

Rapport n° 5 214 030 511



Essence biosynthétique pour une utilisation dans les véhicules classiques

Compatible avec les matériaux et l'usage ainsi qu'essais de conduite

AMAG Classic: Dino Graf, Reto Mattenberger, René Dörig

Motorex: Dr Markus Kurzwart, Fabrice Duclos

Empa: Christian Bach, Thomas Hilfiker, Roland Spühler, Mathias Huber

Donneur d'ordre: AMAG Classic, Schinznach-Bad

Schinznach-Bad, Langenthal et Dübendorf, le 7 mars 2024

Contenu

1. Récapitulatif	3
2. Carburants analysés	5
2.1 Carburants utilisés	5
3. Compatibilité avec les matériaux.....	10
3.1 Objets à contrôler.....	10
3.2 Dispositif expérimental.....	10
3.3 Résultats des études de compatibilité avec les matériaux	11
4. Analyse des émissions de gaz d'échappement	15
4.1 Véhicule test et dispositif expérimental	15
4.2 Résultats	16
5. Mesure de la puissance aux roues	18
5.1 Véhicule test et dispositif expérimental	18
5.2 Résultats de la mesure statique de la puissance aux roues	18
5.3 Résultats de la mesure dynamique de la puissance aux roues	19
6. Essais de conduite	20
6.1 Véhicules test.....	20
6.2 Résultats des essais de conduite	21

1. Récapitulatif

Bien que les voitures anciennes n'émettent globalement que peu de dioxyde de carbone (CO₂) en raison de leur nombre relativement limité et de leur faible kilométrage, elles doivent elles aussi réduire leur impact sur le climat. Les carburants synthétiques dérivés des énergies renouvelables offrent cette possibilité, tout en ne portant aucunement atteinte à la particularité historique de ces véhicules.

Tandis qu'il est possible d'utiliser des carburants synthétiques sur des véhicules modernes sans aucun problème, la situation pour les véhicules classiques n'était pas aussi claire jusqu'à présent. AMAG Classic, en tant que centre de compétence pour les véhicules de collection du groupe AMAG, a donc effectué des recherches en collaboration avec l'Empa et Motorex afin d'apporter des éclaircissements. En fin de compte, le bilan de cette approche est tout à fait positif. Toutes les anomalies apparues pendant la réalisation du projet ont pu être clarifiées. Les résultats ont montré que l'utilisation d'essence synthétique ne pose aucun inconvénient, du moins pour les voitures classiques. Les études de compatibilité avec les matériaux et avec l'huile, ainsi que les essais de gaz d'échappement, de performances du moteur et de conduite n'ont révélé pratiquement aucun écart par rapport au fonctionnement à l'essence fossile. À l'avenir, il faudra éventuellement clarifier au cas par cas si ce résultat d'ordre général s'applique également aux véhicules de collection spéciaux tels que les véhicules d'avant-guerre, les véhicules de course historiques ou les véhicules construits avec des matériaux rares. La présente étude a toutefois apporté des connaissances précieuses pour l'élaboration d'autres enquêtes qui seront également disponibles pour des clarifications ultérieures.

Une essence biosynthétique fabriquée à partir de méthanol renouvelable a été choisie comme carburant d'essai, tel qu'elle pourrait être commercialisée à l'avenir. Le méthanol peut puiser son énergie dans une source biogène (par exemple, bois ou autre biomasse), comme c'est le cas ici, ou dans une source d'électricité renouvelable. Toutefois, dans les deux cas, la transformation obtenue par un procédé de conversion du méthanol en essence sera similaire.

L'analyse détaillée de l'essence biosynthétique utilisée et de l'essence fossile de référence a montré que les deux qualités de carburant ne diffèrent en termes de composition que par une proportion près de trois fois plus élevée de méthyl tert-butyle éther (MTBE) dans l'essence biosynthétique. Le MTBE est souvent mélangé à de l'essence fossile pour augmenter l'indice d'octane. En raison de sa structure moléculaire, le MTBE présente une polarité légèrement plus élevée que l'essence fossile, ce qui augmente le pouvoir de dissolution (élution). La différence par rapport à l'essence fossile est toutefois nettement moins importante qu'avec le méthanol ou l'éthanol. La présente étude s'est donc principalement intéressée à l'impact de la part accrue de MTBE sur les propriétés physiques, chimiques et thermodynamiques de l'essence biosynthétique et, finalement, sur le fonctionnement des voitures anciennes utilisant de l'essence biosynthétique.

