves afin de s'assurer que ceux-ci soient conformes aux règlements.

Les écuries automobiles

À l'instar de nombreux sports, la compétition automobile se pratique en équipes appelées écuries automobiles. Bien entendu, toutes les écuries ne sont pas comparables. On peut alors parler de trois catégories d'écuries automobiles différentes. Tout d'abord, on retrouve les équipes qui sont rattachées à un constructeur automobile. Dans le cas de la Formule 1 par exemple, on pourrait citer la Scuderia Ferrari ou Mercedes-AMG Petronas qui représentent le département course d'un grand constructeur.

Ensuite, il existe des écuries qui ne sont pas directement rattachées à des constructeurs automobiles. L'écurie peut alors, au lieu de créer une voiture de toute pièce, piocher des éléments chez plusieurs constructeurs moyennant arrangement financier bien entendu. Aujourd'hui, 4 constructeurs dominent la fourniture en moteurs en Formule 1 : Mercedes, Ferrari, Renault et Honda. Dans ce cas-ci, ce sont généralement les sponsors ou les actionnaires principaux qui donnent leur nom aux écuries. Pour rester dans le domaine de la Formule 1, on retrouve notamment l'écurie Red Bull Racing qui équipe ses monoplaces d'un moteur Honda ou bien l'écurie Haas qui s'est procuré son moteur du côté de Maranello, chez Ferrari.

Le troisième type d'écuries est encore bien différent des 2 autres et n'existe que dans quelques compétitions bien spécifiques. Certaines compétitions automobiles font courir entre elles toutes les mêmes voitures. C'est par exemple le cas en Porsche Carrera Cup où tous les participants roulent en Porsche 911 GT3 Cup. Les différentes écuries se battent donc plus à armes égales puisque les voitures sont identiques.

Une grande importance est accordée aux sponsors en sport automobile. La compétition automobile est très onéreuse et celle-ci n'existerait pas sans les millions d'euros injectés par les sponsors. Qui dit budget important, dit notamment beaucoup de moyens pour la recherche et le développement de voitures performantes. Les écuries importantes aux gros moyens financiers ont donc beaucoup plus de chance de gagner. Afin de limiter l'écart entre les grosses écuries et les écuries à budgets plus modestes, la Formule 1 a mis en place un plafond budgétaire que les équipes de Formule 1 ne peuvent pas dépasser. Ce plafond budgétaire est de 135 millions d'euros par la saison 2023.

Le public

Le public a, et a toujours eu, un rôle crucial dans le sport ; il ajoute de la vie ! On a pu le constater pendant la crise du Covid-19, si on retire le public lors d'événements sportifs, ce n'est plus du tout la même chose. Les courses de sport automobile sont une source de plaisir et d'excitation pour des millions de fans à travers le monde, qui regardent avec fascination les pilotes qui se lancent à des vitesses incroyables autour des circuits. Il est difficile de ne pas être impressionné par la passion et l'engagement des pilotes et des équipes qui participent à ces événements passionnants.

Cependant, l'une des retombées les plus importantes de ces événements est l'impact économique qu'ils ont sur les événements, mais également sur les villes et les pays qui les accueillent. Les courses de sport automobile attirent des millions de touristes, qui dépensent de l'argent dans les hôtels, les restaurants, les magasins et les attractions locales. Les organisateurs des événements de sport automobile investissent également des sommes considérables dans la publicité et le marketing pour attirer des spectateurs, ce qui contribue à stimuler l'économie locale.

Malheureusement, ce public n'apporte pas que du positif. Il est responsable d'une partie des émissions de CO₂ produites par le sport automobile. La raison principale des gaz à effets de serre qu'ils émettent vient du transport. Certains rejoignent les lieux de compétitions automobiles en train ou en covoiturage, mais nombreux sont ceux qui utilisent leur propre voiture ou l'avion. De plus, les déchets générés par les fans, tels que les papiers d'emballages alimentaires et les bouteilles en plastique, entraîneront également une pollution de l'environnement.

Un grand nombre de fans peut également poser des problèmes en termes de gestion de la circulation et de sécurité. Il est donc impératif que les organisateurs travaillent en étroite collaboration avec les autorités locales pour s'assurer que les évènements se déroulent en toute sécurité et sans perturber le quotidien des habitants.

Les médias

Les médias jouent un rôle crucial dans le monde du sport automobile, offrant une couverture en direct des évènements, des analyses approfondies et des histoires qui captivent les fans du monde entier.

Les chaînes de télévision sont le principal moyen de diffusion des évènements de sport automobile. Des évènements majeurs tels que la Formule 1, la NASCAR et l'IndyCar sont diffusés dans le monde entier et sont regardés par des millions de personnes chaque week-end de course. Les chaînes de télévision proposent également une couverture en direct des séances d'essais, des séances de qualifications et des interviews avec les pilotes et les membres de l'équipe.

Les médias en ligne sont depuis quelques années maintenant très populaires auprès des fans de sport automobile. Les sites web spécialisés offrent des analyses approfondies, des interviews exclusives et des histoires captivantes qui ravissent les fans. Les réseaux sociaux, tels que Twitter et Instagram, sont également utilisés par les équipes et les pilotes pour partager des informations en temps réel et interagir avec leurs fans.

Les magazines de sport automobile sont également un moyen important pour les fans de rester informés. Au même titre que les sites web spécialisés, ces magazines offrent des analyses des différentes courses, des interviews des différents acteurs du sport automobile ainsi que des reportages sur les coulisses du sport.

Les médias génèrent des revenus publicitaires importants. Les annonces diffusées pendant les évènements de sports automobiles sont souvent très prisées des annonceurs et coûtent donc beaucoup d'argent. Les épreuves de Formule 1 les plus réputées, comme le Grand Prix de Monaco ou le Grand Prix de Belgique, génèrent des millions d'euros.

En parallèle, les médias spécialisés dans le sport automobile, tels que les magazines et les sites web, jouent un rôle crucial dans la promotion des évènements et des marques automobiles. Le sport automobile est un secteur qui bénéficie grandement de l'engagement des médias et qui en tire des bénéfices économiques importants.

2.2. Approche statistique et économique

Le sport automobile est une industrie mondiale importante qui génère annuellement 159 milliards d'euros selon EY Parthenon. Cette industrie comprend les constructeurs automobiles, les équipes de courses, les circuits, les organisateurs de courses, les sponsors, les médias et bien d'autres. L'impact qu'a le sport automobile sur l'économie est très conséquent.

La Fédération Internationale de l'Automobile a commandé auprès d'EY Parthenon une étude sur l'impact économique annuel du sport automobile dans le monde. EY Parthenon est la branche de conseil en stratégie mondiale d'Ernst & Young. Ce genre d'enquête est une première au niveau mondial. Elle a été menée pour l'année 2019 dans 145 pays membres de la FIA. Par conséquent, cette enquête ne prend pas en compte la crise du Covid-19 ni ses conséquences.

Les travaux reposent sur une étude de marché exhaustive qui a impliqué plus de 20 000 entretiens avec divers acteurs tels que les clubs automobiles locaux, les propriétaires de sites, les titulaires de droits commerciaux mondiaux, les promoteurs nationaux et les directeurs d'équipe. Cette étude a pris en compte toutes les données existantes telles que les données officielles de la FIA, des championnats mondiaux et régionaux, des séries internationales et des sites agréés par la FIA. Plus de 50 parties prenantes de l'industrie ont été consultées.

Les résultats de l'enquête sont sans appel, l'industrie du sport automobile joue un rôle majeur dans l'économie mondiale. Ce chiffre d'affaires est à diviser en deux grandes catégories, d'une part les retombées directes et de l'autre les retombées indirectes.

Les retombées directes

Les retombées directes concernent l'activité économique générée par tous les éléments de l'industrie du sport automobile, y compris l'activité générée par les participants au sport automobile, les organes directeurs, les clubs locaux de sport automobile, les installations, les pistes et circuits, les évènements et les équipes (semi-) professionnelles. L'enquête estime que l'industrie du sport automobile mondial génère un chiffre d'affaires direct de 60 milliards d'euros. La valeur ajoutée directe est estimée à 25 milliards d'euros.



La FIA présente une étude mondiale sur l'impact économique et social du sport automobile. (2021). Fédération Internationale de l'Automobile. <https://www.fia.com/fr/news/la-fia-presente-une-etude-mondiale-sur-limpact-economique-et-social-du-sport-automobile>

On retrouve énormément d'aspects différents dans les retombées directes. Une source de revenus importante concerne le merchandising. Les équipes, les pilotes et les sponsors cherchent à tirer parti de la popularité de ce sport en proposant des produits dérivés pour les fans. Cela comprend les vêtements, des casquettes, des accessoires, des jouets et des souvenirs en édition limitée. Le merchandising du sport automobile permet aux équipes et aux sponsors d'exploiter la passion des fans pour ce sport, tout en renforçant leur image de marque et en augmentant leur chiffre d'affaires. La popularité croissante de ce sport offre de nouvelles perspectives pour les marques souhaitant atteindre un public engagé et passionné.

Les droits de diffusion, qui font partie des retombées directes, sont un enjeu clé pour les organisateurs de courses, les équipes, les pilotes et les diffuseurs. Les grandes compétitions telles que la Formule 1, le championnat du monde d'endurance (WEC) ou encore le championnat du monde des rallyes (WRC) ont des contrats de diffusion avec des diffuseurs mondiaux pour leur permettre de toucher un public international.

Ces droits de diffusion sont souvent vendus à des tarifs élevés, car ils offrent aux diffuseurs l'exclusivité pour retransmettre les courses à la télévision, en ligne ou sur d'autres plateformes de diffusion. Dans le cas de la Formule 1, Canal + paierait annuellement 60 millions d'euros pour diffuser les Grands Prix. (Gonçalves, 2022). En moyenne, chaque compétition automobile est diffusée sur une à deux chaînes de télévision par pays. Les organisateurs de courses, les équipes et les pilotes profitent de ces contrats de diffusion pour accroître leur visibilité, leur notoriété et leur capacité à attirer des sponsors.

Cependant, les droits de diffusion du sport automobile ont également des implications sur les fans. Certaines courses sont disponibles uniquement sur des chaînes payantes, limitant ainsi l'accès aux courses pour les fans qui ne peuvent pas se permettre de payer des abonnements coûteux. Cela peut également entraîner un manque d'exposition pour les courses moins populaires, qui risquent de ne pas être diffusées.

En fin de compte, les droits de diffusion du sport automobile sont essentiels pour assurer la croissance et la viabilité de ce sport. Toutefois, il est important de trouver un équilibre entre les intérêts financiers des organisateurs, des équipes, des diffuseurs et des fans.

Les retombées indirectes

Les retombées indirectes correspondent aux dépenses qui ne sont pas directement liées au sport automobile, mais qui résultent de cette industrie. Les évènements de sport automobile attirent un grand nombre de spectateurs, tant locaux qu'internationaux. Cela signifie que les villes qui accueillent ces évènements bénéficient d'une augmentation du tourisme, ce qui se traduit par une augmentation des dépenses dans les hôtels, les restaurants et les commerces locaux. EY Parthenon estime le chiffre d'affaires indirect à 99 milliards d'euros. Une fois les coûts déduits, il reste une valeur ajoutée indirecte de 42 milliards d'euros. La valeur ajoutée totale du sport automobile mondial d'élève donc à 67 milliards d'euros. Selon l'étude, le sport automobile mondial a connu une croissance de 90% entre 2007 et 2019. Dans le chapitre 4, nous analyserons pourquoi le sport automobile a connu une telle croissance, surtout en Formule 1.

1,5 million d'emplois

Le sport automobile est créateur d'emplois à travers le monde. Cette industrie qui génère près de 160 milliards d'euros annuellement a besoin de beaucoup de main-d'œuvre pour fonctionner. Les équipes de course emploient des professionnels hautement qualifiés tels que des ingénieurs, des techniciens, des mécaniciens et des pilotes. De plus, les organisateurs de courses font travailler des milliers de personnes pour gérer les évènements, assurer la sécurité et fournir des services aux fans. L'enquête réalisée par EY aborde également le nombre d'emplois qui sont créés à travers le monde afin de faire fonctionner ce monde complexe.

EY Parthenon évalue à 1,5 million d'emplois générés par l'industrie du sport automobile à travers le monde. Tous ces emplois sont à classer en différentes catégories. Tout d'abord, les emplois directs créés par l'industrie du sport automobile sont au nombre de 576.000. Ensuite, nous retrouvons les emplois créés indirectement. Ce sont 924.000 emplois qui sont créés indirectement par le sport automobile à travers le monde. De plus, 302.000 bénévoles ont des missions en lien avec le sport automobile. Le nombre très important de bénévoles prouve la force d'attractivité impressionnante du sport automobile. Ce sont au total 1,8 million de personnes qui travaillent d'une manière ou d'une autre pour l'industrie du sport automobile à travers le monde.

Ce nombre peut, à première vue, sembler impressionnant, mais il le devient nettement moins lorsqu'il est mis en parallèle avec le nombre de clubs ou d'évènements à l'échelle mondiale. Il existe en tout 21.600 clubs locaux, 146 fédérations nationales telles que le Royal Automobile Club de France et la Fédération Française du Sport Automobile. Selon l'enquête, ce ne sont pas moins de 2,7 millions de personnes qui contribuent chaque année aux évènements réglementés par la FIA. Ils se donnent rendez-vous sur 7200 circuits et installations différentes pour participer à 60.700 évènements de sport automobile par an à travers le monde.

Une industrie colossale

Le sport automobile est une industrie qui pèse à travers le monde. En 2007, les retombées économiques directes représentaient plus que le produit intérieur brut cumulé des 15 pays les plus modestes. (Tuvalu, Nauru, Kiribati, Palaos, Iles Marshall, Micronésie, Tonga, Sao Tomé-et-Principe, Dominique, Samoa, Saint-Christophe-et-Niévès, Saint-Vincent-et-les-Grenadines, Vanuatu, Grenade et les Comores)

Le sport automobile est en pleine croissance depuis plusieurs années et représente une puissance économique très importante. Les retombées directes du sport automobile en 2019 sont supérieures à la somme des produits intérieurs bruts des 25 pays les plus modestes. (Tuvalu, Nauru, Kiribati, Palaos, Iles Marshall, Micronésie, Tonga, Sao Tomé-et-Principe, Dominique, Samoa, Saint-Christophe-et-Niévès, Saint-Vincent-et-les-Grenadines, Vanuatu, Grenade, Comores, Seychelles, Antigua-et-Barbuda, Saint-Marin, Iles Salomon, Guinée-Bissau, Sainte-Lucie, Cap-Vert, Gambie, Érythrée et Belize)



La FIA présente une étude mondiale sur l'impact économique et social du sport automobile. (2021). Federation Internationale de l'Automobile. <https://www.fia.com/fr/news/la-fia-presente-une-etude-mondiale-sur-limpact-economique-et-social-du-sport-automobile>

Le sport automobile est une industrie qui n'a rien à envier aux autres disciplines sportives. À titre de comparaison, le sport le plus populaire dans le monde qu'est le football générerait 400 milliards d'euros par an. (Cash investigation, s. d.). À l'échelle de la France, le sport automobile pèse 2,3 milliards d'euros, ce qui est plus que le tennis qui pèse quant à lui 2,2 milliards d'euros.

Tableau comparatif des différentes disciplines sportives en France en 2019

Sport	Chiffre d'affaires (À l'échelle de la France)	Sources
Football	7,5 milliards d'euros	Étude d'EY
Fitness	2,6 milliards d'euros	Étude de Deloitte
Sport automobile	2,3 milliards d'euros	Étude d'EY
Tennis	2,2 milliards d'euros	Fédération française de Tennis

2.3. Retombées sur l'industrie automobile

Le sport automobile est souvent considéré comme un laboratoire grandeur nature pour l'industrie automobile, avec des retombées significatives sur la recherche et le développement de nouvelles technologies, ainsi que sur l'image de marque des constructeurs.

Laboratoire d'innovations technologiques

Résumer le sport automobile à la simple activité de faire rouler des voitures en rond sur une piste serait très réducteur. Ce sport représente bien plus. Il est avant tout un laboratoire d'innovations technologiques qui peuvent être appliquées dans les voitures de série.

Les constructeurs automobiles qui participent à des compétitions ont la possibilité d'expérimenter de nouvelles technologies et de repousser les limites de l'ingénierie automobile. Les exigences de la compétition poussent les constructeurs à chercher des moyens d'améliorer la performance de leurs véhicules, ce qui nécessite des innovations dans la conception ou dans les matériaux utilisés. Depuis maintenant quelques années, le sport automobile sert également de laboratoire pour le développement des technologies plus respectueuses de l'environnement.

L'objectif des constructeurs automobiles est de pouvoir appliquer des innovations sorties tout droit du sport automobile à leurs véhicules de série. Par exemple, la célèbre marque anglaise McLaren a développé au sein de son groupe, le département « Applied Technologies ». Ce département permet de faire la jonction entre McLaren Racing qui est entièrement dédié à la course automobile et McLaren Automotive qui est spécialisé dans la conception de voitures de sport haut de gamme. McLaren Applied Technologies a donc pour but de retranscrire les innovations développées en compétition sur leurs voitures homologuées pour la route.

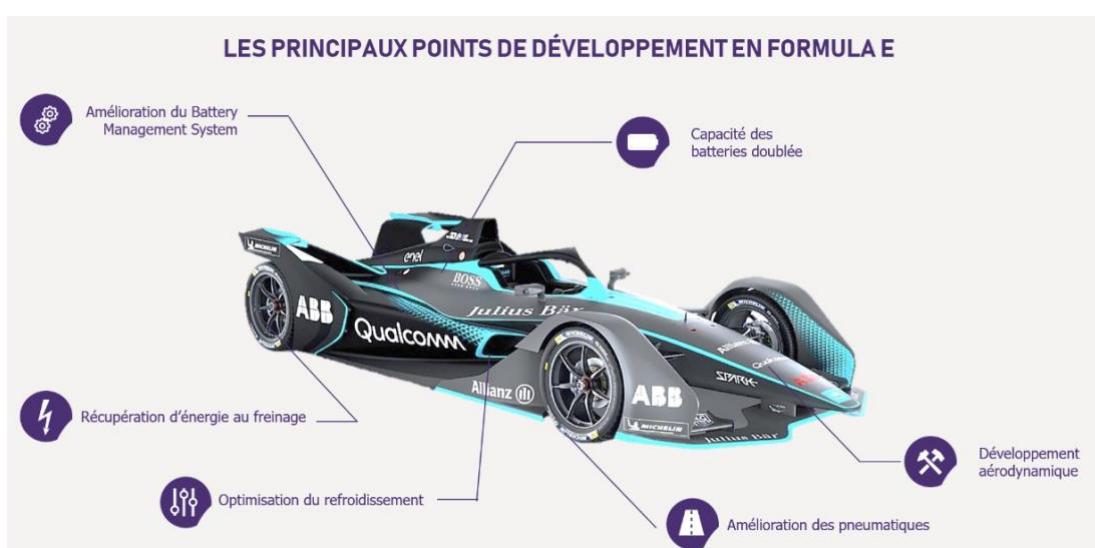
Chaque compétition automobile ne travaille pas sur les mêmes innovations ou technologies. Les besoins des différentes compétitions sont différents et bien spécifiques. On ne peut pas comparer une monoplace de Formule 1 et une voiture de rallye. Afin d'approfondir le sujet, prenons l'exemple de 4 disciplines majeures ;

- Le championnat du monde de Formule 1 (F1)
- Le championnat du monde de Formule E (FE)
- Le championnat du monde d'endurance (WEC)
- Le championnat du monde des rallyes (WRC)

La Formule 1 se présente comme la catégorie reine du sport automobile. La Formule 1 s'oriente de plus en plus vers une économie d'énergie et une motorisation moins polluante. Son règlement a de nombreuses fois été modifié pour que les monoplaces s'éloignent le moins possible des voitures de série afin que les innovations puissent impacter les voitures de tous les jours. Au cours de l'histoire, le changement le plus marquant concerne le nombre de cylindres des moteurs. Au début de l'histoire de la Formule 1, les voitures étaient généralement équipées de moteurs de 12 cylindres. Ce sont désormais des moteurs turbo hybrides de 6 cylindres qui se retrouvent dans les monoplaces de Formule 1. Une autre évolution notable, beaucoup plus récente cette fois-ci, concerne le diamètre des jantes. Depuis 2022, la taille des jantes est passée de 13 à 18 pouces. Les flancs des pneus sont désormais beaucoup plus fins et s'apparentent davantage aux pneus des voitures de série.

Les constructeurs de monoplaces cherchent, par exemple, à innover et à perfectionner le système de récupération d'énergie lors des phases importantes de freinage. Toutefois, la Formule 1 est réticente à adopter un règlement plus en phase avec les évolutions majeures du marché automobile. Bien que les moteurs de la Formule 1 soient hybrides et turbocompressés, ils ne sont pas conçus pour une électrification totale du véhicule, contrairement à ceux de la Formula E.

La Formule E permet d'améliorer les batteries, d'optimiser la transmission et la motorisation et de développer la récupération d'énergie. Ces avancées sont cruciales pour les constructeurs automobiles qui voient leurs gammes de véhicules s'électrifier à une vitesse importante. Le système de récupération d'énergie au freinage des roues arrière représente une innovation significative. Il permet de récupérer de l'énergie cinétique directement à partir des roues arrière en utilisant le frein « moteur » en complément du système de freinage hydraulique.



Trochon, A., & HugOWACKENHEIM. (2020). Le sport automobile : Laboratoire des nouvelles technologies. *TransportShaker*. <https://www.transportshaker-wavestone.com/le-sport-automobile-laboratoire-des-nouvelles-technologies/>

Dans cette catégorie, la gestion de l'énergie est primordiale. Les constructeurs améliorent en continu les « Battery Management System » (BMS) que l'on retrouve dans nos voitures de série. Ces systèmes régulent les flux entre la batterie, le système de traction et les systèmes de récupération d'énergie.

Du côté des championnats d'endurance comme les 24h du Mans, les conditions sont extrêmes. Pour ne citer que quelques chiffres, la voiture victorieuse des 24h du Mans a roulé à une vitesse moyenne de 210,5 km/h pendant 24h lors de l'édition 2021. (Auto Hebdo, 2021). La vitesse maximale dans les Hunaudières, atteinte en 1988, est quant à elle de 405 km/h, record réalisé avant l'installation des chicanes sur cette portion. (ACO, 2018).

Ces courses d'endurance constituent un parfait laboratoire pour y tester de nombreux éléments de la voiture. Depuis 2012, l'Automobile Club de l'Ouest qui est l'organisateur des 24h du Mans, a incité les fabricants à améliorer leur efficacité énergétique pour réduire leur consommation pour mieux s'insérer dans un monde où nous avons conscience que le moteur à explosion, tel qu'on le connaît actuellement, est polluant. Dès lors, les constructeurs ont développé des prototypes hybrides.

Ces voitures embarquent, au même titre que les voitures de Formule E, un système de récupération d'énergie. Cette énergie doit être stockée pour ensuite être réutilisée lors des phases d'accélération. Ces avancées technologiques ont été appliquées aux véhicules de série et les voitures hybrides ont rapidement gagné en popularité auprès des concessionnaires automobiles.

Finalement, les voitures de rallyes sont très différentes des voitures de circuit. Elles n'ont pas comme « seul » objectif d'avaler les kilomètres de piste à 200km/h. Le rallye est un terrain de jeu extraordinaire pour le développement de nouvelles technologies. Les courses de rallye ont permis la création et l'évolution des systèmes de transmission intégrale, de suspensions adaptatives et de pneus tout-terrain, qui sont maintenant largement utilisés dans les SUV et les véhicules tout-terrain.

Quelques innovations majeures par compétitions automobiles	
Formule 1	<ul style="list-style-type: none"> - Systèmes de récupération d'énergie - ABS - Palettes au volant
Formule E	<ul style="list-style-type: none"> - Amélioration des batteries - Battery Management System
Championnats d'endurance	<ul style="list-style-type: none"> - Efficacité énergétique - Harnais de sécurité - Freins à disque - Phares LED
Championnats de rallye	<ul style="list-style-type: none"> - Systèmes de transmission intégrale - Suspensions adaptatives - Pneus tout-terrain

La liste des technologies issues de la compétition automobile qui se retrouvent désormais sur les véhicules de série est très longue. Forcément, certaines innovations ont été plus marquantes que d'autres. Parmi les exemples les plus notables, nous retrouvons l'ABS, les freins à disque, les suspensions actives, les commandes au volant et les phares à LED.

La compétition automobile sert de terrain d'expérimentation pour l'industrie automobile puisqu'elle offre aux constructeurs la possibilité d'essayer de nouvelles technologies dans des situations extrêmes et de repousser les limites de l'ingénierie automobile. Les équipes de recherche tirent parti de la dynamique et de la réactivité de l'industrie du sport automobile. Les avancées réalisées dans le cadre de la compétition ont des applications directes pour les voitures de série.

Vitrine mondiale pour les constructeurs automobiles

Le sport automobile offre une vitrine mondiale pour les constructeurs automobiles. Les équipes de course et les pilotes deviennent des ambassadeurs de la marque, mettent en avant les performances, la technologie et l'innovation des voitures qu'ils conduisent.

Les courses de sport automobile offrent une plateforme de marketing importante pour les constructeurs automobiles. Les évènements de sport automobile sont souvent suivis par des millions de personnes à travers le monde, ce qui offre une occasion de promouvoir la marque et les voitures du constructeur. Les victoires en sport automobile ont un impact positif sur la perception que les gens ont de la marque et de la qualité de ses voitures. Les constructeurs peuvent ainsi renforcer leur image de marque et leur notoriété en participant à des compétitions de sport automobile.

2.4. Conclusion intermédiaire chapitre 2

- L'industrie du sport automobile représente un poids économique considérable. Le sport automobile est caractérisé par sa complexité, impliquant un grand nombre d'intervenants qui ont des rôles clairement définis. À l'échelle mondiale, ce sont 1,5 million d'emplois qui sont générés par l'industrie du sport automobile.
- Cette industrie mondiale génère annuellement près de 160 milliards d'euros qui sont à séparer en deux catégories bien distinctes. D'une part, près de 60 milliards d'euros proviennent des retombées directes. La valeur ajoutée directe est estimée à 25 milliards d'euros. D'autre part, les retombées indirectes représentent environ 100 milliards d'euros pour lesquelles la valeur ajoutée est valorisée à hauteur de 41,9 milliards d'euros.
- En 2019, les retombées directes du sport automobile étaient supérieures à la somme des produits intérieurs bruts des 25 pays les plus modestes. À l'échelle de la France, cette industrie pèse plus que celle d'autres sports très populaires comme le tennis.
- L'objectif des constructeurs automobiles est de pouvoir appliquer des innovations sorties tout droit du sport automobile à leurs véhicules de série. La Formule 1 et la Formule E vont par exemple permettre le développement des systèmes de récupération d'énergie et de stockage de celle-ci tandis que les courses de rallye vont favoriser la recherche et le développement des systèmes de transmission intégrale ou de suspensions adaptatives.
- Le sport automobile sert également de vitrine mondiale pour les constructeurs automobiles. Les courses sont une plateforme de marketing importante. Les évènements sont suivis par des millions de personnes à travers le monde et offrent aux différents constructeurs une occasion de promouvoir la marque. Les constructeurs peuvent ainsi renforcer leur image de marque et leur notoriété en participant à des compétitions de sport automobile.
- Les retombées sur l'industrie automobile sont très importantes, à la fois en termes d'innovations technologiques et d'impact sur la réputation des différents constructeurs automobiles.
- Dans le chapitre qui suit, nous aborderons les différentes actions pour rendre le sport automobile plus durable et nous étudierons l'impact de celles-ci.

Chapitre 3 : Quand la FIA entame sa transition écologique

Face à l'urgence de la crise écologique, la Fédération Internationale de l'Automobile (FIA) a mis en place un certain nombre de mesures pour réduire l'impact environnemental du sport automobile. Dans ce chapitre, nous examinerons dans un premier temps les principales actions de la FIA en matière de durabilité. Par la suite nous analyserons les impacts de ces différentes actions.

3.1. Différentes actions pour rendre le sport automobile plus durable

Programme d'accréditation environnemental

Le programme d'accréditation environnemental de la Fédération Internationale de l'Automobile a pour objectif d'aider les acteurs du sport automobile du monde entier à mesurer et à améliorer leurs performances environnementales. En instaurant une gestion environnementale claire et cohérente dans le sport automobile, il met en place un système à trois niveaux pour l'accréditation des activités des parties prenantes. Ces niveaux sont caractérisés par des étoiles, avec la possibilité d'en avoir d'une à trois.

Ce programme d'accréditation de la FIA concerne la majorité des parties prenantes du sport automobile. Les acteurs impliqués dans ce programme sont par exemple les différents circuits, les évènements comme les GP de Formule 1, les écuries de course, mais également d'autres parties prenantes telles que les fournisseurs de pneus.

Le premier niveau de reconnaissance, représenté par une seule étoile, correspond au niveau le plus bas de l'accréditation. Les acteurs qui ont obtenu la certification FIA une étoile, démontrent des performances environnementales élémentaires et un engagement à s'améliorer.

La deuxième étoile, qui correspond à une bonne pratique, est attribuée aux parties prenantes qui démontrent une bonne performance environnementale et qui sont proches de suivre les feuilles de route développées au niveau international en matière de gestion environnementale.

Les meilleurs élèves, qui se retrouvent sur la plus haute marche du podium, sont ceux qui obtiennent 3 étoiles environnementales de la FIA. Cette certification a pour objectif de récompenser les entreprises qui sont soucieuses de l'urgence climatique et s'engagent à minimiser leur empreinte carbone. Bien évidemment, cette certification de 3 étoiles va également permettre à ceux qui l'obtiennent de soigner leur image de marque.

Ce label, synonyme de bonne pratique, est décerné aux entreprises ou organisations qui démontrent une bonne pratique et un engagement à rechercher une amélioration continue par la mise en œuvre d'un système de gestion environnementale. Parmi les acteurs du sport automobile qui ont obtenu la certification à 3 étoiles, on retrouve par exemple Aston Martin, Ferrari, DS Penske, Audi Sport, le circuit Paul Ricard, Monza, le Grand Prix de France de Formule 1, Pirelli et Bridgestone Motorsport.



FIA. (2023). *Programme d'accréditation environnementale*. Fédération Internationale de l'Automobile. <https://www.fia.com/fr/programme-daccreditation-environnementale>

L'objectif pour la plupart des acteurs du sport automobile est d'obtenir les 3 étoiles environnementales de la Fédération Internationale de l'Automobile. Pour être éligible à cette certification, il est nécessaire de respecter différents critères qui se répartissent en 7 domaines applicables à toutes les organisations et 10 domaines pour certaines organisations spécifiques. Voici quelques exemples des différents objectifs : Les cadres doivent faire preuve d'un engagement clair en matière de gestion de l'environnement / avoir des objectifs clairement définis / la performance environnementale est mesurée et contrôlée. Mais on y retrouve également d'autres domaines de gestion directement liés à l'environnement comme les transports, la consommation d'énergie, la consommation d'eau, la gestion des déchets ou encore la qualité de l'air.

Dans chaque domaine, l'objectif pour les organisations est d'être le plus respectueux de l'environnement ou d'avoir poussé la réflexion au maximum. Pour chaque domaine, les consignes à respecter pour prétendre à la certification 3 étoiles sont bien spécifiques. Pour ne citer qu'un seul exemple, pour satisfaire le point sur la consommation de l'énergie il faut : qu'un système de comptage et de sous-comptage de la consommation d'énergie soit mis en place / qu'une amélioration continue démontrable soit obtenue grâce à des mesures permanentes visant à réduire la consommation d'énergie / les ressources énergétiques soient évaluées dans le but d'améliorer la performance environnementale / qu'un régime d'établissement de rapports pertinent soit mis en œuvre.

Il est donc important pour les acteurs du sport automobile de s'engager dans la cause climatique afin d'obtenir, de la part de la Fédération Internationale de l'Automobile, leur certification 3 étoiles.

Carburants de synthèse

Cela fait plus de 100 ans que la majorité des voitures de course utilisent de l'essence pour alimenter leurs moteurs. Le diesel a parfois été utilisé par certains modèles, mais le nombre de voitures qui ont roulé au diesel reste très anecdotique. La plus mythique est l'Audi R10 TDI qui a remporté les 24 Heures du Mans en 2006, 2007 et 2008.

Ces carburants se sont montrés très performants au cours de l'histoire, mais ils sont depuis lors décriés pour leur impact néfaste sur l'environnement. Pour faire face à cela, il existe diverses solutions comme l'électrification des véhicules, l'utilisation d'hydrogène ou encore le développement et l'utilisation de carburants de synthèse.

Les carburants de synthèse, également connus sous le nom d'e-fuels, sont de plus en plus considérés comme une alternative aux carburants fossiles dans le secteur automobile. En effet, ces carburants ont le potentiel de réduire considérablement les émissions de gaz à effet de serre et de contribuer ainsi à la lutte contre le changement climatique.

Les carburants de synthèse sont produits à partir d'électricité renouvelable, d'eau et de dioxyde de carbone (CO₂) capturé dans l'atmosphère. Ils ne sont donc plus produits à partir d'énergie fossile, ce qui leur donne un statut de produit propre. Les véhicules qui utilisent les essences de synthèses produisent et rejettent tout de même du dioxyde de carbone pendant qu'ils roulent à cause de la combustion des e-fuels. Cependant, il est nécessaire de capturer du dioxyde de carbone dans l'air pour la production de ces carburants de synthèse. Ces carburants permettent aux voitures de rouler avec un bilan carbone neutre, ce qui est l'objectif. De plus, les e-fuels peuvent être utilisés dans des véhicules équipés de moteurs à combustion interne existants, sans modification importante.

L'objectif n'est pas forcément d'abandonner les investissements sur l'électrique ou l'hydrogène. L'Allemagne veut faire des carburants synthétiques une voie de repli pour son industrie et les emplois liés à la fabrication de moteurs thermiques. En Allemagne, ce sont plus de 800.000 personnes qui travaillent dans le secteur automobile. (Guthmann, 2021)

À l'heure actuelle, nous sommes à la genèse de la production de carburants de synthèse. Ces e-fuels ne sont pas encore produits à grande échelle. La production ne concerne, pour l'instant, que quelques géants de l'industrie automobile comme Porsche, célèbre marque de voitures sportives. La firme allemande a ouvert en toute fin d'année 2022 sa première usine de carburant de synthèse au Chili. Porsche a décidé d'implanter son usine d'e-fuel en Amérique du Sud pour plusieurs raisons. Pour rappel, le e-fuel est produit à partir d'électricité renouvelable, d'eau et de dioxyde de carbone. Le chili a été choisi en raison de la force du vent dans la région qui souffle 270 jours par an. Cette caractéristique de la région permet aux installations sur place de produire toute l'électricité renouvelable dont ils ont besoin. Sur ce site de production, c'est donc l'énergie éolienne qui permet de produire l'électricité renouvelable. De plus, le site de production se situe à proximité du détroit de Magellan, ce qui facilitera le transport du carburant de synthèse.



Markus, F. (2023). Driving Porsche's future eFuel : Can it keep combustion engines running ?
MotorTrend. <https://www.motortrend.com/news/porsche-panamera-hif-efuel-green-gasoline-patagonia-drive-report/>

Durant la phase pilote, l'objectif est de produire 130.000 litres par an. Cela peut paraître dérisoire, mais cette période correspond à une phase de test. Après la phase pilote qui se terminera vers le milieu de la décennie, la production devrait atteindre les 55 millions de litres par an. Environ deux ans plus tard, l'objectif est d'atteindre une production annuelle de 550 millions de litres.

Il existe actuellement 1,3 milliard de véhicules thermiques en circulation dans le monde. (Konen, 2022). Ce nombre important de véhicules représente un potentiel énorme pour les carburants de synthèse. Bon nombre de ces véhicules continueront d'être utilisés durant de très nombreuses années. Les e-fuels offrent donc une perspective aux propriétaires de ces véhicules à moteurs thermiques puisque ces carburants pourraient être utilisés avec les moteurs thermiques actuels.

Pour l'instant, ce carburant de synthèse produit par Porsche est réservé à deux usages bien spécifiques. Le carburant sera d'abord utilisé dans les Porsche Experience Centers et durant les différentes manches de Porsche Mobil 1 Supercup. Les Porsche Experience Centers sont des centres dans lesquels les clients peuvent améliorer leur pilotage en roulant sur des circuits par exemple. On retrouve notamment ces centres à côté du circuit de Silverstone ou au Mans, en France. Le deuxième usage de ce carburant sera réservé à des voitures de piste. La Porsche Mobil 1 Supercup est la version internationale du championnat de course automobile Porsche Carrera Cup organisé par Porsche. Ce sont des courses qui ont lieu sur les mêmes circuits et les mêmes week-ends que la Formule 1, dans lesquels tous les concurrents disposent de la même voiture ; une Porsche 911 GT3 Cup. Cette phase de test est primordiale puisqu'elle permet à Porsche de tester ce carburant dans les conditions extrêmes qu'impliquent les courses automobiles.

Toute cette recherche de carburants durables s'inscrit dans la volonté de la Fédération Internationale de l'Automobile de promouvoir et de développer les carburants propres sur et en dehors des circuits dans l'objectif d'atteindre la neutralité carbone.

Du côté de la catégorie reine du sport automobile, la Formule 1 introduira dès la saison 2026 une nouvelle unité de puissance qui sera alimentée par des carburants 100 % durables. Il reste cependant deux défis importants à relever. Il faudra trouver suffisamment de carburant pour répondre à la demande de la Formule 1. L'autre défi qui se présente est qu'il est primordial d'utiliser un carburant qui soit adapté pour les hautes performances.

TotalEnergies, entreprise mondiale de production et de fourniture d'énergie, a également travaillé sur son carburant durable pour les compétitions automobiles. Ce carburant durable appelé Excellium Racing 100 est utilisé depuis 2022 lors des différentes manches du Championnat du Monde d'Endurance de la FIA. Ce carburant est en grande partie produit à partir de résidus de marcs de raisin et de lies de vin. TotalEnergies extrait le bioéthanol issu de ces résidus viticoles. Le processus se décompose en quatre étapes : lavage, distillation, déshydratation et transformation. Ce bioéthanol sert ensuite de base au carburant durable. L'Excellium Racing 100 est issu entièrement de l'économie circulaire et ne contient pas de combustibles fossiles.

Formule E

La Formule E est une compétition internationale de monoplaces 100 % électriques. Elle se distingue des autres disciplines par son engagement en faveur de l'environnement. L'objectif derrière la création de cette discipline était de promouvoir les mobilités électriques et le développement durable au sein des compétitions automobiles. L'idée était de faire de la Formule E un laboratoire pour le développement du véhicule électrique.

La Formule E a été conçue en 2011 par Jean Todt, président de la Fédération Internationale de l'Automobile et Alejandro Agag, homme d'affaires espagnol. La FIA a alors, la même année, lancé une étude pour lancer un championnat de voitures électriques dès 2014. Après plusieurs hypothèses concernant les voitures engagées, ce sont finalement des monoplaces entièrement électriques qui ont pris le départ de la première course le 13 septembre 2014 à Pékin, en Chine.

Contrairement à la Formule 1, la majorité des courses ont lieu sur des circuits situés dans de grandes villes. Ces circuits sont conçus spécifiquement pour les courses de voitures électriques. Les circuits ont une longueur comprise entre 2 et 3km, cette longueur réduite a été privilégiée pour s'adapter au mieux à la discipline. Les circuits sont souvent composés de virages serrés et de chicanes pour offrir des défis supplémentaires aux pilotes. Voici la liste des différentes villes accueillant la Formule E ;

Liste des ePrix pour la saison 2023

- ePrix de Berlin	- ePrix de Portland
- ePrix de Dariya	- ePrix de Londres
- ePrix de Jakarta	- ePrix de Mexico
- ePrix de Hyderabad	- ePrix de Monaco
- ePrix de Sao Paulo	- ePrix de Rome
- ePrix du Cap	

Lors de la première saison, seul le modèle Spark SRT 01E de Renault était homologué pour participer au championnat de Formule E. Le moteur électrique de cette monoplace était développé par McLaren et développait 200 kW, équivalent à 270 chevaux. Les courses de Formule E duraient environ 1h, mais les monoplaces n'avaient pas l'autonomie nécessaire pour clôturer la course, ce qui représentait un réel souci. Face à cela, il n'existe qu'une seule solution ; changer de voiture à mi-course. Cette première génération de voitures effectuait le 0-100 km/h en 3 secondes et était bridée électroniquement par la FIA à une vitesse maximale de 225 km/h.

À partir de la deuxième saison (2015-2016), les écuries avaient le droit de faire appel à d'autres fabricants pour différentes parties de la monoplace telles que le moteur électrique, la boîte de vitesses et le train arrière.

C'est à partir de la 5e saison de Formule E (2018-2019), que la Spark SRT 01E sera remplacée par la Spark SRT 05E, également appelée Spark Gen2. Celle-ci développait 250 kW, équivalant à 335 chevaux. Cette nouvelle génération de monoplace marque une rupture avec le passé en Formule E puisqu'elle est la première voiture capable de clôturer une course grâce à son autonomie doublée par rapport à la monoplace de première génération. Ne plus devoir changer de voiture à mi-course constitue une réelle révolution. La Spark SRT 05E passe de 0 à 100 km/h en 2,8 secondes et atteint une vitesse de pointe de 280 km/h.

La Spark Gen3, remplaçante de la Spark SRT 05E, a vu le jour durant la 9e saison du Championnat du Monde de Formule E. Elle se montre beaucoup plus puissante que la génération précédente puisqu'elle développe 350 kW, équivalant à 469 chevaux pour abattre le 0 à 100km/h en 2 secondes et atteindre les 322 km/h en vitesse de pointe. Elle sera également plus agile puisque son poids (pilote compris) atteint les 840 kg, ce qui correspond à 60 kg de moins que la génération précédente.

Sur la piste la Formule E a remplacé les moteurs thermiques des voitures de course traditionnels par des moteurs électriques et des batteries, dans le but de réduire l'empreinte carbone de cette compétition. Mais ce n'est pas le seul endroit où l'utilisation d'énergies fossiles a été remplacée. Les monoplaces électriques n'ont pas une autonomie illimitée et il est donc nécessaire de pouvoir recharger les voitures durant les week-ends en course.

Le rechargement des batteries des monoplaces entre 2 courses représente un réel défi puisque l'objectif est de recharger une vingtaine de voitures simultanément avec un minimum d'impact sur l'environnement. La solution la plus simple aurait été d'utiliser un générateur fonctionnant au diesel comme l'on utilise dans d'autres secteurs. Mais il serait absurde d'utiliser des voitures 100 % sur la piste pour ensuite les recharger à l'aide d'un générateur très polluant fonctionnant au diesel. La Formule E a cependant trouvé une solution beaucoup plus respectueuse de l'environnement. On retrouve aux abords des circuits un puissant générateur au diesel modifié permettant de recharger les monoplaces. Comme l'explique Sandy Welch, d'Aquafuel Research : « C'est une génératrice au diesel standard qu'on a convertie pour fonctionner avec de la glycérine, un produit qui brûle très bien et qui, comparativement au diesel, pollue très peu ». (ICI.Radio-Canada.ca, 2017).

La glycérine est un sous-produit de l'industrie des biocarburants et ses avantages sont nombreux. Ce produit est biodégradable, inodore, non-toxique et produit 98 % moins d'émissions de dioxyde de carbone que le diesel selon les experts. (ICI.Radio-Canada.ca, 2017).

Il reste malgré tout un problème majeur. Ce générateur est transporté de circuit en circuit au fil de la saison de Formule E. Transporter les 450 tonnes de ce générateur de circuit en circuits fait augmenter considérablement l'empreinte carbone de cette discipline qui se veut la plus respectueuse de l'environnement possible.

Dans sa quête de réduction de l'empreinte carbone, la Formule E a également mis en place différentes choses qui peuvent paraître anecdotiques, mais qui y jouent peut-être un rôle important. Contrairement aux autres compétitions internationales de sport automobile, la Formule E a intentionnellement choisi de ne pas proposer de parking public aux abords des circuits. Cette démarche a pour objectif d'encourager l'utilisation des transports publics, durables et partagés.

Du côté de la gestion des déchets, la Formule E a interdit toutes les bouteilles en plastique à usage unique. Elle a pour cela mis en place des stations d'hydratations accompagnées de récipients réutilisables. Contrairement à d'autres disciplines, telles que la Formule 1, la Formule E est également très économique en pneumatiques. Un pilote n'a droit qu'à deux jeux de pneus par week-end de course avec lesquels il doit participer aux essais libres, aux qualifications et à la course. En Formule 1, les pilotes disposent de 13 sets de pneus par week-end. Même s'ils ne sont pas tous utilisés lors d'un week-end de grand prix, la différence reste impressionnante.