L'augmentation de la solubilité a déjà été mise en évidence lors des études de compatibilité avec les matériaux. Au contact de l'essence biosynthétique, les composants livrés propres mais usagés ont parfois provoqué une légère opacité du carburant, qui est d'aspect clair en temps normal. Aucun dommage ni aucune altération des surfaces, des couches de peinture ou des matériaux, ou aucun autre effet tel qu'un gonflement plus ou moins important, n'a pu être constaté, que ce soit sur les matériaux à base de papier, de plastique, de caoutchouc ou de métal.

De même, aucun changement n'a pu être noté par rapport au fonctionnement à l'essence fossile lors des mesures des gaz d'échappement, de la consommation et de la puissance du moteur ainsi que lors des essais de conduite avec deux véhicules vétérans différents sur de courtes distances, sur autoroute, en montagne ou après des temps d'arrêt prolongés, comme c'est souvent le cas avec des véhicules de collection. Cela s'applique au comportement au démarrage et à l'arrêt, à la réactivité et à la performance.

En raison de la solubilité légèrement plus élevée du MTBE par rapport à l'essence fossile, des échantillons d'huile ont été prélevés et analysés à intervalles réguliers sur les deux véhicules. La dilution de l'essence plus prononcée sur les véhicules de collection que sur les véhicules modernes, qui entraîne une baisse de viscosité de l'huile moteur, a suscité un intérêt tout particulier. Un comportement similaire à celui de l'essence fossile a pu être observé: la dilution avec de l'essence biosynthétique était équivalente à celle de l'essence fossile, mais celle-ci pouvait également être de nouveau évaporée en cas de charges moteur plus élevées, comme c'est le cas avec l'essence classique. Cet effet anticipé par le comportement à l'ébullition s'est révélé lors de la troisième analyse de l'huile moteur sur un véhicule d'essai, lorsque les valeurs de viscosité et de point d'éclair de l'huile moteur ont presque atteint celles de l'huile neuve.

Les études portant sur la forte augmentation de la teneur en fer et en plomb dans l'huile moteur se sont avérées un peu plus complexes sur l'un des deux véhicules d'essai. Le filtrage des matières solides prélevées sur des échantillons d'huile, suivi d'un examen des résidus, a toutefois permis de lever l'alerte. L'absence d'inconvénients à cet égard a été confirmée grâce à des essais comparatifs avec un autre véhicule équivalent, fonctionnant à l'essence fossile et présentant un comportement similaire, ainsi que des essais directs sur des matériaux contenant du plomb avec de l'huile moteur enrichie en MTBE, qui n'ont révélé aucune attaque sur des coques de palier contenant du plomb.

Le MTBE n'est pas toxique à faible concentration, mais a une odeur de térébenthine. Avec l'apparition du MTBE en tant qu'amplificateur d'octane, certains craignaient dans les années 2000 qu'en cas de fuite d'essence, par exemple lors d'accidents de voiture, le MTBE puisse infecter les eaux souterraines et l'eau potable, et les rendre impropres à la consommation. Ces craintes étaient infondées. Aujourd'hui, le MTBE dans l'eau potable ne suscite plus aucune interrogation.

Une voiture de collection qui fonctionne avec de l'essence biosynthétique au lieu de l'essence fossile présente des dépôts d'huile et/ou de carburant à la solubilité légèrement plus élevée, une odeur légèrement différente mais pas désagréable, des émissions de gaz d'échappement et des émissions globales de CO₂ nettement réduites; en effet, l'analyse de l'essence biosynthétique a montré que près de 90% du carbone provient de sources biogènes.

2. Carburants analysés

2.1 Carburants utilisés

Les carburants suivants ont été utilisés pour le présent projet (voir Illustration 1):

- a) Essence fossile et d'usage courant de référence avec indice d'octane 98 (Illustration 1, échantillon #10.2)
- b) Essence biosynthétique de comparaison avec indice d'octane 98 (Illustration 1, échantillon #10);
Fournisseur: P1 Performance Fuels GmbH, Berlin, Allemagne



Illustration 1: Échantillons d'essence biosynthétique claire (à gauche) et d'essence fossile jaunâtre (à droite)

L'essence fossile est produite à partir de pétrole, qui est composé principalement d'hydrocarbures. Le pétrole s'est formé il y a très longtemps par la transformation de matières organiques. Pour en faire de l'essence, le pétrole est purifié, distillé et traité dans des raffineries. Le pétrole est chauffé et condensé en plusieurs étapes dans des colonnes de rectification, avec une diminution de la température à chaque étape. Le condensat est récupéré et peut être affecté à différents groupes de produits (par exemple: essence, kérosène, diesel, mazout) en fonction de la température d'ébullition. Le traitement des condensats et des résidus de distillation se poursuit par des procédés supplémentaires jusqu'à ce que la qualité souhaitée du produit brut soit atteinte. Des substances supplémentaires sont ensuite ajoutées aux produits bruts, par exemple pour améliorer les propriétés de démarrage à froid ou réduire la tendance au cliquetis. Les carburants sont ensuite adaptés aux exigences environnementales en vigueur. Par exemple, la part de soufre indésirable y est soustraite.

L'utilisation d'essence fossile entraîne une augmentation de la concentration de CO_2 dans l'atmosphère, car la part de carbone contenue dans l'essence est transformée en dioxyde de carbone (CO_2), qui est rejeté dans l'atmosphère et a des répercussions sur le climat.

L'essence biosynthétique est généralement produite à partir de méthanol renouvelable. Le méthanol est un alcool simple de formule CH_3OH . Pour l'obtenir, la gazéification du bois (ou d'une autre biomasse sèche) produit dans un premier temps de l'hydrogène (H_2), du monoxyde de carbone (CO) et du dioxyde de carbone (CO_2), qui sont ensuite transformés en méthanol par un procédé de synthèse catalytique. Le méthanol renouvelable est ensuite transformé en un produit similaire à l'essence au cours d'une étape ultérieure, appelée procédé de conversion du méthanol en essence. Le méthanol (CH_3OH) est décomposé en diméthyléther et en eau ($\text{CH}_3\text{OCH}_3 + \text{H}_2\text{O}$). Le diméthyléther et le méthanol réagissent pour former des

oléfines légères (hydrocarbures insaturés) comme l'éthène (C_2H_4), le propène (C_3H_6) et le butène (C_4H_8). Ceux-ci sont ensuite transformés en hydrocarbures à longues chaînes par un procédé d'oligomérisation. Les catalyseurs et les conditions de réaction doivent être choisis de manière à obtenir un mélange semblable à de l'essence, composé de paraffines (hydrocarbures saturés), de cycloalcanes (hydrocarbures saturés cycliques) et d'aromatiques (hydrocarbures polyinsaturés cycliques). Lors de la transformation du méthanol en un mélange similaire à de l'essence par l'intermédiaire du diméthyléther, on obtient également du méthyl tert-butyle éther (MTBE), qui est mélangé comme antidétonant à l'essence fossile (généralement à partir de méthanol d'origine fossile). Une teneur légèrement plus élevée en MTBE est donc une caractéristique de l'essence biosynthétique. C'est aussi la raison pour laquelle l'essence biosynthétique présente un indice d'octane élevé, du fait de la nature du système.

Par rapport à l'essence fossile, l'essence biosynthétique entraîne une augmentation nettement plus faible de la concentration de CO_2 dans l'atmosphère, car la même quantité de CO_2 générée en utilisant de l'essence biosynthétique a été prélevée auparavant dans l'atmosphère par photosynthèse pendant la phase de croissance. Seules les émissions liées à la transformation de la biomasse en méthanol et en essence biosynthétique entraînent une augmentation de la concentration de CO_2 dans l'atmosphère.