Grâce aux nombreuses actions mises en place par la Formule E pour réduire son empreinte carbone, ainsi que de son engagement de longue date à organiser des compétitions automobiles en minimisant l'impact sur l'environnement, la Formule E est le premier sport international à avoir atteint la neutralité carbone en septembre 2020. La Formule E est certifiée neutre en carbone depuis sa création en 2014.

Objectifs pour 2025

L'objectif général de la Formule E a toujours été de lier sport automobile et développement durable. Afin d'atteindre au mieux cet objectif, la Fédération Internationale de l'Automobile a mis en place une feuille de route avec des objectifs divers. Il s'agit d'objectifs intermédiaires à atteindre d'ici 2025. Ceux-ci sont regroupés par terrains d'action. On distingue 4 catégories différentes :

- FIA
- Membres
- Championnats
- Réseau

Dans la première catégorie, on retrouve 5 objectifs plus généraux qui concernent l'organe régulateur du sport automobile international. Parmi ces objectifs, on y retrouve par exemple la volonté de réduire l'empreinte carbone de 20 %, l'obtention de la certification ISO20121 qui concerne le développement durable dans l'évènementiel ou encore veiller à ce que tous les bâtiments de la FIA soient alimentés en électricité renouvelable. Tous ces objectifs sont des objectifs à court terme puisqu'ils ont été établis en 2022 avec la volonté qu'ils soient atteints d'ici 2025.

Du côté des membres de la Fédération Internationale de l'Automobile, on ne retrouve que 2 objectifs qui ne sont cependant pas moins importants. La FIA vise à instaurer d'ici la fin de l'année 2025 un dispositif qui encourage ses membres à devenir les premiers à atteindre la neutralité carbone. La FIA souhaite également que tous leurs membres obtiennent la certification 1 étoile de son programme d'accréditation environnemental. En 2023, une grande proportion de leurs membres ont maintenant obtenu la certification 1 étoile.

Les objectifs à atteindre d'ici 2025 pour les championnats sont au nombre de 6. Pour ne pas tous les citer, voici les objectifs les plus marquants ; Les championnats du monde devront tout d'abord mettre en place un plan de réduction des émissions de carbone. D'ici à la fin de 2025, l'objectif est de créer une plateforme au sein des championnats de la FIA pour promouvoir la technologie automobile de demain en mettant l'accent sur les considérations environnementales. Il faudra aussi commencer à intégrer des carburants 100 % durables dans les championnats du monde. D'ici à 2025, il sera également nécessaire que tous les championnats du monde de la FIA obtiennent l'accréditation environnementale 3 étoiles.

Certains objectifs concernent directement le réseau gravitant autour des compétitions automobiles de la FIA. D'ici à 2025, la FIA souhaite développer des partenariats stratégiques avec des institutions des Nations unies ou des ONG actives dans le domaine du climat. La Fédération Internationale de l'Automobile souhaite également devenir une organisation observatrice de la COP, conférence des Nations unies sur les changements climatiques.

Pour la quasi-totalité des objectifs fixés pour 2025, un plan d'action a été mis en place pour que ceux-ci soient plus clairs et plus facilement atteignables. Ces objectifs servent avant tout de lignes directrices pour atteindre dans les meilleurs délais et conditions l'objectif de la Fédération Internationale de l'Automobile qui est d'intégrer peu à peu le développement durable au sein des différentes compétitions de sport automobile. Ce plan d'action à court terme a été établi par la FIA en 2022 avec des objectifs à atteindre d'ici la fin de l'année 2025 au plus tard.

Réduction du nombre de pneus en Formule 1

Le transport de matériel est la plus grande source de pollution en Formule 1. Il est à lui seul responsable de plus de 45 % des émissions de gaz à effet de serre de la discipline. Afin de minimiser l'impact que peut avoir la logistique, la Fédération Internationale de l'Automobile a instauré une nouvelle règle qui est d'application depuis la nouvelle saison de 2023.

Cette règle consiste à réduire le nombre de pneus auxquels les pilotes ont droit. Pendant les week-ends concernés, les pilotes recevront seulement quatre sets de pneus tendres, contrairement à huit sets habituellement. Toutefois, ils bénéficieront d'un train de pneus durs et d'un train de pneus mediums supplémentaires en compensation. Les pilotes n'auront donc plus que droit à 11 sets de pneus au lieu de 13 lors des week-ends concernés.

Plan de réduction carbone

La FIA a mis en place un plan de réduction carbone pour se conformer à l'Accord de Paris. Ce plan vise à réduire les émissions de ses propres activités de 20% d'ici 2025 et de 50% d'ici 2030. Par ailleurs, pour devenir neutre en carbone en 2030, l'empreinte carbone de cette année a été entièrement comblée par des investissements dans des projets de compensation. Les projets sélectionnés respectent les normes internationales les plus strictes et sont répartis sur trois continents (Amérique du Sud, Afrique et Asie). Ils comprennent des initiatives de conservation et de restauration des forêts ainsi que des projets de production d'énergie renouvelable. Ils contribuent à préserver la biodiversité, à soutenir les communautés locales et à avoir un impact économique positif dans les pays en développement.

La FIA a obtenu la certification 14001/2015 qui spécifie les critères qu'un organisme doit respecter pour mettre en place un système de gestion environnementale efficace, qui peut aider à améliorer ses performances en matière d'environnement.

La FIA a récemment fait du développement durable un objectif capital. Jean Todt, président de la FIA a déclaré : « *Avec des objectifs ambitieux, la FIA est déterminée à relever le défi du changement climatique et à accélérer la transition vers un avenir durable pour tous. Atteindre la Neutralité Carbone et obtenir la certification ISO, démontre que nous sommes sur la bonne voie. En réduisant les impacts environnementaux de ses activités et en continuant à développer l'innovation durable, la FIA prend ses responsabilités en menant le sport automobile et la mobilité vers un avenir à faible émission de carbone.* »

3.2. Analyse des impacts de ces actions mises en place

Programme d'accréditation environnemental

Depuis l'instauration des programmes d'accréditation environnementale, nombreux sont les circuits, écuries et organisations qui ont investi du temps et des moyens financiers afin d'obtenir ces accréditations. Certaines des actions demandées dans les chartes écologiques semblent couler de source et ne demandent pas des efforts considérables, mais ont raison d'exister. Parmi les choses demandées qui peuvent sembler assez logiques, il y a par exemple la demande de ne pas jeter l'huile moteur dans les égouts. Comme l'a expliqué Lucas Boever, directeur technique du Royal Automobile Club de Belgique, lors de notre rencontre : « *Ils demandent à leurs équipes d'adhérer à une charte écologique dans les paddocks. Par exemple ne pas jeter l'huile moteur dans les égouts, des choses comme ça. Ce n'est jamais non plus incroyablement évolué parce que mine de rien, ça prend du temps.* » (L. Boever, communication personnelle, 24 mars 2023).

Après analyse, il serait faux d'affirmer que ces programmes d'accréditation n'aient pas d'impact positif sur l'empreinte carbone du sport automobile. Que ces changements concernent les transports, la consommation d'énergie, la consommation d'eau ou la gestion des déchets, chaque amélioration est bonne à prendre si l'objectif de la Fédération Internationale de l'Automobile est de réduire l'empreinte carbone de la compétition automobile.

Le directeur technique du RACB a effectivement appuyé ces propos : « *Ça a un réel impact dans le sens où ça demande pour certains des investissements, ça c'est certain et qu'ils n'auraient sûrement pas fait si on ne leur avait pas demandé. Donc, ça a un impact quand même, ça va vers le mieux. Maintenant, on ne va pas se leurrer quand on regarde les chartes et quand on regarde ce qu'il faut pour être accrédité, on ne leur demande pas non plus d'être plus catholique que le pape. Ça a un impact, il est positif. Il faut continuer dans cette voie mais c'est certain que ce n'est pas avec ça qu'on va sauver la planète.* » (L. Boever, communication personnelle, 24 mars 2023). Les impacts dont parle Monsieur Boever peuvent être importants puisqu'ils concernent de nombreux aspects différents. Si l'objectif d'une entreprise est de diminuer de façon drastique sa consommation d'énergie, cela passera certainement par l'installation de panneaux solaires onéreux.

En conclusion, le Programme d'accréditation environnemental de la Fédération Internationale de l'Automobile a un impact positif sur l'empreinte carbone du sport automobile, en forçant les différentes parties prenantes à investir dans des solutions plus durables. Il serait cependant compliqué d'affirmer que ce programme soit révolutionnaire et qu'il réduira de façon considérable l'empreinte carbone de la compétition automobile.

Carburants de synthèse

La recherche autour des carburants de synthèse est très récente. Cela ne fait que quelques mois que certains grands constructeurs automobiles mondiaux expriment leur intérêt pour ces carburants d'un nouveau genre. Nous sommes loin d'être face à un produit abouti et optimisé. La production des carburants de synthèse n'en est qu'à ces débuts et celle-ci ne répond pas encore à la demande du marché.

Par définition, les carburants de synthèse ne sont plus produits à partir d'énergie fossile, ce qui leur donne un statut de produit propre. Bien que les véhicules qui fonctionnent avec des carburants de synthèse émettent du dioxyde de carbone en raison de la combustion des e-fuels, il est nécessaire de capter du dioxyde de carbone dans l'air pour produire ces carburants. Le bilan carbone de cette opération est donc neutre.

Selon le directeur technique du RACB, les carburants de synthèse représentent une réelle solution d'avenir pour la compétition automobile : « *Je pense que l'avenir va se jouer là et je crois que beaucoup de constructeurs commencent déjà à s'y tourner de plus en plus. On voit qu'on commence à se détourner de l'électrique déjà maintenant, alors qu'on n'est même pas encore à la maturité du marché électrique mais qu'on s'en dévie justement parce qu'on a remarqué que les carburants de synthèse pouvaient être une solution entre guillemets technique qui est plus facile pour les producteurs parce qu'on peut garder des choses qui existent déjà, donc moins d'investissements aussi.* » (L. Boever, communication personnelle, 24 mars 2023).

Les e-carburants réutilisent le CO₂ émis lors de la combustion pour fabriquer de nouveaux carburants, considérant ainsi le CO₂ comme une matière première plutôt qu'un déchet. Les carburants de synthèses s'inscrivent donc dans une approche circulaire. Mais l'impact est-il réellement positif ? De par le développement très récent des carburants de synthèse, les études qui traitent de l'impact des e-fuels sont encore très rares. Selon Transport & Environment, une ONG connue pour avoir été à l'origine des révélations concernant le scandale du dieselgate, les carburants synthétiques présentent une empreinte carbone réduite d'au moins 70 % par rapport aux carburants dérivés du pétrole, et ce tout au long de leur processus de fabrication. (CEA, 2021).

Un des problèmes majeurs quant à l'utilisation des carburants de synthèse peut être lié au coût. Les carburants de synthèse sont actuellement chers à produire et le prix va donc se répercuter sur le consommateur final. Même en prenant en compte une diminution du coût de production des e-fuels, le plein d'e-fuel coutera à terme 50 % plus cher qu'un plein d'essence traditionnel, selon des estimations de l'ONG Transport & Environment. (Automobile-propre, 2023).

Ce prix élevé représentera cependant moins une barrière pour le sport automobile, qui est déjà un sport très onéreux, que pour le commun des mortels. Comme le confirme Lucas Boever, directeur technique du RACB : « *Le prix des carburants va être extrêmement élevé donc in fine, on va toujours avoir le même problème. Mais ce problème-là ne se posera pas en automobile en compétition puisque c'est déjà un sport cher, déjà un sport de niche réservé à une élite et si le carburant est un peu plus cher (vu le prix du carburant de compétition pour le moment) peut-être que la pilule sera plus facile à faire passer.* » (L. Boever, communication personnelle, 24 mars 2023).

En conclusion, malgré le coût très élevé des carburants de synthèse, ceux-ci pourraient représenter une solution d'avenir afin de préparer le sport automobile à la transition énergétique, puisqu'ils s'inscrivent dans une démarche circulaire en réutilisant le dioxyde de carbone émis dans l'atmosphère pour produire du carburant.

Formule E

La Formule E est, pour rappel, une compétition internationale de monoplaces 100 % électriques. Elle a vu le jour en 2014 et a depuis lors été modifiée à de multiples reprises, comme expliqué durant la première partie de ce chapitre. La Formule E est devenue le premier sport à atteindre la neutralité carbone en 2020. La Formule E servait de vecteur marketing pour la Fédération Internationale de l'Automobile dans le but de promouvoir la durabilité au sein du sport automobile. L'instauration d'une compétition innovante comme la Formule E fait bouger les choses ainsi que les mentalités.

De manière générale, il serait compliqué d'affirmer que la Formule E rencontre le succès escompté. La popularité de la discipline était très importante lors des premières saisons, mais s'est rapidement estompée durant les années qui ont suivi, et cela peut être dû à plusieurs éléments. Cela peut d'abord être lié à un manque d'évolutions. En comparaison avec les débuts de la discipline, la Formule E n'évolue pas suffisamment. Comme l'explique Lucas Boever, directeur technique du RACB : « *Première raison à mon avis, on voit qu'il n'évolue plus ou pas assez vite. On a peut-être pensé que les premières années, c'est un peu laborieux, ce sont des courses de 20 minutes, ce n'est pas terrible mais avec les batteries qui vont évoluer très vite, on va finalement bientôt avoir des courses d'une heure et demie comme la F1 et dans des voitures qui vont très vite et ça va aller. On voit que ce n'est pas le cas, ça stagne un petit peu.* » (L. Boever, communication personnelle, 24 mars 2023).

Ensuite, l'absence de bruit provenant des voitures peut provoquer un manque d'attractivité de la part des spectateurs. Le sport automobile est un show, mais l'absence de bruit moteur est pour beaucoup synonyme d'un manque de spectacle.

Un élément interpellant en Formule E est le retrait de célèbres constructeurs automobiles de la discipline depuis quelques années. C'est par exemple le cas de Mercedes-Benz, BMW et Audi. Le marché de l'automobile est actuellement en train de connaître des changements majeurs, probablement les plus significatifs de son histoire. Le rythme de développement est tellement rapide que la marque à l'étoile a préféré quitter la Formule E parce qu'elle estime que les périodes de stabilité réglementaire de la Formule E ne sont pas adaptées à cette transition.

Selon le directeur technique de la RACB, ces retraits sont également liés au vecteur marketing : « *Il va choisir le vecteur qui sied le mieux. Et en l'occurrence ici, je pense qu'il y a pas mal de constructeurs qui s'y sont impliqués parce qu'on lançait ou on préparait le boom de la voiture électrique qui est là maintenant et donc du coup, on n'a plus besoin de ce vecteur-là puisque maintenant, on prépare le boom suivant, on prépare le boom de l'hydrogène, on prépare le boom du carburant alternatif ou que sais-je. Ou on n'a plus besoin vu que le boom est là, donc on n'a plus besoin de faire autant de marketing sur le développement de la voiture électrique.* » (L. Boever, communication personnelle, 24 mars 2023).

Bien que la Formule E soit en avance sur le plan écologique comparé à d'autres disciplines, celle-ci partage de nombreux points communs avec la Formule 1 quant à son empreinte carbone. À l'instar de la catégorie reine du sport automobile, les monoplaces en Formule E ne représentent qu'un seul pour cent de l'ensemble de l'empreinte carbone de la discipline. La logistique est quant à elle responsable de plus de 70 % des émissions de gaz à effet de serre. (FIA, 2022).

En conclusion, la Formule E est en avance d'un point de vue environnemental. Mais cela n'est pas uniquement lié au fait que les monoplaces soient 100 % électriques puisqu'elles ne représentent qu'1% de l'empreinte carbone de la discipline. La logistique en Formule E est assurée par des avions et des camions qui ne circulent pas à l'électricité. Le système de compensation carbone est l'une des principales raisons pour lesquelles la Formule E a pu atteindre la neutralité carbone en 2020. La Formule E investit dans de très nombreux projets à travers le monde pour compenser les émissions de gaz à effet de serre que la discipline ne peut éviter.

Objectifs

La Fédération Internationale de l'Automobile a mis en place un plan d'action avec des objectifs à atteindre d'ici 2025 qui ont pour but de réduire l'empreinte carbone du sport automobile. Cette feuille de route a été imaginée en 2022, il n'est donc pas encore possible d'analyser les impacts de celle-ci. Avant ceci, la FIA avait établi des objectifs à atteindre d'ici 2021. Afin d'avoir une idée de comment les objectifs de 2025 seront abordés, il serait intéressant de prendre du recul sur les objectifs de 2021 et analyser si ceux-ci ont été atteints ou non.

La feuille de route comprenait 21 objectifs différents. De manière générale, on peut dire que la mise en place de ce plan d'action est une réussite puisque 17 objectifs ont été atteints, un partiellement, et seuls 3 objectifs n'ont pas été atteints en 2021 et ont donc été postposé à plus tard. Tous ces résultats sont affichés dans le rapport environnemental de la FIA de 2022.

Voici les 3 objectifs fixés pour 2021 qui n'ont pas encore été atteints : 1. D'ici à la fin de 2021, inclure un engagement en faveur du développement durable dans le code sportif international. / 2. D'ici à la fin de 2021, intégrer des critères environnementaux dans la délivrance des permis et licences de circuit. / 3. D'ici à la fin de 2021, fournir une boîte à outils à des fins de sensibilisation à la mobilité durable. La FIA est en bonne voie pour accomplir ces objectifs puisque les différents processus de modification sont déjà lancés.

En conclusion, on peut assez facilement affirmer que les impacts de ces plans d'action sont positifs puisque la quasi-totalité des objectifs a été atteinte pour celui de 2021. On pourrait, par déduction, imaginer que le plan d'action pour 2025 atteigne les mêmes résultats que le précédent et ainsi avoir un réel impact sur l'empreinte carbone de la compétition automobile.

3.4. Conclusion intermédiaire chapitre 3

- Dans l'objectif de faire face à la crise écologique, la Fédération Internationale de l'Automobile a mis en place, depuis quelques années, différentes actions pour rendre le sport automobile plus durable.
- La FIA a tout d'abord mis en place un programme d'accréditation environnemental, qui oblige les différentes parties prenantes à respecter certaines règles afin de réduire l'empreinte carbone du sport automobile. Bien que les actions demandées ne soient pas révolutionnaires ni très compliquées, ce programme a le mérite d'exister afin de faire conscientiser les différentes organisations.
- Les carburants de synthèse sont peut-être la solution d'avenir pour préparer le sport automobile à la transition énergétique. Les e-fuels sont produits à partir de dioxyde de carbone capturé dans l'air, permettant ainsi de réduire son empreinte carbone. La production n'en est qu'à ses débuts et les coûts de production sont encore élevés.
- La FIA a lancé en 2014 une compétition internationale de monoplaces 100 % électriques. Même si la discipline a atteint la neutralité carbone en 2020 et qu'elle a poussé au développement des moteurs électriques, on ne peut pas dire que la Formule E rencontre le succès escompté. Plusieurs constructeurs automobiles se sont même retirés de la compétition ces dernières années.
- Les plans d'action imaginés par la FIA pour qui ont pour but de réduire l'empreinte carbone du sport automobile sont efficaces. Sur les 21 objectifs qui ont été fixés pour 2021, 17 d'entre eux ont été atteints. Cela a une conséquence directe sur l'empreinte carbone du sport automobile, qui va être réduite.
- Réduire le nombre de pneus auxquels les pilotes ont droit, surtout en Formule 1, peut d'avérer intéressant. Cette loi ne prend cependant effet que certains week-ends en 2023 et il est donc trop tôt pour en tirer des conclusions.
- De façon chronologique, la FIA a fixé des objectifs environnementaux à atteindre d'ici 2025, ainsi qu'un plan de réduction carbone dans le but d'atteindre la neutralité carbone d'ici 2030.
- Toutes ces actions entreprises par la Fédération Internationale de l'Automobile auront un impact positif sur l'image de la FIA, qui se montre plus soucieuse de l'environnement depuis quelques années.

Chapitre 4 : Analyse approfondie de la Formule 1

Dans ce chapitre, nous allons nous concentrer sur l'un des sports les plus emblématiques et les plus médiatisés au monde : la Formule 1. Depuis sa création en 1950, la Formule 1 a évolué pour devenir un spectacle mondial qui rassemble des millions de fans à travers le monde. Cependant, avec la prise de conscience croissante de l'impact environnemental de nos activités, la Formule 1 est confrontée à un défi de taille : comment concilier sa passion pour les voitures de course à haute performance avec les défis environnementaux actuels ?

Dans ce chapitre, nous allons étudier l'industrie de la Formule 1 pour comprendre comment celle-ci fonctionne et nous allons explorer les différentes initiatives mises en place par la Formule 1 pour réduire son empreinte carbone et atténuer son impact environnemental, tout en préservant la passion et l'engouement du public qui ont fait de ce sport l'un des plus populaires au monde.

4.1. Objectif zéro émission carbone – 2030

La Formule 1 a annoncé en 2019 un objectif clair, la catégorie reine du sport automobile s'est engagée à atteindre la neutralité carbone d'ici 2030. En fin d'année 2019, la Formule 1 a dévoilé un plan de développement durable détaillé pour avoir une empreinte carbone nette zéro d'ici la fin de la décennie. Le plan d'action vise à réduire l'empreinte carbone des voitures, de l'activité sur piste et du reste des opérations sportives. Ce plan, qui a demandé 12 mois de travail, a été élaboré par la FIA, des experts en durabilité, des équipes de Formule 1, des promoteurs et des partenaires.

Tout au long de son histoire, la Formule 1 a été à la pointe de l'innovation technologique, avec des avancées qui ont directement profité à l'industrie automobile dans son ensemble. Les avancées en matière d'aérodynamique, de sécurité, de récupération d'énergie, de navigation et de matériaux composites de la F1 ont été adoptées par l'industrie automobile routière ainsi que d'autres industries. La Formule 1 a toujours été à la base des avancées technologiques majeures et des modifications les plus importantes qui ont marqué les dernières décennies. Par la suite, ces innovations et modifications ont été intégrées dans les autres disciplines de sport automobile. De ce fait, la Formule 1 a toujours eu le rôle de catégorie reine du sport automobile mondial.

En effet, Stefano Domenicali, actuel président de la Formule 1 a exprimé ceci : « Nous pensons que la F1 peut continuer à être un pionnier pour l'industrie automobile, en travaillant avec les secteurs de l'énergie et de l'automobile pour fournir les premiers groupes propulseurs au monde alimentés à 100 % par des carburants durables avancés, réduisant ainsi les émissions de carbone dans le monde entier. En lançant la toute première stratégie de développement durable de la F1, avec un objectif ambitieux d'être un sport à zéro émission de carbone d'ici 2030, nous reconnaissons le rôle essentiel que toutes les organisations doivent jouer dans la résolution de ce problème mondial. » (FIA, 2019).

Le plan d'action de la Formule 1 qui a pour objectif de mener à la neutralité carbone d'ici 2030 est divisé en 4 grands axes ; sur la piste (les courses) / en chemin (la logistique) / lieux de travail / compensation pour les émissions inévitables. En bref, pour les actions menées sur la piste directement, l'objectif est de proposer les voitures de course les plus puissantes et les plus efficaces au monde, grâce à des groupes propulseurs hybrides fonctionnant avec des carburants durables. La Formule 1 a déjà mis au point un moteur hybride de pointe, qui atteint un rendement thermique de plus de 50 %, ce qui se traduit par des temps au tour plus rapides tout en consommant moins de carburant. Un groupe de travail composé de membres du personnel de la F1 et de la FIA a été créé pour étudier une future formule de moteur alimenté par des carburants durables.

D'un point de vue logistique, le but est de maximiser l'efficacité de la logistique et des déplacements en optimisant les processus et les volumes et en utilisant les moyens de transport qui rejettent le moins de CO₂ possible. En 2020, la F1 a introduit une méthode plus durable de diffusion de ses courses, connue sous le nom de production à distance. Cela s'est traduit par une réduction de 34 % du fret technique et de 36 % du personnel itinérant envoyé à chaque course. Le nombre de personnes qui se déplaçaient auparavant, pour assurer la diffusion des Grands Prix, était encore plus important.

Les équipes de logistique conçoivent des conteneurs d'expédition "flexibles" innovants, permettant à la F1 d'adopter des moyens de transport plus économies en carburant, tels que le fret ferroviaire et maritime. Cela permettra également d'abandonner les avions-cargos 747 au profit des nouveaux 777.

La Formule 1 souhaite que toutes les installations, les usines et les sites soient à 100 % alimentés par des énergies renouvelables. Pour cela, les différentes équipes devront investir pour que cela devienne possible. Il faudrait pour cela passer à 100 % d'électricité renouvelable dans toutes les installations de la F1 et adopter des technologies nettes zéro carbone pour le chauffage, la ventilation et la climatisation. Actuellement, la Formule 1 est en train d'effectuer des essais sur les biocarburants ainsi que sur des technologies à faibles émissions pour les générateurs sur site. Cette initiative vise à réduire de manière significative les émissions de gaz à effet de serre et de particules sur les différents circuits de la compétition.

Pour les émissions de carbone qui restent inévitables, la Formule 1 investit dans des programmes de compensation carbone. C'est via ces programmes que la F1 compte atteindre la neutralité carbone d'ici 2030. Cependant, compenser ses émissions importantes de CO2 n'est pas toujours la solution. Il est primordial de diminuer ses émissions avant tout. Carine Thibaut, la porte-parole de Greenpeace Belgique confirme : « *Le problème des compensations carbone c'est qu'il s'agit d'un calcul extrêmement hasardeux. On va émettre du CO2 maintenant et on va espérer que dans plusieurs années, grâce aux arbres qu'on a plantés par exemple, on va avoir des puits de carbone qui vont absorber le CO2. Le problème pour Greenpeace, c'est que ces puits de carbone, d'abord, sont très sensibles au réchauffement climatique. Donc, plus le réchauffement climatique s'accélère, plus nos forêts vont mal, plus on a des situations comme des incendies entre autres. Deuxième élément, nous disons qu'il ne faut pas équilibrer nos émissions de carbone. Il ne faut pas émettre du carbone et puis de l'autre côté essayer de l'absorber. Il faut en fait réduire drastiquement, c'est la seule solution.* » (RTBF, 2022).

Ces différents objectifs représentent un réel défi puisque la situation actuelle est encore loin d'être parfaite. Dans la suite de ce chapitre, nous analyserons plus en profondeur différents aspects de la Formule 1 tels que la logistique, les différentes modifications qui seront apportées à la F1 dès 2026, le calendrier, les systèmes de récupération d'énergie et bien d'autres.

4.2. Empreinte carbone de la Formule 1

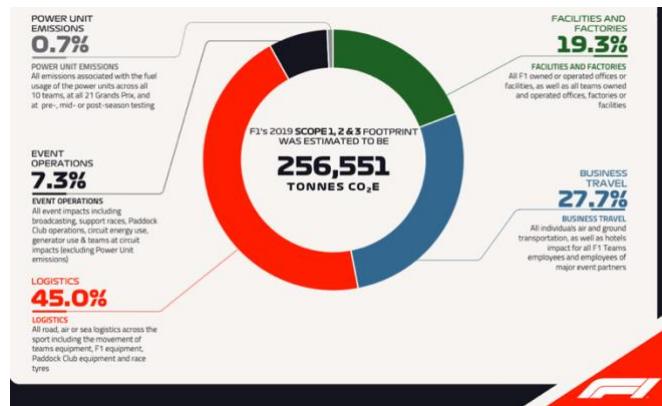
La Fédération Internationale de l'Automobile a publié en 2019 un rapport dans lequel est détaillée l'empreinte carbone annuelle de la Formule 1, ainsi que sa répartition entre les différentes parties telles que la logistique, le transport de personnes ou encore la pollution directement liée par les courses, et donc les voitures.

Annuellement, l'empreinte carbone de la Formule 1 est évaluée à 256.551 tonnes de CO₂. Contrairement à ce qu'on pourrait instinctivement penser, ce ne sont pas les monoplaces roulants à l'essence qui sont responsables de cette pollution impressionnante. Si l'on additionne les émissions des groupes motopropulseurs des 10 équipes, lors des 21 Grands Prix et des essais hivernaux, ces émissions de gaz à effet de serre ne représentent que 0,7 % des émissions totales de la Formule 1. Depuis l'instauration des groupes propulseurs V6 hybrides en Formule 1, les monoplaces sont devenues très performantes sur la piste et nettement moins polluantes qu'ont pu l'être les monoplaces équipées de moteurs V12 par le passé. La question qu'il faut dès lors se poser est d'essayer de comprendre d'où viennent les 99,3 % des gaz à effet de serre restants.

L'aspect de la Formule 1 qui rejette le plus de dioxyde de carbone est de loin la logistique. Elle est, à elle seule, responsable de 45% des émissions totales de la Formule 1, soit près de 115.448 tonnes de CO2 par an. La logistique englobe de nombreux éléments très polluants. La logistique reprend le fret aérien, maritime et routier utilisé pour déplacer l'équipement des écuries et du Paddock Club, ainsi que les pneus Pirelli. Le déplacement du matériel nécessaire aux différentes manches du championnat représente pratiquement la moitié des émissions de gaz à effet de serre et plus de 64 fois le CO2 émis par les monoplaces.

Le deuxième point le plus polluant, en ce qui concerne la Formule 1, est lié au transport des personnes sur les Grands Prix. Plus de 27 % des émissions de gaz à effet de serre sont causés par les déplacements du personnel des teams, de la FOM (Formula One Management), de la FIA et des journalistes afin d'être présents les week-ends de Grand Prix. Dans ces 71.065 tonnes de CO2 rejetés, ne sont même pas pris en compte les déplacements des dizaines de milliers de fans qui se rendent aux abords des circuits pour encourager leurs écuries favorites.

Répartition des émissions de CO₂ en Formule selon leur origine



Formula One Management. (2021). Environmental sustainability F1. Dans *Fédération Internationale de l'Automobile*.

Sur la 3e marche du podium des activités les plus polluantes en Formule 1, on retrouve l'ensemble des installations des écuries. Les usines et les souffleries des écuries, qui sont très gourmandes en électricité, représentent 19,3 % du CO2 total émis par la Formule 1, soit plus de 49.514 tonnes de CO2. Ces installations ne sont pas forcément utilisées pendant les week-ends de course, mais il est important de les prendre en compte puisqu'elles sont très énergivores.

Le 4e poste qui émet le plus de CO2 dans l'atmosphère est lié à l'évènementiel sur les Grands Prix. Cette source de dioxyde de carbone concerne par exemple l'alimentation nécessaire pour la réalisation TV, le Paddock Club ainsi que d'autres choses essentielles. Les opérations évènementielles représentent 7,3 % des émissions totales, soit quand même plus de 187 tonnes de CO2 par an.

4.3. La logistique en Formule 1

Comme on a pu le voir dans le point précédent, la logistique est responsable de près de la moitié des émissions de gaz à effet de serre de l'ensemble de la Formule 1. Comme l'on peut s'en douter, la logistique est quelque chose de très complexe dans un championnat mondial tel que la Formule 1. La logistique est un aspect crucial de la Formule 1, car il s'agit d'un sport qui nécessite des déplacements constants à travers le monde pour participer aux différentes courses du calendrier. Les équipes de Formule 1 ont la lourde responsabilité de transporter des quantités importantes de matériel, de pièces de rechange et de voitures à travers le monde, et ce dans les meilleurs délais pour que ceux-ci soient disponibles pour les week-ends de course. Analysons désormais cette logistique en détail.

Aucun sport ne présente autant de défis logistiques que le sport automobile. Les performances d'un véhicule de sport automobile sont directement liées au fait d'avoir les bons composants au bon endroit et au bon moment. La logistique fait donc partie de la compétition. Les équipes sont des entreprises qui doivent gagner de l'argent. Les équipes les plus riches, comme Ferrari, sont en mesure de dépenser plus d'argent en transport pour apporter plus d'équipements et de pièces détachées, ce qui peut faire la différence entre une victoire et une défaite lorsque les choses ne tournent pas en leur avantage.

La Formule 1 est, à bien des égards, la compétition sportive la plus internationale. Au cours des 21 courses annuelles, les équipes traversent les six continents avec un intervalle d'à peine une semaine entre chaque course. Un ballet effréné de camions, de bateaux et d'avions transporte chaque année le matériel ainsi que le personnel à travers le monde chaque année.

Dix équipes concourent en Formule 1 et, bien qu'elle se déroule dans le monde entier, la catégorie reine du sport automobile est par beaucoup considérée comme un sport européen. Neuf des dix équipes ont leur siège en Europe et opèrent à partir de l'Europe. Seule l'écurie américaine Haas a son siège aux États-Unis, mais l'écurie a désormais installé une partie de ses bureaux au Royaume-Uni afin de faciliter le déplacement de son personnel ainsi que le transport du matériel.

Grâce à cela, la partie européenne de la saison est, par rapport au reste, relativement facile d'un point de vue logistique, car en Europe, tout peut être transporté par la route. Le coût du transport par camion est si faible par rapport à celui du transport par avion que les équipes amènent des bâtiments entiers pour les courses européennes. Ces bâtiments s'apparentent à des "camping-cars", mais peuvent atteindre des tailles impressionnantes. Tout ce matériel se transporte dans plusieurs camions et peut être assemblé en moins de deux jours. Avec tout le reste de l'équipement, y compris les voitures, les pièces détachées et l'électronique, les convois de dizaines de camions par équipe traversent le continent avant chaque course européenne.

En général, les courses ont lieu tous les deux week-ends, ce qui laisse aux équipes suffisamment de temps pour s'installer. Cela peut cependant arriver que deux week-ends de course se suivent. Ce défi logistique est d'autant plus difficile à relever que les équipes ne disposent que de quelques jours pour démonter tout leur équipement sur un circuit et le remonter sur un autre circuit dans un autre pays.

Les courses qui impliquent une logistique très compliquée sont celles qui ont lieu hors Europe. Il arrive parfois que deux courses aient lieu à 7 jours d'intervalle sur deux continents différents. C'est le cas en 2023 avec le Grand Prix d'Azerbaïdjan à Bakou le 30 avril suivi du Grand Prix de Miami le 7 mai, plus de 11.000 km séparent les 2 circuits. Pour contrer ce manque de temps, il faut savoir que les écuries prévoient le coup. En début d'année, vers le mois de janvier, chacune des dix équipes a préparé cinq fois 3 conteneurs en moyenne avec des objets tels que des chaises, des tables, des appareils électroménagers, des ustensiles de cuisine et quelques éléments de leur garage. Ils envoient ces pièces d'équipement plus volumineuses et moins chères par la mer, car ce moyen de transport est nettement moins cher que l'avion. Chaque écurie dispose donc d'une partie de son matériel à cinq endroits différents répartis aux 4 coins du Monde. Cette méthode permet de gagner énormément de temps et de légèrement faciliter la logistique au cours de la saison.

Au cours de la saison, la logistique est une organisation bien huilée. Lors d'un week-end de course, la course a lieu le dimanche après-midi. Le dimanche matin, avant même que la course ne commence, le « démontage » commence. La plupart des pièces de rechange ne seront pas utilisées pendant la course (les écuries ne vont pas remplacer un moteur pendant le Grand Prix). Ces pièces sont donc les premières pièces à être emballées et rangées dans leurs conteneurs. Les monoplaces qui sont les pièces d'équipement les plus importantes, quant à elles, sont soumises à une inspection d'après-course pour s'assurer qu'aucune modification illégale n'ait été apportée et elles ne peuvent donc pas directement être chargées dans les containers.

Tous les équipements que les équipes souhaitaient voir arriver en premier à destination sont placés dans l'une des trois palettes prioritaires. Les palettes prioritaires de chaque équipe sont alors chargées dans le premier avion (si la prochaine course n'est pas juste à côté) pour la destination suivante. Tout le matériel est alors transporté le plus rapidement possible jusqu'au circuit suivant.

Aucune équipe n'est autorisée à toucher son fret avant que le fret de toutes les autres équipes ne soit arrivé, pour des raisons d'équité. Cette règle permet aussi de garantir la sécurité de tous, puisqu'elle permet de s'assurer qu'il n'y ait pas trop de monde autour des palettes lorsqu'elles sont déchargées et déplacées. Dès le mardi matin, les équipes d'assemblage sont à pied d'œuvre avec le matériel « prioritaire » déjà arrivé à bon port.

La logistique de chaque écurie représente plusieurs camions et des dizaines de tonnes d'équipements qui doivent être transportés de circuit en circuit. Comme l'explique Gerrard O'Reilly, Responsable logistique Red Bull Racing, la logistique n'est pas chose aisée en Formule 1, même lorsque les courses sont en Europe : « *Pour les circuits européens, nous avons 4 camions, l'un transporte le matériel du garage, un autre les deux voitures et le reste du matériel, et un troisième pour les pièces de rechange. Enfin le 4ème vient de Paris avec les moteurs Renault. Tout cela représente 40 à 50 tonnes, qu'il faut correctement agencer dans les containers sinon tout ne rentre pas dans les camions ! Nous avons un peu de flexibilité, mais l'ordre doit au moins être respecté. Et tout cela n'inclut pas les 13 camions destinés à l'énorme motorhome de Red Bull, l'Energy Station.* »

Grâce à cette analyse approfondie de ce qu'est la logistique en Formule 1, on peut désormais plus facilement comprendre que la logistique représente 45 % des émissions de gaz à effet de serre de l'ensemble de la Formule 1. Il est dès lors important de réaliser que d'énormes progrès doivent être faits du côté de la logistique afin de réduire les émissions de dioxyde de carbone dans l'atmosphère. La logistique joue un rôle majeur quant à l'aspect durable ou non de la catégorie reine du sport automobile.

4.4. Calendrier

Une des raisons pour lesquelles la logistique émet autant de CO₂ est liée au calendrier de la Formule 1. Le calendrier est un élément crucial en sport automobile. Dans le cas de la Formule 1, celui-ci n'est pas optimisé et les équipes ainsi que les équipements et les monoplaces parcourent trop de kilomètres au cours d'une saison.

Au cours de la saison 2023, la Formule 1 parcourt 133.570 km. (Autohebdo, 2022). Dans les faits, ils parcourent encore plus de kilomètres puisque le calcul ne tient pas compte du fait que les pilotes rentrent aussi chez eux en avion entre les différentes courses. Le problème majeur du calendrier actuel de la Formule 1 est que les différentes manches ne se suivent pas forcément de manière logique en fonction de leur localisation.

En 2023, par exemple, le Grand Prix du Canada vient s'intercaler entre le Grand Prix d'Autriche et le Grand Prix d'Autriche. Autre exemple tout aussi interpellant, les 3 Grands Prix qui ont lieu aux États-Unis ont lieu à 3 moments différents de la saison. C'est-à-dire que les toutes les équipes doivent se déplacer 3 fois aux États-Unis au cours de la même saison. Voici un aperçu du calendrier de la Formule 1 pour la saison 2023 :

Calendrier de la Formule pour la saison 2023

5 mars - GP de Bahreïn	30 juillet - GP de Belgique
19 mars - GP d'Arabie Saoudite	27 août - GP des Pays-Bas
2 avril - GP d'Australie	3 septembre - GP d'Italie
30 avril - GP d'Azerbaïdjan	17 septembre - GP de Singapour
7 mai - GP de Miami	23 septembre - GP du Japon
21 mai - GP d'Émilie-Romagne	8 octobre - GP du Qatar
28 mai - GP de Monaco	22 octobre - GP des États-Unis
4 juin - GP d'Espagne	29 octobre - GP de Mexico
18 juin - GP du Canada	5 novembre - GP du Brésil
2 juillet - GP d'Autriche	18 novembre - GP de Las Vegas
9 juillet - GP de Grande-Bretagne	26 novembre - GP d'Abu Dhabi
23 juillet - GP de Hongrie	

Organiser le calendrier de la Formule 1 est loin d'être chose aisée. La FOM (Formula One Management), organe qui gère le calendrier de Formule 1, doit tenir compte de nombreux éléments. Ils ne peuvent pas mettre les Grands Prix dans l'ordre qu'ils souhaitent afin de réduire la distance entre les Grands Prix et ainsi diminuer l'impact carbone de la Formule 1. Comme l'explique Otmar Szafnauer, ex-directeur d'Aston Martin en Formule 1 : « *Il y a beaucoup de choses à faire pour qu'un calendrier soit établi et ce n'est pas aussi simple que d'essayer de les écrire dans un ordre géographique plus pratique sur un bout de papier.* » (Motorsport, 2021).

Il existe deux raisons principales qui font que la FOM (Formula One Management) ne peut pas instaurer un calendrier plus optimisé en Formule 1 afin de limiter les kilomètres inutiles. Pour commencer, tout est une question de contrat. Les contrats avec les circuits sont signés des années à l'avance et aucune modification n'est donc possible avant que le contrat n'arrive à terme.

La deuxième raison est liée aux autres évènements majeurs qui peuvent avoir lieu dans le pays aux mêmes dates qu'un Grand Prix de Formule 1. Accueillir une manche de la catégorie reine du sport automobile dans son pays est une très grosse opportunité. Ce sont en moyenne 100.000 spectateurs qui assistent à chaque Grand Prix au cours de la saison. Ce sont autant de clients potentiels qui vont loger dans les hôtels et manger dans les restaurants dans les villes aux alentours des circuits. L'opportunité économique est donc considérable pour les pays hôtes. La Formule 1 fait tourner l'économie d'un pays à vitesse grand V le temps d'un long week-end. Il serait alors dommage que le week-end de Formule 1 tombe en même temps qu'un autre évènement d'ampleur national ou international qui attirerait également de très nombreux touristes.

Ces raisons ont pu être confirmées lors de mon interview avec le directeur général du Royal Automobile Club de Belgique, Xavier Schène. Il affirmait alors ceci : « Effectivement, le calendrier est peu optimisé, c'est un exercice très difficile parce que les contrats sont signés à long terme. Toutes les périodes ne sont pas valables pour tout le monde.

Et si on met 3 courses de suite aux États-Unis, peut-être que l'engouement sera moindre. Il y a un petit travail d'optimisation qui peut être fait, c'est sûr, il y a de la marge. Même s'ils avaient parlé de le refaire et de le revoir, pour l'année 2023 ce n'est pas encore le cas, sans doute à cause des aspects commerciaux et contractuels là-dedans. Ils ont peut-être signé des contrats avec un tel ou un tel pendant x années à telle date. Toutes les dates ne se valent pas. » (X. Schène, communication personnelle, 17 février 2023).

Les dirigeants de Liberty Media, propriétaire de la Formule 1, ont envisagé une réorganisation du calendrier de la saison de courses afin de répondre à l'augmentation des demandes et de respecter leur engagement en faveur de l'environnement. L'idée était de régionaliser le calendrier pour éviter les longs trajets entre les courses européennes et celles qui ont lieu en Amérique du Nord. Il semble néanmoins que cette initiative n'ait pas été pleinement mise en œuvre.

Le calendrier de Formule 1 compte également de plus en plus de courses. En 2000, le calendrier ne comportait que 17 Grands Prix. 23 ans plus tard, ce sont 23 Grands Prix qui composent le calendrier de Formule 1. Le Grand Prix d'Europe (Nürburgring), de France, d'Allemagne, des États-Unis (Indianapolis) et de Malaisie ont disparu et ont laissé place aux Grands Prix de Bahreïn, d'Arabie Saoudite, d'Azerbaïdjan, de Miami, des Pays-Bas, de Singapour, du Qatar, des États-Unis (Austin), du Mexique, de Las Vegas et d'Abu Dhabi. Cette augmentation provoque une conséquence directe sur la logistique ainsi que sur l'empreinte carbone de la Formule 1. Plus de Grands Prix est synonyme de plus d'émissions de gaz à effet de serre.

Il semblerait qu'un plan d'action ait été élaboré pour passer d'une situation dont les dirigeants ne sont pas satisfaits à une situation nettement améliorée. Toutefois, ce processus est progressif et prendra du temps pour être mis en place.

4.5. 2026, année synonyme de changements

Dans le passé, certaines années ont marqué la Formule 1 puisque des modifications ont été apportées à la discipline. Parmi les années qu'on ne peut oublier il y a par exemple 2001, année durant laquelle les mythiques moteurs V12 ont été interdits, 2014 avec l'introduction des moteurs turbocompressés hybrides ou encore 2018 qui a vu l'apparition du halo de sécurité sur toutes les monoplaces de la catégorie.

L'année 2026 sera, à l'instar de ces années-là, une année qui marquera l'histoire de la Formule 1. De très nombreux changements sont prévus pour cette année-là, et ils seront détaillés dans ce chapitre. Un nouveau carburant, la modification du moteur à combustion interne et les systèmes de récupération d'énergie seront les différents points abordés. Comme expliqué précédemment, la catégorie reine du sport automobile souhaite atteindre la neutralité carbone d'ici 2030. Le plan d'action pour 2026 a été dévoilé le 17 août 2022. En d'autres termes, la FIA passe désormais dans la phase opérationnelle pour atteindre l'objectif de neutralité carbone d'ici 2030. Les changements apportés en Formule 1 auront pour objectif de diriger la discipline vers une certaine durabilité environnementale.