Pour les deux carburants susmentionnés, des analyses de carburant ont été commandées à Intertek Suisse SA conformément aux normes actuelles pour l'essence «sans plomb 98» classe A (SN EN 228:2012+A1:2017). Les résultats sont présentés ci-après. Le méthanol peut également être produit à partir de sources fossiles, ce qui ne permettrait pas de réduire globalement les émissions de CO_2 par rapport à l'essence fossile. C'est pourquoi la part de carbone non fossile a également été déterminée pour l'essence biosynthétique. Pour ce faire, l'isotope radioactif carbone-14 (^{14}C) a été mesuré selon la méthode ASTM D6866-21. Les isotopes désignent des variantes d'éléments chimiques (p. ex. le carbone) qui contiennent certes le même nombre de protons dans le noyau de l'atome mais un nombre différent de neutrons. En plus de deux isotopes stables, le carbone contient également l'isotope ^{14}C instable formé lors des processus naturels de photosynthèse. Celui-ci présente une demi-vie de près de 6000 ans, raison pour laquelle il est par exemple analysé pour la détermination de l'âge en archéologie.

En raison de l'âge avancé des sources d'énergie fossile, l'isotope ^{14}C du carbone initialement présent s'est désintégré, alors que le carbone biogène, qui est beaucoup plus jeune, est continuellement produit lors de la photosynthèse et est donc toujours présent. Cela signifie que la proportion de carbone jeune ou renouvelable peut être identifiée par la proportion d'isotope ^{14}C .

Les carburants renouvelables se distinguent selon qu'ils peuvent ou non être mélangés aux carburants fossiles en proportion quelconque. Si c'est le cas, on parle de carburants «drop in». Ces derniers doivent respecter les spécifications des carburants fossiles fixées par la législation et sont alors considérés comme équivalents aux carburants fossiles en termes d'utilisation. Les carburants «drop in» ne nécessitent donc pas d'autorisation de la part du constructeur du véhicule. Dans le cas de l'essence biosynthétique actuelle, il s'agit d'un carburant «drop in».

Les spécifications principales des deux carburants sont présentées dans le Tableau 1:

Fossiles Referenzbenzin		Biosynthetisches Vergleichsbenzin	
ROZ	98.8 [-]	ROZ	97.7 [-]
MOZ	88.3 [-]	MOZ	87.2 [-]
Dichte (15°C)	749.4 [kg/m ³]	Dichte (15°C)	760.5 [kg/m ³]
Bleigehalt	<5 [mg/kg]	Bleigehalt	<5 [mg/kg]
Schwefelgehalt	4.8 [mg/kg]	Schwefelgehalt	<1 [mg/kg]
<i>HC-Gruppen</i>		<i>HC-Gruppen</i>	
Olefine	7.6 %(V/V)	Olefine	3.8 %(V/V)
Aromaten	31.1 %(V/V)	Aromaten	31.2 %(V/V)
Benzol	0.57 %(V/V)	Benzol	0.19 %(V/V)
Sauerstoff	2.0 %(m/m)	Sauerstoff	3.6 %(m/m)
Methanol	0.13 %(V/V)	Methanol	0.13 %(V/V)
Ethanol	0.17 %(V/V)	Ethanol	<0.01 %(V/V)
MTBE	6.64 %(V/V)	MTBE	17.96 %(V/V)
ETBE	4.41 %(V/V)	ETBE	1.86 %(V/V)
Summe Ether (nC>=5)	11.07 %(V/V)	Summe Ether (nC>=5)	19.84 %(V/V)
<i>Siedeanalyse</i>		<i>Siedeanalyse</i>	
Beginn (>0%)	34.6 °C	Beginn (>0%)	37.9 °C
10% verdampft	57.8 °C	10% verdampft bis	55 °C
20% verdampft	67.6 °C	20% verdampft bis	61.3 °C
50% verdampft	99.3 °C	50% verdampft bis	92.7 °C
90% verdampft	149.3 °C	90% verdampft bis	177.6 °C
Siedeende	189.3 °C	Siedeende	204.9 °C
bis 70° C verdampft	24.4 %(V/V)	bis 70° C verdampft	34.4 %(V/V)
bis 100° C verdampft	52.7 %(V/V)	bis 100° C verdampft	55.5 %(V/V)
bis 150° C verdampft	92.2 %(V/V)	bis 150° C verdampft	76.1 %(V/V)
<i>Elementaranalyse</i>		<i>Elementaranalyse</i>	
Kohlenstoff	84.8 %(m/m)	Kohlenstoff	84.1 %(m/m)
Wasserstoff	12.7 %(m/m)	Wasserstoff	11.7 %(m/m)
Summe (inkl. Sauerstoff O ₂)	99.5 %(m/m)	Summe (inkl. Sauerstoff O ₂)	99.4 %(m/m)
Heizwert (Hu)	42.23 MJ/kg	Heizwert (Hu)	41.74 MJ/kg
Anteil des nicht-fossilen Kohlenstoffs	- %	Anteil des nicht-fossilen Kohlenstoffs	87 %

Tableau 1: Spécifications des qualités d'essence utilisées
(V/V = concentration en pourcentage de volume; m/m = fraction massique)

La comparaison des analyses de carburant ne fait apparaître des différences significatives que pour les teneurs en oxygène et en MTBE (en grisé dans le Tableau 1). Dans les deux cas, l'essence biosynthétique présente des valeurs nettement plus élevées que l'essence fossile de référence. La teneur en oxygène environ deux fois plus élevée dans l'essence biosynthétique que dans l'essence fossile de référence est liée à la fraction plus importante de MTBE, car le MTBE est un composant oxygéné. Le MTBE n'est pas toxique à faible concentration, mais il a une odeur forte et est soluble dans l'eau. Dans les années 2000, on craignait donc, en particulier aux États-Unis, que le MTBE s'infiltre dans les eaux souterraines en raison de fuites dans les stations-service et les véhicules, et qu'il rende celles-ci impropres à la consommation en raison de son odeur de térébenthine. Cette crainte était infondée¹. Le MTBE ne se décompose que lentement dans l'eau, car les bactéries qui dégradent ces impuretés doivent d'abord s'y adapter. Aujourd'hui, le MTBE dans l'eau potable ne suscite plus aucune interrogation.

Alors que l'essence fossile de référence respecte toutes les spécifications, l'indice d'octane recherche (RON, Research Octane Number) de l'essence biosynthétique de référence fixé à l'indice d'octane 97,7 est légèrement inférieur à la spécification (indice d'octane d'au moins 98,0). L'indice d'octane moteur (MON, Motor Octane Number) respecte toutefois les spécifications. Le RON décrit le cliquetis du carburant à basse température du moteur et à bas régime, tandis que le MON indique le cliquetis à haute température et à régime élevé. Toutefois, l'écart du RON est si faible qu'aucune influence mesurable ou perceptible ne

¹ Clarification en décembre 2022 avec le professeur Mario Schirmer, département Ressources en eau et eau potable d'EAWAG

peut être attendue en fonctionnement. Cela s'explique notamment par le fait que les moteurs des voitures anciennes sont généralement conçus pour des essences à indice d'octane 91 ou 95.

Outre les propriétés antidétonantes du carburant, le pouvoir calorifique volumétrique joue un rôle important pour la formation correcte du mélange dans les véhicules équipés d'un moteur sans régulation du cliquetis et/ou du coefficient lambda, comme c'est souvent le cas pour les véhicules classiques. Si ces différences se présentaient par rapport à l'essence fossile, des ajustements devraient être apportés si nécessaire à l'équipement du carburateur ou au calibrage du système d'injection, ce qui limiterait fortement l'utilisation de l'essence biosynthétique. Dans le cas présent, le pouvoir calorifique volumétrique des deux carburants est toutefois presque identique, de sorte qu'il ne devrait y avoir aucune incidence sur la réponse ou les performances du véhicule.

Outre la composition, le comportement à l'ébullition des carburants joue également un rôle important dans le fonctionnement réel: il influence la préparation du mélange, le comportement au démarrage ainsi que la combustion elle-même. Les courbes d'ébullition des deux carburants sont représentées dans l'illustration 2. La part évaporée de carburants à une température donnée ainsi que le début et la fin de l'ébullition sont également des données intéressantes.