La volonté de devenir un sport plus durable vient à la fois de la Formule 1 directement, de la Fédération Internationale de l'Automobile qui a mis en place un plan de réduction carbone, mais également des différentes écuries qui souhaitent obtenir l'accréditation 3 étoiles environnementales de la FIA (expliqué dans le chapitre 3).

Nouveau carburant

La nouveauté la plus marquante qui sera instaurée à partir de 2026 concernera le carburant utilisé par les monoplaces. La Formule 1 introduira en 2026 une nouvelle unité de puissance et celle-ci fonctionnera avec des carburants 100 % durables. Pour l'instant, les monoplaces fonctionnent avec un mélange de 90 % de combustible fossile et de 10 % d'éthanol renouvelable. L'essence utilisée actuellement dans les monoplaces de Formule 1 est très proche du sans-plomb 95 - E10 qui est utilisé dans la voiture de monsieur tout le monde. Le carburant utilisé en Formule 1 reste néanmoins spécifique et est beaucoup plus filtré.

Dès la saison 2026, les monoplaces n'utiliseront plus du tout de combustible fossile. Les voitures de course rouleront avec des carburants entièrement durables. Selon Pat Symonds, directeur technique de la Formule 1, bien que l'objectif d'augmenter la part de carburant renouvelable et ainsi passer de 10 % à 100 % en quelques années soit ambitieux, la F1 est en bonne voie pour le réaliser. « Ce qui fixe les objectifs, c'est simplement de trouver suffisamment le carburant dont nous avons besoin », explique Pat Symonds. (Angleviel, 2021).

Le carburant qui sera utilisé en Formule 1 d'ici quelques années sera entièrement créé en laboratoire. L'objectif est de créer un carburant neutre en carbone (e-fuel) afin de s'inscrire parfaitement dans la volonté de la Formule 1 d'atteindre la neutralité carbone d'ici 2030.

Comme l'a expliqué Ross Brawn, directeur technique et sportif du Championnat du monde de Formule 1 de 2017 à 2022 : « *Nous travaillons sur un carburant dont l'empreinte carbone est totalement neutre, de sorte que le carbone utilisé pour produire ce carburant représente la même quantité que le carbone émis par le moteur à combustion interne.* » (Grangier, 2022).

À l'instar des carburants durables actuellement testés pour les véhicules de série, le carburant utilisé à partir de 2026 en Formule 1 sera fabriqué à partir de dioxyde / monoxyde de carbone et d'hydrogène qui sera obtenu grâce à des sources d'énergie durables (en séparant l'eau en hydrogène et en oxygène par électrolyse) ainsi que de biocarburants issus de biomasses durables non alimentaires ou de déchets municipaux.

Les formes de biomasse qui peuvent être exploitées comprennent des éléments tels que les algues, les déchets agricoles et les cultures non alimentaires qui sont cultivées sur des terres inappropriées pour la production alimentaire.

Il existe 2 éléments qui font de l'instauration d'un nouveau carburant durable en Formule 1 dès 2026 un réel défi. Tout d'abord, comme évoqué précédemment, il sera important de fabriquer suffisamment de carburant pour répondre à la demande de l'ensemble de la Formule 1. L'autre défi majeur concerne l'efficacité de ces nouveaux carburants. Il est très compliqué de créer un carburant qui soit à la hauteur des monoplaces de Formule 1. Un carburant d'une qualité inférieure fonctionnera dans les monoplaces, mais celles-ci ne délivreront pas la même puissance.

Comme le déclare Pat Symonds : « *C'est très ambitieux, dans le cadre de ce que nous essayons de faire, de créer un carburant durable très performant. Le sport automobile est une question de puissance, mais surtout de densité de puissance. Nous ne voulons pas d'énormes voitures avec d'énormes réservoirs de carburant, nous voulons de petits réservoirs et beaucoup de carburant de très bonne qualité et à forte densité de puissance. Nous devons donc synthétiser cela, et ce n'est pas la chose la plus facile à faire.* » (Angleviel, 2021). Le facteur déterminant de la performance d'un carburant est sa densité énergétique.

Modification du moteur à combustion interne

La deuxième modification qui sera apportée aux monoplaces de Formule à partir de la saison 2026 concerne le bloc moteur. La Formule 1 a décidé de conserver la disposition V6, 1,6 litre. La différence se situe au niveau du débit de carburant qui sera réduit pour viser une puissance de sortie d'environ 400KW. Les moteurs à combustion interne sont divisés en 2 parties distinctes.

La partie inférieure comprend le bloc moteur, le vilebrequin, les bielles, les pompes et les auxiliaires qui seront davantage réglementés. La partie supérieure, quant à elle, se concentrera principalement sur la zone de combustion et ses composants associés. Bien que cette zone soit également soumise à des réglementations, les concepteurs auront plus de liberté pour développer le système de combustion afin de s'adapter au nouveau carburant. L'objectif est de focaliser la compétition des moteurs à combustion interne sur la partie supérieure, puisque la partie basse sera davantage réglementée et fera l'objet de périodes d'homologation plus longues.

Systèmes de récupération d'énergie

Les monoplaces de Formule 1 sont équipés de systèmes de récupération d'énergie qui permettent de récupérer l'énergie thermique ou cinétique lors des phases de roulage ou de freinage. Ces systèmes de récupération d'énergie ont pour objectif final d'améliorer la performance des monoplaces de Formule 1 sans nécessairement augmenter la consommation et, par conséquent, les émissions de gaz à effet de serre. Les systèmes de récupération d'énergie sont actuellement composés du MGU-K et du MGU-H, mais plus pour longtemps.

La modification la plus marquante qui sera apportée au groupe motopropulseur dès 2026 est la suppression du MGU-H. Le MGU-H (Motor Generator Unit - Heat) est un composant essentiel de la puissance hybride des voitures de Formule 1. Il s'agit d'un système de récupération d'énergie qui convertit la chaleur des gaz d'échappement en énergie électrique. Cette énergie peut ensuite être stockée dans les batteries pour alimenter le moteur électrique, ou être utilisée directement pour alimenter les systèmes électriques de la voiture. Le MGU-H peut également servir à alimenter l'autre partie du système de récupération d'énergie en énergie, le MGU-K ou encore le compresseur du turbocompresseur.

La décision de retirer le MGU-H peut être principalement justifiée par sa complexité et les coûts élevés de développement et d'installation de ce composant dans les voitures, ainsi que par son potentiel limité en dehors de la piste. Cette suppression ne fait cependant pas l'unanimité puisqu'elle est considérée comme étant un pas en arrière. Pour compenser le manque de puissance lié à la suppression du MGU-H, il faudrait par exemple augmenter le débit de carburant.

L'autre partie qui compose le système de récupération d'énergie s'appelle le MGU-K. Le MGU-K (Motor Generator Unit - Kinetic) est un système de récupération d'énergie cinétique qui transforme l'énergie générée lors du freinage en énergie électrique stockée dans une batterie, pour être utilisée ultérieurement.

Le MGU-K récupère l'énergie cinétique générée lorsque le pilote freine et la transforme en énergie électrique qui est stockée dans une batterie. Cette énergie peut ensuite être utilisée pour augmenter la puissance de la monoplace lors des accélérations, ce qui améliore les performances globales de la voiture. La modification du MGU-K pour la saison 2026 a pour objectif de délivrer plus de puissance aux monoplaces.

4.6. Popularité croissante de la Formule 1

La Formule 1 a toujours été une discipline de renommée mondiale. Autrefois, il s'agissait d'un sport réservé à une certaine élite mondiale. La discipline reine du sport automobile touche désormais un public beaucoup plus large, mais également plus jeune. Même si la popularité de la Formule a augmenté au cours des dernières années, la discipline a, depuis toujours, été le fleuron du sport automobile.

Cette popularité importante depuis sa création en 1950 peut s'expliquer par différentes raisons. La Formule 1 a toujours été considérée comme un sport d'élite puisque la discipline a toujours été à la pointe de la technologie. Dans de nombreux domaines, les innovations viennent de la Formule 1 et sont ensuite arrivées dans d'autres disciplines du sport automobile ou dans la voiture de monsieur tout le monde. Les innovations et progrès technologiques ont toujours permis d'attirer de très nombreux fans. L'autre facteur qui a rendu le sport populaire au cours de l'histoire est l'admiration pour les pilotes. La Formule 1 est la discipline de sport automobile la plus exigeante et ce sont donc les 20 meilleurs pilotes de la planète qui s'affrontent pour pouvoir désigner qui est le meilleur. La Formule 1 est une discipline très difficile d'accès, souvent réservée à une certaine élite.

Malgré une popularité importante depuis sa création, la Formule 1 rencontre depuis plusieurs années un succès fulgurant. Cette popularité croissante est principalement due à deux éléments. La première raison est liée à l'arrivée de Liberty media. En 2017, l'entreprise américaine a acheté les droits de la Formule 1 pour 8 milliards de dollars. À ce moment-là, beaucoup de gens trouvaient que la Formule 1 était en perte de popularité. Entre 2007 et 2017, le nombre de personnes qui regardaient la Formule 1 à la télévision dans le monde a été réduit de moitié. (Views, 2021).

L'objectif de Liberty media était clair, il faut faire des Grands Prix un rendez-vous incontournable, en particulier pour les milléniaux, qui étaient la priorité de cette nouvelle stratégie. Pour cela, Liberty media a souhaité accentuer le développement de la Formule 1 sur les réseaux sociaux, rendant ainsi la discipline plus accessible.

Le deuxième « responsable » de cette popularité croissante est, sans aucun doute, Netflix. La plateforme américaine de vidéo à la demande a, en collaboration avec le Formula One Group, produit une série documentaire sur les coulisses de la Formule 1. Depuis la première saison diffusée en 2019, la Formule 1 connaît un réel regain de popularité.

La moyenne d'âge des fans de Formule 1 est ainsi passée de 36 à 32 ans, Liberty media (rappeler qui c'est) a donc rempli son objectif. Grâce à ces différents éléments, l'audience de la Formule 1 est en nette évolution depuis plusieurs années. En 2021, l'audience TV cumulée était de 1,55 milliard. Cela fait une moyenne de 70,3 millions de téléspectateurs par Grand Prix. (Formula1, 2022). Selon Bernie Ecclestone, ancien président de la Formule 1, l'audience télévisuelle mondiale de la Formule était de 527 millions en 2010. (RFI, 2011). Cette évolution est d'autant plus impressionnante que cette dernière décennie a connu le développement des réseaux sociaux. Il existait en 2010 moins de canaux différents pour suivre la Formule 1. Cette évolution de près de 300 % en à peine plus de 10 ans est très impressionnante. Le nombre croissant de spectateurs pourrait avoir une influence sur les émissions de gaz à effet de serre.

4.7. Les émissions de la Formule 1 comparées à d'autres sports

La catégorie reine du sport automobile est souvent pointée du doigt vis-à-vis de ses émissions de gaz à effet de serre. Comme analysé précédemment dans ce chapitre, la Formule 1 émet annuellement 256.551 tonnes de CO₂. Il serait difficile de nier que cette quantité soit très impressionnante, mais à titre de comparaison, combien de tonnes de CO₂ émettent d'autres disciplines sportives telles que le tour de France ou une coupe du Monde de football ?

La FIFA a annoncé que la dernière coupe du monde au Qatar a émis 3,6 millions de tonnes de CO₂. Selon plusieurs ONG, ce chiffre est sous-estimé et pourrait dépasser les 5 millions de tonnes de CO₂. (Carbon Market Watch, 2022). Les précédentes coupes du monde avoisinaient les 3 millions de tonnes de CO₂. La coupe du monde a lieu tous les 4 ans, même si l'on divise ces quantités par 4, les émissions de gaz à effet de serre sont bien supérieures à celles de la Formule 1.

Selon l'ASO, l'organisateur du Tour de France, l'édition 2021 aurait émis 216.000 tonnes de CO₂. Cela représente à peine moins qu'une saison entière de Formule 1 alors que le Tour de France ne dure que 3 semaines.

4.8. Conclusion intermédiaire chapitre 4

- La Formule 1 a mis en place un plan de développement durable pour atteindre la neutralité carbone d'ici 2030. Ce plan est divisé en 4 grands axes qui sont les courses, la logistique, les lieux de travail et la compensation carbone.
- Selon un rapport publié par la FIA en 2019, la Formule 1 émettrait annuellement 256.551 tonnes de CO₂. Les émissions liées aux monoplaces ne représentent que 0,7 % tandis que la logistique représente 45 % des émissions globales.
- La logistique est très complexe dans un championnat mondial tel que la Formule 1. Cela représente un réel défi d'apporter tout le matériel à temps aux 4 coins du monde.
- Le calendrier trop peu optimisé est responsable, à sa manière, d'importantes émissions de gaz à effet de serre. Au cours de la saison 2023, ils parcourent 133.570 km, ce qui est beaucoup plus que nécessaire pour relier les différents circuits. L'augmentation du nombre de Grands Prix par saison est également responsable de l'impact néfaste qu'a la Formule 1 sur l'environnement.
- L'année 2026 sera une année importante pour la Formule 1 qui sera marquée par de très nombreux changements. Un nouveau carburant 100 % durable sera utilisé pour alimenter les monoplaces. Le système de récupération MGU-H sera retiré des voitures qui n'utiliseront plus que le MGU-K.
- Il y a de la part de la Formule 1 une prise de conscience tardive quant aux émissions de dioxyde de carbone provoquées par la discipline. Les organisateurs essaient cependant, au travers de diverses actions, de réduire l'empreinte carbone de la Formule 1. Ils se sont donc fixé des objectifs dans le but d'atteindre la neutralité carbone d'ici 2030.
- Depuis le rachat de la Formule 1 par Liberty media, la popularité de la discipline est en pleine croissance, surtout chez les milléniaux. On constate une augmentation de près de 300 % en à peine plus de 10 ans du nombre de téléspectateurs.
- En examinant les niveaux d'émissions de gaz à effet de serre, on remarque que la Formule 1 ne serait pas le plus grand pollueur. Des événements comme la coupe du monde de football ou le Tour de France sont deux événements qui rejettent énormément de CO₂ bien que la discipline ne consiste pas à faire rouler des voitures.
- Dans le 5^e et dernier chapitre, on abordera les recommandations opérationnelles qui permettraient de rendre le sport automobile plus durable. Dans ce chapitre je tenterai de trouver des solutions afin de préparer le sport automobile à la transition énergétique.

Chapitre 5 : Conjuguer l'avenir du sport automobile avec un impératif décarboné

Après avoir analysé la mise en perspective de la durabilité au sein du sport automobile, le poids économique que représentait ce sport, les actions mises en place par la FIA pour rendre le sport automobile plus durable et la Formule 1 en profondeur, nous avons désormais toutes les cartes en main pour établir une liste de recommandations opérationnelles afin de préparer le sport automobile à la transition écologique. Ce 5^e et dernier chapitre traitera de quelques recommandations pour décarboner le sport ainsi que de la pertinence de celles-ci.

5.1. Les différentes recommandations

1re recommandation : Regrouper par continent les évènements du sport automobile

Dans toutes les catégories de sport automobile, les émissions de gaz à effet de serre les plus importantes concernent la logistique. En Formule 1, la logistique des matériels représente 45 % des émissions totales et la logistique des personnes 27,7 %. La logistique, de façon générale, représente donc plus de 72 % des émissions totales, soit plus de 186.000 tonnes de dioxyde de carbone. Du côté de la Formule E, à l'instar de la catégorie reine du sport automobile, la logistique représente plus de 87 % des émissions de gaz à effet de serre totales liées à la compétition.

Ce phénomène est évidemment accentué dans les compétitions qui ont lieu sur une multitude de continents. Le fait de transporter les voitures de circuits en circuits génère une quantité importante de dioxyde de carbone. Mais les voitures de course ne sont pas les seuls objets à devoir être transportées de course en course. L'ensemble des équipements des différentes équipes ainsi que le matériel de l'organisation, indispensable au bon déroulement d'une course, parcourent des milliers de kilomètres annuellement.

Certaines compétitions internationales, comme la Formule 1, ont un calendrier qui n'est pas du tout optimisé d'un point de vue géographique. Comme étudié dans le chapitre 4, l'ordre des courses en Formule 1 n'est pas agencé en fonction de la position des villes hôtes, sur le globe terrestre. Pour ne citer que deux exemples, le Grand Prix du Canada s'est intercalé entre les Grands Prix d'Espagne et d'Autriche, qui ne sont séparés que de 1500 km. Plus tard dans la saison, on retrouve les 3 Grands Prix des États-Unis qui sont systématiquement séparés par d'autres Grands Prix qui ont lieu dans d'autres pays.

Cela augmente de manière considérable le nombre de kilomètres qu'une telle compétition parcourt en une seule saison. L'impact est très important puisque ce sont des centaines de tonnes de voitures et de matériel qui doivent être déplacés par avion lorsque les circuits sont éloignés les uns des autres.

La première recommandation proposée dans le cadre de ce mémoire serait alors de procéder au regroupement par continent des évènements du sport automobile, et plus particulièrement les championnats internationaux. Cette recommandation nécessiterait une refonte du calendrier. L'idée principale est de regrouper les différents Grands Prix par continents. L'idéal serait par exemple d'effectuer tous les Grands Prix européens pour ensuite se déplacer en Asie où différents Grands Prix ont lieu. La suite logique serait de continuer avec l'Océanie et poursuivre avec le Grand Prix du Brésil pour finalement remonter vers l'Amérique de Nord.

La Formule 1 parcourt actuellement plus de 130.000 km annuellement. En régionalisant des calendriers tels que celui de la Formule 1, il serait possible, selon certaines estimations, de réduire de près de moitié le nombre de kilomètres parcourus.

En ayant des courses plus groupées par continent, cela nécessiterait moins de logistique. La réduction de kilomètres parcourus pourrait avoir un impact positif important sur les émissions de gaz à effet de serre d'une telle compétition. Comme le confirme Xavier Schène, directeur général du Royal Automobile Club de Belgique : « *Je prends l'exemple de la Formule 1 qui retourne 3 fois de suite aux États-Unis et qui cale le Canada entre l'Autriche et l'Espagne. En termes de logistique, je pense qu'éliminer ces 2 trajets-là serait une bonne idée.* » (X. Schène, communication personnelle, 17 février 2023).

Réagencer entièrement un calendrier de Formule 1 n'est évidemment pas chose aisée. Comme l'explique Lucas Boever lors de notre interview, réagencer complètement un calendrier, cela ne se fait que très rarement, voire jamais. Régionaliser des compétitions comme la Formule 1 représente un défi d'envergure, mais qui peut avoir un réel impact sur l'empreinte carbone de la discipline.

L'idéal serait d'aller encore plus loin et de minimiser le nombre de kilomètres en rejoignant systématiquement le circuit le plus proche en distance, mais ce n'est concrètement pas possible. Comme l'explique Xavier Schène, directeur général du RACB, tout est une histoire de contrats. Il s'agit des plus gros freins qui empêcheraient un réagencement du calendrier. « *C'est un exercice très difficile parce que les contrats sont signés à long terme. Toutes les périodes ne sont pas valables pour tout le monde. Et si on met 3 courses de suite aux États-Unis peut-être que l'engouement sera moindre. Il y a un petit travail d'optimisation qui peut être fait, c'est sûr, il y a de la marge. Même s'ils avaient parlé de le refaire et de le revoir, pour l'année 2023 ce n'est pas encore le cas sans doute à cause des aspects commerciaux et contractuels là-dedans. Ils ont peut-être signé des contrats avec un tel ou un tel pendant x années à telle date. Toutes les dates ne se valent pas.* » (X. Schène, communication personnelle, 17 février 2023).

Ces propos ont également été appuyés par Lucas Boever, directeur technique au RACB : « *Il faut savoir qu'un calendrier de F1 est vraiment extrêmement complexe à organiser vu le nombre de parties qui sont impliquées entre les circuits, les organisateurs, les machins enfin tout ça, c'est vraiment compliqué. Donc ça, c'est une chose et puis la dernière et peut-être la plus importante des choses, c'est aussi que leur calendrier est fait selon les contrats qu'ils ont avec les pays. Ces contrats, ils ne les choisissent pas en fonction de (et ça nous arrangerait bien) 'ça, c'est le plus proche, comme ça on doit être plus écologique' mais 'ça, ça nous arrangerait bien parce que lui, il nous donne 2 fois plus si on vient chez lui que le pays d'à côté'. Donc je crois que quand ils signent les contrats, c'est d'abord ça.* » (L. Boever, communication personnelle, 24 mars 2023).

En conclusion, regrouper par continent les évènements du sport automobile serait une bonne recommandation afin de réduire l'empreinte carbone de la discipline. Bien que ce ne soit pas chose aisée à cause des contrats notamment, cela semble déjà plus facilement réalisable que de minimiser le nombre de kilomètres en rejoignant systématiquement le circuit le plus proche. La régionalisation des compétitions automobiles peut avoir un impact très significatif sur son empreinte carbone puisque la logistique représente plus de 70 % des émissions de gaz à effet de serre totales.

2ème recommandation : Utiliser des camions à hydrogène pour l'Europe

Le problème majeur, en ce qui concerne l'empreinte carbone du sport automobile, est la logistique. Elle est, à elle seule, responsable de rejeter des centaines de milliers de tonnes de dioxyde de carbone dans l'air chaque année. Ces déplacements sont réalisés par avions, bateaux et camions.

L'aviation est un monde plus que complexe. Les avions volent actuellement grâce à du kérósène. L'adoption de carburants alternatifs constitue une stratégie majeure pour réduire immédiatement les émissions du secteur. Bien qu'il y ait un nombre croissant d'initiatives visant à favoriser leur utilisation, ces carburants non fossiles sont encore loin de devenir une norme pour les avions de ligne ou de transport.

Du côté du transport maritime, le problème est assez similaire. Les navires utilisent des combustibles lourds, qui sont riches en soufre, en oxyde d'azote et en particules fines, émettant ainsi de grandes quantités de polluants atmosphériques qui contribuent à la pollution de l'air et au changement climatique. Le transport maritime a un impact environnemental important qui est aggravé par l'augmentation continue du volume de marchandises transportées, la taille des navires et les distances parcourues. À l'heure actuelle, peu de solutions plus durables ayant pour objectif de réduire l'empreinte carbone du

transport maritime sont sur le point de voir le jour. Certaines solutions sont à l'étude, mais leur mise en place prendra encore de nombreuses années.

Le transport par voie terrestre est le dernier axe sur lequel il est possible d'agir. Les émissions de gaz à effet de serre provenant des camions et autres véhicules routiers contribuent de manière significative au changement climatique. De plus, les émissions de particules fines et de gaz toxiques provenant des véhicules peuvent affecter la qualité de l'air et la santé humaine.

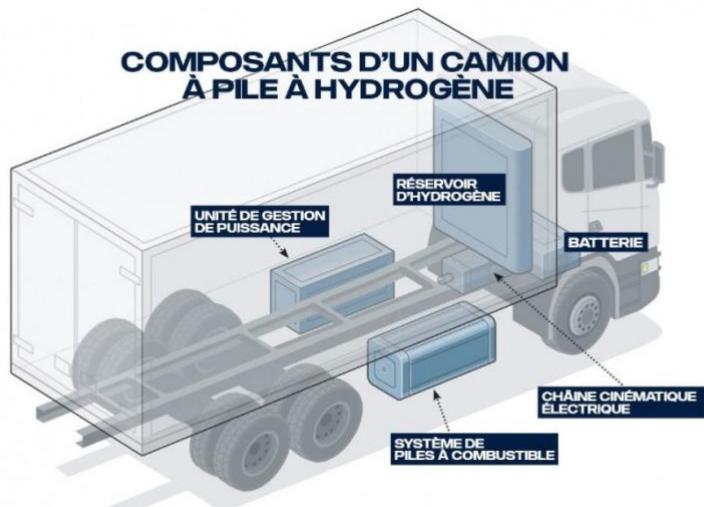
La deuxième recommandation de ce mémoire, pour préparer le sport automobile à la transition écologique et ainsi réduire l'empreinte carbone de la discipline, serait d'utiliser des camions à hydrogène pour les déplacements en Europe. Une grande proportion des circuits de Formule 1 se situe en Europe et les circuits sont assez proches géographiquement les uns des autres. Cette recommandation permettrait de réduire de façon significative les émissions de gaz à effet de serre que génère la logistique au sein du sport automobile.

La Commission européenne a pour objectif de faire circuler 60 000 camions à hydrogène sur les routes d'ici à 2030 dans le cadre de sa nouvelle stratégie de mobilité durable. Les principaux fabricants de poids lourds, qui se sont récemment engagés à supprimer les carburants fossiles d'ici à 2040, se préparent en conséquence. « *Les expérimentations en conditions réelles de nos prototypes démarreront en Europe au second semestre 2023 dans le cadre du projet européen H2Haul, qui vise à déployer des poids lourds à hydrogène en France, en Belgique, en Allemagne et en Suisse* », indique Clément Chandon, directeur produit chez Iveco. (Les Échos, 2022).

Il est clair que l'hydrogène est une option à moyen et long terme pour alimenter les camions, avec deux choix différents : utiliser une pile à combustible qui produit de l'électricité en utilisant de l'hydrogène pour alimenter un moteur électrique ou utiliser directement l'hydrogène comme carburant pour un moteur à combustion. La pile à combustible reste cependant la plus fréquente. Dans les deux cas, l'utilisation d'hydrogène vert permettrait de réduire les émissions de dioxyde de carbone à zéro. L'objectif de cette recommandation est de réduire les émissions de gaz à effet de serre à néant pour les transports effectués par camion en Europe.

Les camions à hydrogène utilisent une technologie qui repose sur des piles à combustible et des réservoirs pour stocker l'énergie nécessaire au fonctionnement du véhicule. Les piles à combustible sont utilisées pour créer de l'électricité en combinant de l'hydrogène et de l'oxygène capté dans l'air qui alimentent ensuite le groupe motopropulseur électrique du camion. Pendant la conduite, les camions à hydrogène ne rejettent que de l'eau, ce qui les rend respectueux de l'environnement et conformes aux exigences de la transition énergétique pour le secteur des transports.

Enfin, lorsqu'il est nécessaire de faire le plein, le camion à hydrogène peut être rempli rapidement avec de l'hydrogène, de la même manière qu'un plein d'essence ou de diesel classique. Contrairement à un véhicule électrique, le plein d'un camion peut se faire en une quinzaine de minutes.



Scania. (s. d.). *Comment fonctionne un camion électrique à pile à hydrogène ?* Scania France. <https://www.scania.com/fr/fr/home/about-scania/newsroom/a-la-une/2021/how-does-a-hydrogen-fuel-cell-electric-truck-work.html>

Les avantages de l'utilisation de l'hydrogène dans le secteur des transports sont multiples. Un des atouts majeurs concerne l'autonomie de véhicules. Le développement des camions qui fonctionnent à l'hydrogène est assez récent, mais la progression est rapide. À l'heure actuelle, les camions à hydrogène sont capables de parcourir près de 1500 kilomètres avec un seul plein. À titre de comparaison, un camion équivalent qui roule au diesel a une autonomie très similaire. (Ecolow, 2023).

Bien que l'utilisation de l'hydrogène au sein du secteur des transports soit très prometteuse, il persiste deux défis pour ce carburant soit utilisable au quotidien et respectueux de l'environnement. La rareté actuelle des parcs de station à hydrogène pourrait constituer un obstacle important à l'utilisation des camions à hydrogène. Toutefois, ce désavantage devrait diminuer au fur et à mesure que l'hydrogène se développe.

Ensuite, pour que les camions à hydrogène vert puissent respecter leur promesse d'être non polluants, il est crucial que l'hydrogène utilisé soit produit à partir de sources d'énergie renouvelable. Cette forme d'hydrogène est alors appelée "hydrogène vert". Cependant, la production actuelle d'hydrogène génère encore une quantité importante de dioxyde de carbone, car elle implique la conversion de méthane.

Les différents chefs d'État européen ont, tout récemment, reçu le feu vert de la Commission européenne concernant la fabrication d'hydrogène vert. Le projet consiste à produire de l'hydrogène vert grâce à de l'énergie solaire dans la péninsule ibérique. L'objectif de ce projet est que l'Union européenne atteigne la neutralité carbone d'ici 2050 et que celle-ci soit indépendante pour son énergie.

Pour conclure, selon un récent rapport du NACFE (North American Council for Freight Efficiency), publié le 4 avril dernier, l'hydrogène semble être la meilleure option pour le transport routier à longue distance. Cependant, le rapport souligne certaines préoccupations liées à la production et à la distribution d'hydrogène vert.

3ème recommandation : Rendre la Formule E plus attractive et plus accessible

La Formule E a vu le jour en 2014. Il serait difficile à l'heure actuelle d'affirmer que la discipline rencontre le succès escompté. De manière générale, pour de nombreuses nouveautés, il existe un effet de mode qui s'en suit. Cette affirmation est également d'application pour les disciplines sportives. Après ces « effets de mode », il est assez naturel que l'engouement du public devienne moindre. C'est ce que la Formule E a connu ces dernières années.

Ces propos ont été appuyés par Lucas Boever, directeur technique du Royal Automobile Club de Belgique : « *Le sport auto c'est un vecteur marketing et à partir du moment où on voit que ce vecteur-là s'essouffle un petit peu, plus personne ne veut y venir ou plus personne ne veut prendre cet exemple-là. Personne ne veut prendre le risque de faire un truc qui n'attirerait personne.* » (L. Boever, communication personnelle, 24 mars 2023).

Après de multiples analyses ainsi que des rencontres avec des experts du sport automobile, il existe bon nombre de choses à mettre en place ou à modifier dans le but d'augmenter l'attractivité de la Formule E. En rendant cette discipline plus populaire, la compétition remplirait alors son objectif premier, qui est de prôner la durabilité au sein du sport automobile.

Contrairement à d'autres championnats mondiaux, comme la Formule, la Formule E ne dispose pas « d'échelle d'accès ». Il n'existe, pour l'instant, aucun échelon en dessous de la Formule E, et cela pourrait poser problème. En Formule 1, c'est tout l'inverse, les catégories inférieures sont très nombreuses. Le Karting, la Formule 4, la Formule 3 et la Formule 2 sont les antichambres de la catégorie reine du sport automobile. La quasi-totalité des pilotes de Formule 1 est passée par l'ensemble de ces catégories. Ces catégories inférieures permettent de rendre ce sport moteur plus accessible.

Lucas Boever, directeur technique du RACB explique ceci : « *Je pense qu'ils devraient tout d'abord créer selon moi une sorte d'échelle d'accès à la Formula E dans le sens où ils sont vraiment le top du sport automobile électrique. C'est le plus haut. Il n'y a aucun échelon en dessous. Contrairement à la formule 1, on dit toujours qu'on commence par le karting et puis, on a la F3 puis la F2 et puis la F1. Je pense que pour attirer plus, pour que ce soit un sport un peu plus accessible, peut-être en effet qu'il faudrait essayer de faire une... il existe déjà du karting électrique ou on est en train de le développer. Pourquoi ne ferait-on pas une catégorie d'accès, une catégorie junior, ce genre de choses ? S'ouvrir à un public plus large, ça permettrait d'avoir une base de public plus importante, parce que s'il y a les catégories inférieures, parce que voilà ça fait plus de monde sur les meetings aussi.* » (L. Boever, communication personnelle, 24 mars 2023).

L'autre différence majeure avec des compétitions qui peuvent s'y appartenir est le format des courses. Les compétitions de Formule E doivent nécessairement s'adapter aux contraintes liées à l'utilisation de moteurs électriques. En raison de l'autonomie réduite, les courses de Formule E ne durent que 45 minutes. Le manque d'autonomie ne permettrait pas de faire des courses beaucoup plus longues.

Selon le directeur technique du RACB, il faudrait revoir la copie du format des courses de Formule E : « *Je pense que le format actuel n'attire personne à cause de sa complexité technique qui en fait des courses stratégiques plus que des courses de vitesse. Et comme ce n'est pas considéré comme de l'endurance non plus, ça n'attire pas non plus les gens qui disent 'oui, c'est une chouette course d'endurance, regarde ils ont réussi à économiser et après quelques heures ils sont devant parce qu'ils sont malins et leur voiture est très fiable.* » (L. Boever, communication personnelle, 24 mars 2023).

En conclusion, les soucis liés à la Formule E sont aussi nombreux que complexes à solutionner. Il y a d'une part le format actuel des courses qui est assez différent de ce que l'on retrouve dans d'autres disciplines, et qui a donc du mal à fasciner autant de fans que la Formule 1. Et il y a d'autre part la baisse de l'admiration de la nouveauté. Le vecteur marketing qu'utilisait la compétition de monoplaces 100 % est tout doucement en train de s'essouffler. Il est nécessaire que la Formule E parvienne à résoudre ces problèmes pour qu'elle puisse remplir le rôle pour laquelle la compétition a été créée, qui est de prôner la durabilité au sein du sport automobile.

4ème recommandation : Modifier la réglementation concernant les pneus

Au sein du sport automobile, les pneumatiques sont des éléments qui ont un impact négatif sur l'environnement, et ce pour plusieurs raisons. Les pneus sont un composant clé des voitures de course et sont soumis à une usure intense pendant les courses. Cette usure peut libérer de nombreuses particules fines dans l'air, qui peuvent avoir des effets négatifs sur l'environnement ainsi que sur la santé humaine.

Les fabricants de pneus ont cherché à réduire la pollution causée par les pneus de course en utilisant des mélanges de caoutchouc plus écologiques, des procédés de fabrication plus durables et des systèmes de récupération des pneus usagés. Il n'est cependant pas possible de réduire à néant la pollution générée par l'usage des pneus en sport automobile.

Après analyses, on se rend compte qu'il existe deux axes d'amélioration possibles afin de réduire l'empreinte carbone des pneus en sport automobile. Les équipes utilisent actuellement un nombre très important de pneus par course, et ceux-ci sont maintenus à température grâce à des couvertures chauffantes très énergivores, pendant des heures.

La première recommandation serait de réduire le nombre de sets de pneus auxquels les pilotes ont droit pendant un week-end de course. Les équipes ont souvent recours à un grand nombre de pneus pour leurs voitures, notamment en Formule 1, où chaque pilote a droit à 13 trains de pneus pour un week-end de course. Cela signifie que chaque voiture dispose de 52 pneus pour un seul week-end, dont beaucoup ne sont pas utilisés. La durée de vie d'un pneu de Formule 1 est estimée à 50 tours de piste. (Red Bull, 2022). Lors d'une édition des 24h du Mans, ce ne sont pas moins de 7000 pneus qui sont livrés dans les paddocks du Mans pour équiper les 35 véhicules partenaires de Michelin. (Autohebdo, 2022).

Comme l'explique Xavier Schène, directeur général du Royal Automobile Club de Belgique : « *Est-ce qu'il est logique qu'il faille 32 pneus pour faire un rallye WRC ou qu'on change les pneus toutes les heures d'une course de 24h. Ces pneus, on les produit, on les transporte, on les chauffe. Le bilan de ça, il est catastrophique par rapport à l'utilisation de la voiture en tant que telle. Le combat est à mener en partie sur le groupe moteur propulseur parce que c'est ce que les gens voient et cetera, mais si on veut être efficace, ce n'est pas que là qu'on doit le mener. Quand pour faire une course de 24h, il vous faut 150 pneus.* » (X. Schène, communication personnelle, 17 février 2023).

Les pneus qui ne sont pas utilisés sont malgré tout transportés de circuit en circuit et font donc partie de la logistique qui est responsable d'une grande partie des émissions de gaz à effet de serre en sport automobile. En réduisant le nombre de pneus utilisés par week-end de course, il serait possible de réduire la quantité de déchets de pneus qui sont produits et qui ont un impact sur l'environnement, mais également de diminuer la quantité de matériel qui doit être transporté, dans l'objectif de réduire l'impact environnemental de la logistique.

La seconde recommandation serait d'interdire les couvertures chauffantes qui permettent de faire monter les pneus en température avant une course. En sport automobile, la température des pneus est cruciale pour obtenir une performance optimale sur la piste. Des pneus montés à température offrent une meilleure adhérence, une meilleure tenue de route et une réponse plus rapide de la voiture aux commandes du conducteur. En effet, lorsque les pneus sont froids, la gomme est plus dure et moins adhérente, ce qui peut entraîner des glissades ou un manque de traction.

Dans l'objectif de faire monter les pneus en température avant une course, pour que les pneus soient performants dès les premiers tours de roue, les équipes utilisent des couvertures chauffantes. Cette pratique est cependant très énergivore et produit une quantité importante de gaz à effet de serre.

Toutes les différentes sortes de pneus ont leurs spécificités et n'ont donc pas les mêmes besoins en termes de chauffe. Avant d'être installés, les pneus sont chauffés à une température de 70°C en Formule 1. Pendant la course, les pneus tendres de type "C5" fonctionnent efficacement lorsque leur température est comprise entre 85 et 115°C. Pour les pneus les plus durs de type "C1", leur température de fonctionnement optimale se situe entre 110 et 140°C.



Ortolé, G. (2022). Les équipes de F1 ne sont pas prêtes pour l'interdiction des couvertures chauffantes. *Motorsinside.com*. <https://www.motorsinside.com/f1/actualite/28917-les-equipes-de-f1-ne-sont-pas-pretes-pour-linterdiction-des-couvertures-chauffantes.html>

En endurance, en revanche, les pneus n'ont plus le droit d'être chauffés dès cette saison 2023, pour des raisons écologiques. Cela pose néanmoins des questions de sécurité puisque les pneus froids n'adhèrent que très peu à la piste et peuvent donc causer des accidents.

Cette recommandation n'influerait pas sur la logistique, qui reste le nerf de la guerre en sport automobile, mais elle permettrait de réduire les émissions de gaz à effet de serre sans investissement import. Les équipes devraient cependant adapter leur stratégie en termes de chauffe de pneus pour que les voitures restent performantes et qu'elles ne perdent pas trop d'adhérence lors des premiers tours de course.

Pour conclure, en réduisant le nombre de pneus utilisés par week-end de course et en interdisant les couvertures chauffantes qui permettent de faire monter les pneus en température, il serait possible de réduire l'impact environnemental des pneus en sport automobile.

5ème recommandation : Développer les compétitions e-sport

La dernière recommandation de ce mémoire consiste à remplacer certaines courses automobiles par des compétitions organisées en e-sport. L'e-sport désigne des compétitions de jeux vidéo en réseau local ou via Internet sur consoles ou ordinateurs. Les joueurs professionnels évoluent en individuel ou appartiennent à une équipe. (Futura-sciences, 2022). Les joueurs professionnels ou semi-professionnels s'affrontent durant des compétitions pour ainsi gagner des prix et des titres.

Le monde du sport automobile s'est étroitement lié à l'univers de l'e-sport ces dernières années. En raison de la crise sanitaire, le monde du sport automobile a été fortement touché, entraînant l'annulation d'évènements, de courses et de salons. Pour pallier à cette situation, les amateurs de vitesse se sont tournés vers les jeux vidéo, qui sont de plus en plus réalistes grâce aux nouvelles technologies employées dans les simulations de course automobile les plus récentes.

Certaines célèbres compétitions automobiles disposent déjà de leur version en e-sport. C'est par exemple le cas de la course des 24h du Mans qui a sa variante virtuelle avec les Le Mans Virtual Series qui réunit des pilotes de renom issus du monde réel ainsi que des champions de l'e-sport, avec la participation de véritables sponsors.

L'e-sport a été rendu possible grâce au développement des nouvelles technologies ainsi qu'à l'évolution des simulateurs désormais disponibles sur le marché. Les simulateurs les plus haut de gamme sont équipés de vérins qui permettent au siège baquet de s'incliner en fonction de la conduite (par exemple, en freinant, vous vous penchez vers l'avant et en tournant à gauche, vous penchez vers la gauche). Ils sont également dotés d'un pédalier et d'un volant, ainsi que d'un ou plusieurs écrans pour une vision panoramique allant jusqu'à 180 degrés. Tout est fait pour avoir une immersion totale dans la course. L'objectif est de se rapprocher le plus possible des sensations qu'on peut retrouver dans une véritable voiture de course.



Labbe, P. (2021). CXC Simulations : des simulateurs de pilotage en VR haut de gamme. *REALITE-VIRTUELLE.COM*. <https://www.realite-virtuelle.com/cxc-simulations-pilotage-vr/>

Selon Lucas Boever, directeur technique du RACB, l'e-sport automobile peut faire partie intégrante de l'avenir du sport automobile : « *L'enjeu, c'est de savoir comment travailler avec l'eSport plutôt que contre. De là en dépend la survie du sport auto et que les deux cohabitent. Pour moi, c'est ça. L'avenir le dira mais oui, je pense qu'il y a un truc à jouer là et ce serait dommage de s'en priver mais ce serait dommage aussi que le sport auto disparaîsse. Je pense que ça reste un vecteur intéressant pour les marques, pour les sponsors et cetera.* » (L. Boever, communication personnelle, 24 mars 2023).

Il explique également qu'il est important que les deux cohabitent : « *Faire en sorte que le sport auto ne disparaîsse pas totalement, ce qui serait dommage. Autant essayer d'utiliser l'eSport plutôt que de l'avoir contre soi en se disant 'mince, c'est un ennemi, il va nous remplacer'. Maintenant, l'écosystème du sport automobile, la Fédération internationale, bref tout le monde est déjà sur le coup, maintenant ça y est, ça commence. Il faut que tout le monde se dise 'bon, ce n'est pas un ennemi'. Ça doit être un allié, ça va être quelque chose qui nous aide ici à notre niveau et on essaie de faire des choses parce qu'on se dit que ça peut nous rapporter des licenciés et même si ce n'est que pour faire une course en ligne.* » (L. Boever, communication personnelle, 24 mars 2023).

Organiser certaines courses automobiles en e-sport permettrait de réduire les émissions de gaz à effet de serre de façon considérable. Le pôle logistique ne serait plus du tout comparable. Il n'y aurait plus lieu de transporter des dizaines de tonnes de matériel de circuit en circuit au fil des semaines. On n'aurait plus besoin de paddocks, de voitures, d'essence ou encore de pneus. De plus, les émissions de gaz à effet de serre qui sont directement liées à la voiture, telles que les gaz d'échappement, seraient également supprimées. L'impact positif sur l'environnement serait majeur.

Les compétitions d'e-sport peuvent être organisées de deux façons différentes. Elles peuvent être organisées en ligne, où les joueurs s'affrontent à distance via internet, ou en LAN, où les joueurs se réunissent physiquement pour jouer ensemble sur un réseau local. Dans le deuxième cas, il est alors nécessaire de prévoir un lieu capable d'accueillir ce genre d'évènement ainsi que de réunir tous les simulateurs nécessaires. Lorsque les compétitions sont organisées en LAN, il y a généralement du public, à l'instar de véritables courses automobiles, qui vont générer des retombées économiques.

En organisant les courses de façon virtuelle, les retombées économiques seront nettement affectées. Les retombées directes qui concernent habituellement l'activité économique générée par tous les acteurs de l'industrie du sport automobile comme les participants au sport automobile, les organes directeurs, les clubs locaux de sport automobile, les installations, les pistes et circuits, les évènements et les équipes seront pratiquement nulles.

Quant aux retombées indirectes qui proviennent par exemple des hôtels et restaurants utilisés par le public, elles seront réduites puisque le nombre de spectateurs n'est pas comparable à une course traditionnelle. Comme expliqué précédemment, si les courses sont organisées en LAN avec du public, il y aurait tout de même des retombées économiques, mais moindres comparées à une course traditionnelle.

Les retombées économiques des constructeurs automobiles seront également affectées par le manque de similitudes entre les voitures participant à des courses virtuelles et celles présentes au sein de leurs concessions automobiles. « Le sport automobile, c'est principalement un vecteur marketing des marques qui vendent des voitures. Est-ce qu'elles ont quelque chose à gagner à aller dans des championnats virtuels où elles ne construisent plus rien, où elles ne peuvent plus dire après 'vous voyez, c'est notre voiture qui a gagné, c'est la même technologie, les mêmes ingénieurs, elle a été développée dans le même centre d'études que la voiture qu'il y a dans le showroom que vous allez acheter' », explique le directeur technique du RACB. (L. Boever, communication personnelle, 24 mars 2023).

Les modèles économiques les plus répandus en e-sport sont la vente de produits dérivés, l'organisation d'évènements, les prix ainsi que le sponsoring et les partenariats qui sont les principales sources de revenus des équipes. Toutes disciplines confondues, le marché mondial de l'e-sport est estimé à plus de 1,4 milliard d'euros en 2022. (SiècleDigital, 2022).

En faisant cohabiter certaines courses automobiles traditionnelles avec des courses virtuelles, ces dernières pourraient attirer une nouvelle base d'audience vers le sport automobile, comme l'explique le directeur technique du RACB : « *Je pense vraiment que ça peut être en effet le futur aussi parce que c'est beaucoup plus accessible. On ne va pas se mentir, commencer en sport auto réel pour un jeune, c'est très difficile voire impossible. Commencer en e-sport, c'est un petit investissement. Donc là pour le coup, le sport auto a quelque chose à jouer et je pense que c'est au sport automobile lui-même de prendre les devants et de se dire 'ok, il y a un truc qui se joue, on peut en profiter parce que ça peut faire une base d'audience à récupérer pour notre sport'.* » (L. Boever, communication personnelle, 24 mars 2023).

Le sport automobile, pratiqué sous forme d'e-sport, n'apporterait pas que des éléments positifs. Comme le développe le directeur technique du RACB, il faut se questionner sur la fascination autour du e-sport automobile : « *Le tout est de nouveau de savoir qui regarderait une course d'eSport de 2h. Peut-être hein... Si c'est bien fait, si c'est chouette à voir.* » (L. Boever, communication personnelle, 24 mars 2023). Pour les spectateurs, le ressenti des sensations n'est pas comparable au fait de vivre une course mythique depuis les gradins avec le bruit et les vibrations que génèrent les voitures de course. Du côté des pilotes, les simulateurs essaient de se rapprocher le plus possible des sensations de conduite.

Pour conclure, l'organisation de certaines courses automobiles sous forme virtuelle permettrait de réduire de façon importante les émissions de gaz à effet de serre de la discipline. En remplaçant certaines courses par une variante en e-sport, la logistique serait presque réduite à néant, ce qui réduirait l'impact négatif qu'elle a sur l'environnement.

5.2. Plan de communication des instances du sport automobile

Au-delà de toutes ces recommandations qui pourraient, à terme, avoir un impact positif sur l'empreinte carbone du sport automobile, les instances du sport automobile devraient communiquer davantage ! De manière préventive, les organes régisseurs du sport automobile tels que la Fédération Internationale de l'Automobile devraient lancer une campagne de communication pour expliquer que le sport automobile sera neutre en carbone d'ici 2035, par exemple.

Il serait nécessaire de communiquer sur le fait que les progrès sont en cours, qu'ils y travaillent activement. Une façon évidente de prouver leur engagement, ce sont les recommandations ainsi que les modifications qui verront bientôt le jour. L'objectif est d'avoir une communication en béton. Il est important d'expliquer qu'ils y travaillent et qu'ils vont y arriver. Le bilan carbone du sport automobile n'est pas un aspect qui est négligé, loin de là.

Il est également essentiel de communiquer sur le fait que le sport automobile est au service de la voiture de Monsieur et Madame tout le monde. Une grande partie des innovations que l'on voit débarquer sur les voitures grand public provient des voitures de course.

Il est capital que les différentes instances du sport automobile communiquent davantage sur les objectifs qu'ils se fixent et qu'ils prouvent que ces objectifs seront atteints. L'objectif de ce plan de communication est de sensibiliser au maximum. Il est crucial qu'ils démontrent que réduire l'empreinte carbone des compétitions automobiles soit devenue leur priorité !

5.3. Prise de recul sur les recommandations

Pour les différentes recommandations de ce mémoire, l'exemple de la Formule 1 a souvent été pris parce que comme l'expliquait le directeur général du Royal Automobile Club de Belgique durant notre rencontre, les modifications et nouveautés sont souvent appliquées à la catégorie reine de la compétition automobile, et puis ça « cascade down » sur les autres disciplines du sport automobile.

L'aspect le plus néfaste pour l'environnement au sein du sport automobile reste la logistique. Il semble évident que c'est à ce niveau-là que différentes recommandations doivent être prises. Les changements souhaités en logistique sont extrêmement compliqués à mettre en place et vont au-delà de la discipline du sport automobile. Il n'existe pour l'instant pas de solutions concrètes et réalisables pour faire baisser de façon drastique les émissions de gaz à effet de serre des Boeing 747 qui consomme 12.000 litres par heure. (TravelGuys, 2021).

La recommandation la plus pertinente pour réduire l'impact néfaste qu'a la logistique serait, comme expliqué précédemment dans ce chapitre, de réorganiser le calendrier des courses. Il existe beaucoup de contraintes qui empêchent une refonte du calendrier. Tout est une question de contrats. Ceux-ci sont signés des années à l'avance et la date est vendue à celui qui paiera le plus cher. Comme l'expliquait le directeur technique de RACB : « *Ces contrats, ils ne les choisissent pas en fonction de (et ça nous arrangerait bien) 'ça, c'est le plus proche, comme ça on doit être plus écologique' mais 'ça, ça nous arrangerait bien parce que lui, il nous donne 2 fois plus si on vient chez lui que le pays d'à côté'.* » (L. Boever, communication personnelle, 24 mars 2023). Dans énormément de sport, et la Formule 1 n'échappe pas à la règle, l'argent régit bien des choses. Il est donc très compliqué de modifier le calendrier d'une discipline comme la Formule 1 pour réduire l'empreinte carbone du sport automobile.

5.4. Conclusion intermédiaire chapitre 5

- Regrouper les différentes compétitions automobiles internationales comme la Formule 1, par continent, permettrait de réduire l'impact néfaste qu'a la logistique sur l'environnement. En regroupant les différentes courses par continents, il serait de diminuer de façon drastique le nombre de kilomètres qui sont parcourus sur une seule saison.
- Pour les Grands Prix qui ont lieu en Europe, l'idée serait d'utiliser des camions à hydrogène pour les transports qui sont effectués par la route entre les différents circuits européens. Le parc de camions à hydrogène n'est encore que peu développé, mais la Commission européenne a pour objectif de faire circuler 60 000 camions à hydrogène sur les routes d'ici à 2030 dans le cadre de sa nouvelle stratégie de mobilité durable. Si l'hydrogène est produit de façon durable, cela peut s'avérer être une bonne solution pour réduire l'impact environnemental routier.
- La Formule E a vu le jour en 2014 pour prôner la durabilité au sein du sport automobile. La discipline fait cependant face, depuis quelques années, à des soucis de popularité. Les problèmes liés au format et à l'essoufflement de l'admiration de la nouveauté sont des soucis complexes à résoudre. Il est important que la Formule E parvienne à résoudre ces problèmes pour qu'elle puisse remplir le rôle pour laquelle la compétition a été créée, qui est de prôner la durabilité au sein du sport automobile.
- Les pneumatiques sont un autre élément sur lequel il est possible d'agir pour réduire l'empreinte carbone des compétitions automobiles. Il serait possible d'agir sur leur impact en réduisant le nombre de pneus alloués à chaque pilote pour les différentes courses automobiles ainsi que d'interdire la chauffe des pneus à l'aide de couvertures chauffantes avant les courses.
- L'e-sport pourrait avoir un impact très positif sur l'empreinte carbone des compétitions automobiles. En remplaçant certaines courses par une variante en e-sport, la logistique serait presque réduite à néant, ce qui réduirait l'impact négatif qu'elle a sur l'environnement. Il n'y aurait plus besoin de rassembler des dizaines de tonnes de matériel et de voitures aux 4 coins du globe pour voir s'affronter des pilotes professionnels et semi-professionnels.

Conclusion générale

En conclusion de ce mémoire, il est désormais temps de prendre du recul sur le vaste sujet du sport automobile face aux enjeux écologiques. Afin de répondre à la question de recherche qui est comment préparer le sport automobile à la transition écologique, une série de recommandations ont été faites dans le 5^e et dernier chapitre.

Une non-recommandation

Il serait possible de pousser les recommandations encore plus loin, de pousser le raisonnement jusqu'à l'absurde. La question qu'il faudra alors se poser sera d'évaluer la pertinence de ces différentes recommandations.

Lors de l'organisation d'une compétition automobile, les spectateurs se déplacent souvent en nombre, que ce soit pour des courses d'endurance comme les 24H du Mans ou encore des compétitions de monoplaces telles que la Formule 1. C'est souvent lors de ces dernières que le public est le plus présent. Lors de l'édition 2022 de l'épreuve mancelle, ce sont près de 250.000 personnes qui ont fait le déplacement dans la Sarthe. (AutoHebdo, 2022). Du côté de la catégorie reine du sport automobile F1, ce sont 10 courses qui ont attiré plus de 300.000 spectateurs, dont 3 qui en ont attiré plus de 400.000. (MotorSport, 2022).

Les spectateurs peuvent générer de la pollution une fois qu'ils sont arrivés sur les abords des circuits. Les activités liées aux évènements peuvent entraîner une augmentation de la consommation d'énergie et de ressources naturelles, ainsi qu'une production accrue de déchets. Les spectateurs vont avoir tendance à consommer davantage lors d'évènements de grande ampleur comme les courses automobiles. Le tourisme lié aux compétitions automobiles est également générateur de gaz à effet de serre.

Malgré la pollution générée par les spectateurs aux abords des circuits ainsi que dans la région pour le tourisme, les hôtels et restaurants, la plus grosse part d'émissions de gaz à effet de serre générés par les spectateurs provient du transport pour se rendre jusque dans les villes qui hébergent ces courses automobiles.

Comme expliqué précédemment, ce sont des centaines de milliers de spectateurs qui font le déplacement à chaque manche du Championnat du Monde de Formule 1. Ces trajets sont parfois effectués en train ou en bus, moyen de locomotions parmi les moins néfastes pour l'environnement.

D'autres, venant de plus loin, privilégient l'avion pour se déplacer jusqu'aux circuits, mais ce moyen de locomotion est davantage utilisé par les équipes et journalistes et n'est que peu utilisé par les spectateurs lambda. La majorité des trajets des spectateurs pour se rendre jusqu'aux circuits s'effectue en voiture.

Les trajets effectués en voiture génèrent une quantité importante de gaz à effet de serre provenant des pots d'échappement des différentes voitures. Faisons une petite estimation rapide de la pollution générée. Si l'on considère que les circuits accueillent en moyenne 100.000 spectateurs par Grand Prix et que tout le monde ne vient pas seul dans sa voiture, ce sont près de 50.000 voitures qui font le déplacement. Si l'on considère qu'un spectateur parcourt en moyenne 200 km pour se rendre de son domicile jusqu'au circuit et que leurs voitures consomment en moyenne 7 litres / 100 km, ce sont près de 700.000 litres de carburants qui sont brûlés dans le cadre des trajets des spectateurs pour se rendre jusqu'aux abords des circuits à chaque Grand Prix de Formule 1.

Si l'objectif est de décarboner les compétitions automobiles, la recommandation, si elle devait être poussée à l'extrême, serait d'organiser des Grands Prix sans spectateurs. Une organisation de ce type aurait énormément de conséquences positives sur l'empreinte carbone du sport automobile. Les émissions de gaz à effet de serre seraient réduites de façon importante, et ce, pour plusieurs raisons.

Toute la pollution liée à l'organisation et à l'accueil des spectateurs serait réduite à néant. Cela comprend la suppression du « village ». Sur les circuits automobiles, les villages sont des zones qui regroupent des restaurants, des bars, des boutiques temporaires et une variété d'activités et d'animations. Ils ont pour but d'occuper et d'animer les fans durant un week-end de course. Ces espaces, situés à proximité des circuits, sont à l'origine d'une partie conséquente de la pollution totale et ont donc un impact négatif sur l'environnement.

La plus grande proportion des émissions de gaz à effet de serre liés aux spectateurs provient du trajet que ceux-ci effectuent pour rejoindre le circuit. Que ce soit la voiture, le bus ou l'avion, ces moyens de locomotion génèrent une quantité importante de gaz à effet de serre. En organisant les Grands Prix à huis clos, les émissions de particules fines liées à la venue ou à la présence des spectateurs seraient réduites à zéro.

Forcément, supprimer la présence du public sur des événements d'une telle envergure n'induit pas que des changements positifs. La première modification concerne le « spectacle » directement. On a pu l'observer durant les événements sportifs organisés à huis clos durant la crise du CoVid-19, l'engouement n'est en rien comparable avec un événement qui a lieu devant des dizaines de milliers de personnes, mais cet aspect ne concerne que l'aspect sportif.

D'un point de vue économique, l'organisation d'évènements d'envergure tels que des Grands Prix de Formule 1 sans public n'est pas quelque chose de viable. Le sport automobile génère annuellement près de 160 milliards d'euros de revenus à travers le monde. Cette somme impressionnante est en partie liée aux spectateurs qui paient pour participer aux évènements et qui consomment aux abords du circuit. Ces mêmes spectateurs sont aussi à l'origine de retombées économiques indirectes grâce au tourisme notamment. Par exemple, lorsque ceux-ci se déplacent pour assister à des évènements automobiles, cela stimule l'activité touristique et les dépenses dans les établissements de restauration et les hôtels.

Pour conclure, organiser des Grands Prix de Formule 1 sans spectateurs permettrait de réduire de façon considérable les émissions de gaz à effet de serre générées par le sport automobile, mais ce ne serait pas viable puisqu'ils n'y plus de retombées économiques qui permettent de financer les compétitions automobiles ainsi que ceux qui travaillent à l'organisation de ce genre d'évènements.

Évolution des technologies

Dans le sport automobile en général, de très nombreux progrès ont été faits pour réduire l'empreinte carbone des voitures de course. La catégorie où ceux-ci sont les plus notables est, assez logiquement, la Formule 1 qui est la catégorie reine du sport automobile.

Comme expliqué durant les chapitres précédents, les moteurs de Formule 1 ont énormément évolué. À l'heure actuelle, les monoplaces ne consomment plus qu'une infime partie du carburant qu'elles consommaient lors de la genèse de la catégorie. Il y a à peine plus de 10 ans, en 2010, les voitures de Formule 1 consommaient environ 80 litres aux 100 km. Celle-ci est désormais réduite à 45 litres aux 100 km, ce qui peut paraître peu au regard de la puissance. (Red Bull, 2022). En d'autres termes, la consommation des monoplaces de Formule 1 a presque été réduite de moitié en 10 ans. Leur consommation était encore bien plus importante lorsque les monoplaces étaient équipées de moteurs 12 cylindres.

Les monoplaces sont, à l'heure actuelle, tellement abouties qu'il serait compliqué d'encore y apporter de nombreuses modifications dans le but de réduire leur consommation de carburant. Les moteurs de Formule 1 sont parmi les moteurs avec le meilleur rendement au monde. De façon simplifiée, le rendement d'un moteur fait référence à son efficacité durant le processus de transformation de l'énergie chimique qu'il reçoit en énergie mécanique. (Vroomly, s. d.).

Comme l'a expliqué Lucas Boever, directeur technique au Royal Automobile Club de Belgique, durant notre rencontre : « *On ne se rend pas compte, mais les moteurs thermiques actuels, on les connaît sur le bout des doigts, c'est une technologie qui a plus que 50 ans peut-être, qui a 100 ans maintenant. Elle est optimisée au maximum. Les moteurs de formule 1 sont les moteurs qui ont le meilleur rendement sur la planète. Donc ce seraient peut-être même les moteurs les plus verts qui existent techniquement pour l'instant si on le voyait comme ça.* » (L. Boever, communication personnelle, 24 mars 2023).

Le sport automobile joue un rôle essentiel dans le développement des technologies qui se retrouvent dans les voitures de monsieur tout le monde. Les courses automobiles de haut niveau sont des laboratoires vivants où les constructeurs et les ingénieurs testent et repoussent les limites de l'ingénierie automobile. Le sport automobile favorise l'innovation et la recherche de performances optimales. Les avancées techniques développées pour améliorer la vitesse et la sécurité des voitures de course se retrouvent souvent dans les modèles grand public. La compétition automobile est également un véritable terrain de jeu pour les nouvelles technologies.

Le sport automobile contribue également à la recherche et au développement de technologies plus respectueuses de l'environnement. Avec l'accent mis sur la durabilité et l'efficacité énergétique, les constructeurs automobiles s'efforcent de réduire l'empreinte carbone de leurs véhicules. Les courses automobiles ont été le moteur de nombreuses avancées dans le domaine des moteurs hybrides et électriques, des carburants alternatifs et des systèmes de récupération de l'énergie.

Comme développé au cours des chapitres précédents, de nombreuses technologies que l'on retrouve au sein du secteur automobile ont vu le jour en sport automobile. Au cours de l'histoire, ces innovations ont joué à un rôle primordial au sein du secteur automobile. Le sport automobile a permis, au fil des années, de devenir de plus en plus aboutie pour devenir la voiture que l'on rencontre désormais sur nos routes.

Parmi les exemples les plus marquants de technologies issues du sport automobile qui ont fait leur apparition dans la voiture du citoyen lambda, on retrouve notamment Systèmes de récupération d'énergie, l'ABS, les freins à disque, les phares LED, les systèmes de transmission intégrale ainsi que les suspensions adaptatives.

En conclusion, les voitures de course actuelles sont tellement abouties qu'il serait compliqué de diminuer de façon significative leur empreinte carbone. Le rendement de leurs moteurs est proche de la perfection. En Formule 1, les émissions de gaz à effet de serre provenant des voitures ne représentent que 0,7 % des émissions totales. On peut donc en déduire que les voitures sont déjà très optimisées et qu'il existe d'autres aspects à améliorer en priorité, quand l'objectif est de réduire les impacts néfastes du sport automobile sur l'environnement.

La paille et la poutre

Comme expliqué et analysé au cours de ce mémoire, l'empreinte carbone du sport automobile n'est pas néfaste pour l'environnement à cause des voitures de course qui roulent à vive allure sur des circuits. Ce n'est qu'une infime proportion de l'empreinte carbone du sport automobile qui est lié à la pollution des voitures directement. Dans le cas de la catégorie reine du sport automobile, les voitures ne représentent que 0,7 % des émissions de gaz à effet de serre. Mais à quoi est donc liée la majeure partie des émissions de gaz à effet de serre des compétitions automobiles ? La réponse tient en un mot : la logistique.

Cela fait tant d'années que les progrès et innovations concernent les voitures, mais il n'y a pas que cela. La logistique, en sport automobile, a un impact désastreux sur l'environnement. Pour rappel, elle est responsable de plus de plus 72 % des émissions de gaz à serre de la Formule 1.

Il est crucial de comprendre que des avancées considérables doivent être réalisées en matière de logistique pour réduire les émissions de dioxyde de carbone dans l'atmosphère. La logistique joue un rôle essentiel dans l'aspect durable ou non des compétitions automobiles qui ont lieu à travers le monde.

Si l'on se met à comparer la pollution générée par la logistique et celle des voitures de course comme les monoplaces de Formule 1 par exemple, on se rend rapidement compte que les chiffres ne sont pas comparables et qu'il ne s'agit pas de la même échelle.

À titre anecdotique, au cours d'une saison complète, les 20 monoplaces de Formule 1 consommeraient approximativement 150 000 litres de carburant, ce qui équivaut à la quantité de carburant utilisée par un Boeing 747 lors d'un vol de dix heures. (Motors Inside, 2022). En effet, un Boeing 747 consomme près de 15.000 litres de carburant par heure de vol. Il est important de noter que La FOM (Formula One Management) affrète chaque année une flotte de six Boeing 747 qui transportent les châssis, les moteurs, ainsi que d'autres équipements de circuit en circuit. (Red Bull, 2021).

Comme l'explique Lucas Boever, les voitures sont déjà tellement optimisées et il serait plus efficace de s'attaquer à la logistique si l'objectif est de réduire l'empreinte carbone du sport automobile : « *Je crois même que la voiture est le dernier maillon de la chaîne. C'est celui sur lequel il est le plus facile de faire de la « com », mais c'est peut-être celui sur lequel il y a entre guillemets le moins à gagner et où le rapport coût du changement versus impact écologique est peut-être le plus faible. En effet, il y aurait tellement plus à gagner à travailler sur la logistique.* » (L. Boever, communication personnelle, 24 mars 2023).

En conclusion, on est donc en mesure d'affirmer que la Formule 1 se trompe certainement de combat. La logistique est responsable de la majorité des émissions de gaz à effet de serre en sport automobile et c'est sur cet aspect qu'il faut travailler pour rendre la discipline plus respectueuse de l'environnement. La question qu'il faut dès lors se poser, et qui sera abordée dans la prochaine partie, est de savoir si le problème de la logistique très polluante est également présent au sein des autres évènements sportifs tels que le Tour de France ou une Coupe du monde de football.

Comparaison avec d'autres sports

Après ces différentes recherches et analyses, on peut désormais affirmer que la pollution d'un sport n'est pas forcément liée à l'activité en tant que telle, mais est généralement causée pour toute la logistique que cela implique. Le sport automobile, malgré l'utilisation de voitures de course, n'est donc pas plus polluant que d'autres sports, plus verts d'apparence.

Le sport automobile mondial est une discipline très polluante. La Formule 1 émet chaque année près de 260.000 tonnes de dioxyde de carbone. Il est désormais temps de comparer les émissions de gaz à effet de serre de compétitions telles que la Formule 1 avec d'autres compétitions et évènements sportifs, d'apparences moins néfastes pour l'environnement.

Les dernières éditions de la Coupe du Monde de football, sont de loin, les évènements sportifs les plus polluants et néfastes pour l'environnement. Pour la dernière édition qui a eu lieu au Qatar fin 2022, la FIFA estime que l'évènement a émis 3,6 millions de tonnes de CO₂. (Carbon Literacy, 2023). Comme expliqué à la fin du 4^e chapitre de ce mémoire, ce chiffre est sous-estimé et pourrait dépasser les 5 millions de tonnes de CO₂, selon plusieurs ONG. (Carbon Market Watch, 2022). Plus de la moitié des émissions de dioxyde de carbone estimées serait liée aux déplacements (1,9 million de tonnes de CO₂) et à l'hébergement (728.403 tonnes de CO₂) des participants aux matchs au Qatar, y compris le grand public, les officiels et le personnel.

Contrairement à une saison de Formule 1, la Coupe du Monde de football n'a lieu que tous les 4 ans. Si l'on devait rapporter les émissions liées à la dernière édition (3,6 millions de tonnes de CO₂) par année, la Coupe de Monde émettrait plus de 3,5 fois plus de dioxyde de carbone qu'une saison de la catégorie reine du sport automobile. À titre anecdotique, la FIFA a même décidé que la prochaine Coupe du Monde de football passerait de 32 à 48 équipes, ce qui risque d'avoir une incidence négative sur son bilan carbone. (BBC, 2022).

Pour rester dans le football, qui est le sport le plus populaire au monde, on estime que l'industrie mondiale du football produit plus de 30 millions de tonnes de dioxyde de carbone chaque année, ce qui équivaut aux émissions totales du Danemark. (Carbon Literacy, 2023).

Les Jeux olympiques sont, à l'instar de la Coupe du Monde de Football, un évènement d'ampleur mondiale. Les Jeux olympiques attirent des foules immenses de spectateurs venant du monde entier pour célébrer les prouesses athlétiques. Cette immense popularité engendre une empreinte écologique considérable, avec une pollution notable due aux infrastructures temporaires, aux transports massifs et à la consommation énergétique intense. Les estimations des émissions de CO₂ de la dernière édition sont biaisées puisque celle-ci a eu lieu en pleine crise sanitaire, avec anormalement peu de spectateurs. Il est donc nécessaire de se baser sur les estimations de Jeux olympiques de 2016 qui ont eu lieu à Rio. Le bilan carbone des Jeux olympiques de Rio est de 3,5 millions de tonnes CO₂. (Wedemain, 2021). Ce chiffre est comparable aux 3,6 millions de tonnes de CO₂ émis par une Coupe du Monde de football et est donc bien supérieur à la pollution générée par la Formule 1.

Un autre évènement majeur dans le monde du sport est le Tour de France. Environ 200 coureurs cyclistes, des centaines de voitures suiveuses, des camions techniques pour assurer la sécurité, les secours et la presse, des bus qui parcourent des milliers de kilomètres tout au long de la "Grande Boucle", des hélicoptères, des avions, sans oublier les 10 à 12 millions de spectateurs qui se déplacent en camping-cars ou en voitures pour admirer la course le long des routes : l'impact environnemental du Tour de France est considérable. L'ASO, l'organisateur du Tour de France, estime que l'édition 2021 a généré environ 216 000 tonnes de CO₂, soit légèrement moins que ce qui est émis lors d'une saison complète de Formule 1, même si le Tour de France ne dure que 3 semaines. (Letour, s.d.).

Après analyses, il est donc aisé d'affirmer que les émissions carbone d'une discipline ou compétition sportive ne sont pas uniquement liées à la pratique en tant que telle. La Formule 1, prise en exemple dans ce cas-ci, n'émet pas 260.000 tonnes de CO₂ parce que la discipline consiste à faire tourner des voitures en rond. Même les sports basés sur l'utilisation d'un vélo ou d'un ballon produisent énormément de CO₂. La Formule 1 n'est pas le pire élève en termes d'émissions de gaz à effet de serre, loin de là.

Et après ?

De nombreux détracteurs souhaitent mettre fin aux compétitions automobiles en raison des voitures qu'ils estiment trop polluantes. Allons-nous connaître la disparition de la Coupe du Monde, des Jeux olympiques ainsi que du Tour de France pour des raisons environnementales ? Je ne pense pas.

Le sport automobile, comme tous les autres sports, est un loisir. Les loisirs, tels que le sport, ne sont pas voués à disparaître. Cela fait des milliers d'années que le sport existe. Les Hommes ont depuis toujours fait des courses de vitesse. Les formes de cette compétition ont évolué au cours de l'histoire, mais elles se sont sans cesse adaptées quand cela s'est avéré nécessaire ou qu'une nouvelle technologie a vu le jour.

Pour imaginer ce que sera le sport automobile dans le futur, il est important de distinguer le court du long terme. À court terme on peut imaginer que différentes modifications verront le jour, telles que les recommandations présentées dans le cadre de ce mémoire. En ce qui concerne le sport automobile à long terme, il est plus difficile d'imaginer comment il évoluera.

Personnellement, après la réalisation de ce mémoire, je suis convaincu que le sport automobile s'adaptera au sens de l'histoire et fera tout pour atteindre la neutralité carbone à court terme. Les carburants de synthèse vont prendre une place importante dans le sport automobile. Les instances du sport automobile ont déjà initié des actions concrètes dans le but d'atteindre la neutralité carbone d'ici 2035.

Une chose est sûre, les courses de vitesse ont toujours existé et la passion qui est à la base du sport automobile n'est pas près de s'essouffler !

Bibliographie

Aebi, B. (2020). La vie d'un directeur de course vu par Jean-Thierry Vacheron. *Sport-Auto.ch*.
<https://sport-auto.ch/la-vie-dun-directeur-de-course-vu-par-jean-thierry-vacheron/>

Angleviel, G. (2021). *La F1 explique son prochain carburant 100 % durable*. France Racing.
<https://franceracing.fr/f1/la-f1-explique-son-prochain-carburant-100-durable/#:~:text=La%20Formule%201%20introduira%20une,les%20moteurs%20pour%20les%20utiliser>

Auto journal. (s. d.). *La puissance des F1, toute une histoire*. Auto Journal. Consulté le 28 mars 2023, à l'adresse
<https://www.autojournal.fr/?s=La+puissance+des+F1%C2%A0+toute+une+histoire>

Auto Moto info magazine. (2023). Qu'est-ce que l'ERS en F1 ? *Info-auto-moto*.
<https://www.info-auto-moto.fr/qu-est-ce-que-ers-en-f1/>

AutoHebdo. (2022). 24 Heures du Mans 2022 : découvrez les chiffres des médias. *AutoHebdo*.
<https://www.autohebdo.fr/actualites/endurance/24-heures-du-mans/24-heures-du-mans-decouvrez-les-chiffres-des-medias.html#:~:text=Apr%C3%A8s%20deux%20%C3%A9ditions%20disput%C3%A9es%20dans,les%20diff%C3%A9rents%20supports%20digitaux>

Automobile Club de l'Ouest. (2018). Les chiffres mythiques des 24 Heures du Mans. Dans *Lamans.org*.

Automobile Club de l'Ouest. (2022a). Les 24 Heures du Mans lancent leur Green Ticket. *24h-lemans.com*.
<https://www.24h-lemans.com/fr/actualites/les-24-heures-du-mans-lancent-leur-green-ticket-56291>

Automobile Club de l'Ouest. (2022b). Les 24 Heures du Mans vers la neutralité carbone en 2030. *lemans.org*. <https://www.lemans.org/fr/actualites/aco/les-24-heures-du-mans-vers-la-neutralite-carbone-en-2030-56631>

AVÉQ. (2015). *Les voitures de Formule-E sont rechargés grâce à des génératrices à glycérine*. AVÉQ - Association des Véhicules Électriques du Québec. <https://www.aveq.ca/actualiteacutes/les-voitures-de-formule-e-sont-recharges-grace-a-des-generatrices-a-glycerine#:~:text=Les%20g%C3%A9n%C3%A9rateurs%20aquafuel%20produisent%2042,grammes%20de%20NOx%20est%20%C3%A9vit%C3%A9e>

Aya. (2019). *Relation entre sport automobile et environnement*. Retro-actifs. <https://retro-actifs.com/relation-entre-sport-automobile-et-environnement/>

Blin, A. (2023). Logistique de la Formule 1. *LogTech.news*. <https://logtech.news/logistique-formule1-fonctionnement/>

BMW. (s. d.). Ce qu'il faut savoir sur la voiture à hydrogène | BMW.com. *BMW.com*. Consulté le 3 mars 2023, à l'adresse <https://www.bmw.com/fr/innovation/voiture-a-hydrogène.html>

Boever, L. (2023, 24 avril). Directeur technique du Royal Automobile Club de Belgique. [Entretien]. Woluwe-Saint-Lambert

Borzakian, M., & Ferez, S. (2010). L'invention du Grand prix automobile : constitution et autonomisation du sport automobile dans l'entre-deux-guerres. *Sciences sociales et sport*, 3(1), 107. <https://doi.org/10.3917/rsss.003.0107>

C, A. (2019). En F1, la logistique pollue énormément, les moteurs quasiment pas. *Nextgen-Auto.com*. <https://motorsport.nextgen-auto.com/fr/formule-1/en-f1-la-logistique-pollue-enormement-les-moteurs-quasiment-pas,143859.html>

C, A. (2022). 50 % du public sur les circuits a vu son premier GP de F1 en 2022. *Nextgen-Auto.com*. <https://motorsport.nextgen-auto.com/fr/formule-1/50-du-public-sur-les-circuits-a-vu-son-premier-gp-de-f1-en-2022,176676.html>

Carboneutre. (2020). *L'empreinte carbone de la course automobile*. <https://www.carboneutre.ca/empreinte-carbone-de-la-course-automobile/>

CEA. (2021). *Carburants de synthèse : une solution pour la mobilité durable ?* CEA/Presse & Médias. <https://www.cea.fr/presse/Pages/actualites-communiques/energies/decryptage-carburants-synthese.aspx>

Chervy, M. (2022). *TotalEnergies passe le FIA WEC au carburant 100 % renouvelable en 2022*. Flottes Automobiles. <https://www.flotauto.com/totalenergies-carburant-renouvelable-20220316.html>

Cimino, C. (2022). *eSport : un marché qui attire mais qui ne rapporte pas suffisamment* ? *Siècle Digital*. <https://sieceldigital.fr/2022/12/02/esport-un-marche-qui-attire-mais-qui-ne-rapporte-pas-suffisamment/>

Consultancy. (2021). *Motorsports generates € 160 billion in revenues globally*. *Consultancy.uk*. <https://www.consultancy.uk/news/28542/motorsports-generates-160-billion-in-revenues-globally#:~:text=Motorsports%20generates%20%E2%82%AC160%20billion%20in%20revenues%20globally>

Cy-clope. (2022). *Quels sont les trois piliers du développement durable* ? Cy-Clope.com. <https://cy-clope.com/piliers-developpement-durable/#:~:text=Le%20premier%20pilier%20du%20d%C3%A9veloppement,mais%20en%20collaboration%20avec%20eux>

Davoust, M. (2022). En Sarthe, pourquoi ce collectif veut dire « stop » aux 24 Heures du Mans | Actu Le Mans. *actu.fr*. https://actu.fr/pays-de-la-loire/le-mans_72181/en-sarthe-pourquoi-ce-collectif-veut-dire-stop-aux-24-heures-du-mans_54930637.html

Dubois, Q. (2021). *Les 24 Heures du Mans 2021 en quelques chiffres*. AutoHebdo. <https://www.autohebdo.fr/breves/endurance/les-24-heures-du-mans-2021-en-quelques-chiffres.html>

Duperrin, B. (2021). Combien de carburant consomme un avion ? *TravelGuys*. <https://www.travelguys.fr/2021/08/24/combien-de-carburant-consomme-un-avion/>

EY Parthenon. (2021). A report on the global contribution of motor sport to economy and community development. Dans *Fédération Internationale de l'Automobile*.

Fédération Internationale de l'Automobile. (s. d.). FIA. Consulté le 16 février 2023, à l'adresse <https://www.fia.com/>

Ferret, O. (2021). Pourquoi le calendrier de la F1 n'est pas mieux réparti géographiquement ? *Nextgen-Auto.com*. https://motorsport.nextgen-auto.com/fr/formule-1/pourquoi-le-calendrier-de-la-f1-n-est-pas-mieux-reparti-geographiquement_164393.html

Ferrisi, M. (2021). Formule E : concilier sport automobile et développement durable, c'est possible ? *Ecolosport*. <https://ecolosport.fr/blog/2021/07/25/formule-e-concilier-sport-automobile-et-developpement-durable/>

FFSA. (s. d.). *Fonctions*. Consulté le 25 février 2023, à l'adresse <https://www.ffsa.org/univers/ffsa/vie-f%C3%A9d%C3%A9rale/encadrer/fonctions>

FIA. (s. d.). *Catégories - FIA World Endurance Championship*. FIAWEC. Consulté le 4 février 2023, à l'adresse <https://www.fiaawec.com/fr/classes/32#:~:text=Elle%20est%20ouverte%20%C3%A0%20la,Hypercar%20%C3%A0%20partir%20de%202021>

FIA. (2017). Action for environment. Dans *Fédération Internationale de l'Automobile*.

FIA. (2019). *En piste vers un avenir plus durable*. Federation Internationale de l'Automobile. <https://www.fia.com/fr/news/en-piste-vers-un-avenir-plus-durable>

FIA. (2020). FIA environmental strategy 2020-2030. Dans *Fédération Internationale de l'Automobile*.

FIA. (2021a). FIA environmental accreditation programme. Dans *Fédération Internationale de l'Automobile*.

FIA. (2021b). *La FIA atteint la neutralité carbone et obtient la certification ISO 14001 : 2015 en 2021 conformément à sa stratégie environnementale*. Federation Internationale de l'Automobile. <https://www.fia.com/fr/news/la-fia-atteint-la-neutralite-carbone-et-obtient-la-certification-iso-140012015-en-2021>

FIA. (2021c). *La FIA présente une étude mondiale sur l'impact économique et social du sport automobile*. Federation Internationale de l'Automobile. <https://www.fia.com/fr/news/la-fia-presente-une-etude-mondiale-sur-l-impact-economique-et-social-du-sport-automobile>

FIA. (2022a). FE season 8 sustainability report. Dans *Fédération Internationale de l'Automobile*.

FIA. (2022b). FIA ENVIRONMENTAL REPORT JUNE 2022. Dans *Fédération Internationale de l'Automobile*.

FIA. (2022c). *Sports panel at COP27 features leaders from electric motorsport world*. Federation Internationale de l'Automobile. <https://www.fia.com/news/sports-panel-cop27-features-leaders-electric-motorsport-world>

Fiévet, C. (2021). Ecologique, sans humains ou dans les airs. . . Quel avenir pour la course automobile ? Clubic.com. <https://www.clubic.com/mag/transport/actualite-364044-ecologique-sans-humains-ou-dans-les-airs-quel-avenir-pour-la-course-automobile-.html>

Formula One Group (FWONK) - Revenue. (s. d.). Companiesmarketcap. Consulté le 22 mars 2023, à l'adresse <https://companiesmarketcap.com/formula-one-group/revenue/>

Formula One Management. (2021). Environmental sustainability F1. Dans *Fédération Internationale de l'Automobile*.

GOUYETTE, P.-A. (2022). *24 Heures du Mans*. « *Ce sera l'édition la plus verte de l'histoire* », affirme l'organisation. Ouest France. <https://www.ouest-france.fr/sport/24-heures-du-mans/24-heures-du-mans-ce-sera-l-edition-la-plus-verte-de-l-histoire-affirme-l-organisation-3746727c-de5d-11ec-8004-b79acaead9a5>

GP Racing. (2021). La vérité gênante derrière la politique anti-plastique de la F1. *Motorsport*. <https://fr.motorsport.com/f1/news/verite-genante-politique-anti-plastique-f1/6626804/>

Guidehouse Insights. (2021). The environmental and social benefits of electric motorsport. *Forbes*. <https://www.forbes.com/sites/guidehouse/2021/02/18/the-environmental-and-social-benefits-of-electric-motorsport/?sh=38fd59075094>

Guilmeai, M. (2018). *Supprimer le MGU-H est « un pas en arrière »* . France Racing. <https://franceracing.fr/f1/supprimer-le-mgu-h-est-un-pas-en-arriere/#:~:text=Andy%20Cowell%20directeur%20de%20la,%2C6L%20reste%20d'actualit%C3%A9>

Guthmann, E. (2021). L'industrie automobile en Allemagne se transforme. *CCI France Allemagne*. <https://www.se-developper-en-allemagne.fr/l-industrie-automobile-en-allemagne-se-transforme/>

Harding, J. (2022). How much longer can Formula One drive to survive ? *dw.com*. <https://www.dw.com/en/how-much-longer-can-formula-one-drive-to-survive/a-59722750>

Hauet, J., & Lacire, S. (2022). Hydrogène et transport de marchandises par camions. *Réalités industrielles*, Août 2024(4), 94-100. <https://doi.org/10.3917/rindu1.224.0094>

Ingrassia, C. (2022). Moteur F1 2026 : tous les changements détaillés. *F1 Only*. <https://f1only.fr/moteur-f1-2026-tous-les-changements-detailles/>

Killingstad, L. (2022). How Formula 1 Became an Unstoppable Brand in 6 Years. *Front Office Sports*. <https://frontofficesports.com/how-formula-one-became-an-unstoppable-brand-in-6-years/>

L'automobile sportive. (2021). *Le sport auto peut-il prendre la vague de la transition écologique ?* L'Automobile Sportive, la passion des voitures de sport. <https://www.automobile-sportive.com/news.php?page=le-sport-auto-peut-il-prendre-la-vague-de-la-transition-ecologique-20211013>

L'Œil du Paddock. (2022). *La F1 respecte-t-elle vraiment ses engagements écologiques ?* [Vidéo]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=2TL7SrUen8U>

Lowrey, T. (2022). Countdown to Zero. *Formula One World Championship*. https://corp.formula1.com/countdown-to-zero/#On_The_Move

Mainguy, O. (2023). Formule 1 : vers un sport plus écologique ? *New Hera*. <https://www.newhera.fr/2023/03/02/formule-1-vers-un-sport-plus-ecologique/#:~:text=Un%20changement%20pour%20du%20carburant%20plus%20vert&text=Pour%202026%2C%20de%20nouvelles%20r%C3%A8glementations,%C3%AAtre%20effectu%C3%A9s%20par%20la%20FIA>

Mathon, R. (2022). Quel budget doivent respecter les équipes de F1 en 2023 ? *Motorsinside.com*. <https://www.motorsinside.com/f1/actualite/29173-quel-budget-doivent-respecter-les-equipes-de-f1-en-2023.html>

Mauranne. (2023). Rendement moteur : définition et calcul. *Vroomly*. <https://www.vroomly.com/blog/rendement-moteur-definition-et-calcul/>

McLaren. (2022). Net Zero : The race we should all enter. [https://www.mclaren.com/racing/sustainability/netzero-race-we-should-all-enter/](https://www.mclaren.com/racing/sustainability/net-zero-race-we-should-all-enter/)

Mouly, B. (2022). Les poids lourds accélèrent dans l'hydrogène. *Les Echos*. <https://www.lesechos.fr/thema/articles/les-poids-lourds-accelerent-dans-lhydrogène-1406145>

Myclimate. (s. d.). *Qu'est-ce que la durabilité ?* My Climate. Consulté le 2 avril 2023, à l'adresse <https://www.myclimate.org/fr/sinformer/faq/faq-detail/quest-ce-que-la-durabilite/>

Nedelec, G. (2021). *Transition énergétique : quand le sport automobile accélère*. Ouest France. <https://www.ouest-france.fr/environnement/ecologie/transition-ecologique/transition-energetique-quand-le-sport-automobile-accelere-b971fe04-38c4-11ec-a369-eeb958b0e1c8>

Nirs, H. (2022). Coupe du monde 2026 : Quelles sont les attentes concernant l'organisation, les stades et le nombre d'équipes participantes ? BBC News Afrique. <https://www.bbc.com/afrique/articles/c893g8xg02qo>

Ortolé, G. (2022). Les équipes de F1 ne sont pas prêtes pour l'interdiction des couvertures chauffantes. Motorsinside.com. <https://www.motorsinside.com/f1/actualite/28917-les-equipes-de-f1-ne-sont-pas-pretes-pour-linterdiction-des-couvertures-chauffantes.html>

Philippe, J. (2022). Vers une Formule 1 plus respectueuse de l'environnement ? Motorsinside.com. <https://www.motorsinside.com/f1/actualite/28125-vers-une-formule-1-plus-respectueuse-de-lenvironnement.html>

Porsche Newsroom. (2022). *Inauguration officielle d'une usine pilote d'e-fuels au Chili.* https://newsroom.porsche.com/fr_CH/2022/company/porsche-highly-innovative-fuels-hif-opening-efuels-pilot-plant-haru-oni-chile-synthetic-fuels-30738.html

Powis, J. (2016). *The impact of global sustainability trends on the Automotive sector and Motorsport's role in supporting the industry's adaptation to these pressures by Joey Powis.* Cranfield. <https://cranfieldsombrochures.cld.bz/The-impact-of-global-sustainability-trends-on-the-Automotive-sector-and-Motorsport-s-role-in-supporting-the-industry-s-adaptation-to-these-pressures-by-Joey-Powis/14>

RACB. (s. d.). RACB. Consulté le 14 février 2023, à l'adresse <https://racb.com/index.php>

Red Bull. (2021). Mais comment voyagent les écuries de F1 ? *Red Bull*. <https://www.redbull.com/fr-fr/ecurie-f1-transport-equipement>

Red Bull. (2023). Les questions que vous n'osez pas poser sur la F1. *Red Bull*. <https://www.redbull.com/fr-fr/f1-questions#:~:text=05-Combien%20%C3%A7a%20consomme%2C%20une%20F1%20%3F,tr%C3%A8s%20encadr%C3%A9%20par%20le%20r%C3%A8glement>

Schene, X. (2023, 17 février). Directeur général du Royal Automobile Club de Belgique. [Entretien]. Woluwe-Saint-Lambert

Sharma, S. (2023). What is the carbon footprint of sport ? *The Carbon Literacy*. <https://carbonliteracy.com/what-is-the-carbon-footprint-of-sport/>

Shell. (s. d.). *Decarbonising motorsport / Shell Global*. Shell. Consulté le 6 mars 2023, à l'adresse <https://www.shell.com/about-us/shell-motorsport/decarbonising-motorsport.html>

SP Environnement. (2021). Que font les sports automobiles pour la planète ? *SP Environnement*. <https://sciencespoenvironnement.fr/ecologie/que-font-les-sports-automobiles-pour-la-planete/>

Sphera. (2022). Qu'est-ce que la durabilité environnementale ? *Sphera*. <https://sphera.com/glossaire-fr/quest-ce-que-la-durabilite-environnementale/?lang=fr>

Tassel, P. (2021). Une étude mondiale de la FIA sur l'impact économique et social du sport automobile. *AutoHebdo*. <https://www.autohebdo.fr/actualites/f1/une-etude-mondiale-de-la-fia-sur-l-impact-economique-et-social-du-sport-automobile-218795.html>

THE FIA. (2022). Federation Internationale de l'Automobile. <https://www.fia.com/fr/fia>

TotalEnergies. (2023). *TotalEnergies et le WEC*. Consulté le 12 mars 2023, à l'adresse <https://competition.totalenergies.com/fr/auto/endurance/wec/totalenergies-et-le-wec>

Trochon, A., & WACKENHEIM, H. (2020). Le sport automobile : Laboratoire des nouvelles technologies. *TransportShaker.* <https://www.transportshaker-wavestone.com/le-sport-automobile-laboratoire-des-nouvelles-technologies/>

Vallière, A. (2023). Le changement de carburant de la F1 fait naître des inquiétudes autour de la sécurité incendie. *Motorsinside.com.* <https://www.motorsinside.com/f1/actualite/29917-le-changement-carburant-f1-fait-naître-inquiétudes-autour-securite-incendie.html>

Zaffagni, M. (2022). Porsche inaugure son usine de carburant synthétique eFuel au Chili. *CNET France.* <https://www.cnetfrance.fr/news/porsche-inaugure-son-usine-de-carburant-synthetique-efuel-au-chili-39951644.htm>