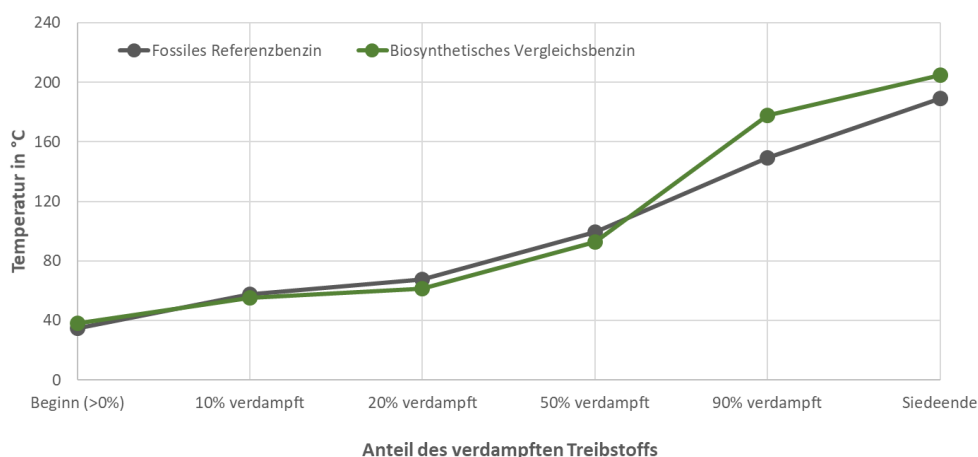


Illustration 2: Courbe d'ébullition du carburant fossile de référence (gris) et de l'essence biosynthétique de référence (vert)

En comparaison, le carburant fossile de référence et l'essence biosynthétique affichent un comportement très similaire. Jusqu'à 100 °C, les pourcentages d'évaporation de l'essence biosynthétique et de l'essence fossile sont pratiquement les mêmes. Cette plage est particulièrement importante pour le comportement au démarrage et la formation du mélange dans le carburateur. À partir de 100 °C et jusqu'à la fin de l'ébullition, la part de l'essence biosynthétique évaporée reste légèrement inférieure à celle de l'essence fossile de référence. Les différences sont toutefois minimales et sont comprises dans les spécifications pertinentes pour les deux carburants. C'est pourquoi il ne faut pas s'attendre à des différences notables, ni au niveau du comportement au démarrage, ni en fonctionnement à des températures de carburant plus élevées.

Remarque:

En plus de la base d'énergie renouvelable, d'autres exigences environnementales et sociales doivent être respectées pour que le carburant soit reconnu comme «carburant biogène» au sens de la loi sur

l'imposition des huiles minérales, art. 2, al. 3, let. d. Celles-ci sont réglementées à l'art. 19 de l'ordonnance sur l'imposition des huiles minérales. Les carburants renouvelables qui respectent ces exigences peuvent être exonérés partiellement ou totalement de l'impôt sur les huiles minérales. La question de savoir si le carburant biosynthétique utilisé ici répond à ces exigences n'a pas été examinée.

3. Compatibilité avec les matériaux

3.1 Objets à contrôler

La compatibilité avec les matériaux a été testée sur des composants caractéristiques et matériaux d'étanchéité en contact avec le carburant, tels qu'ils sont utilisés dans les véhicules classiques. Ceux-ci ont été définis en concertation avec AMAG Classic et mis à disposition par l'équipe. En outre, la compatibilité avec deux additifs pour carburant mis à disposition par AMAG Classic a été analysée. De tels additifs sont régulièrement utilisés dans les véhicules classiques afin d'éviter les dépôts ou les résidus dans le système de carburant, qui peuvent se former en raison des périodes d'immobilisation souvent prolongées. Enfin, la compatibilité avec un substitut du plomb a également été étudiée. Les substituts du plomb sont mélangés aux carburants sans plomb afin de produire l'effet lubrifiant des qualités d'essence antérieures. Autrefois, le plomb était mélangé à l'essence sous forme de plomb tétraéthyle qui servait de protection contre l'usure sur les moteurs sans sièges de soupapes trempés. De plus, le plomb tétraéthyle agissait comme antidétonant.

Les additifs ont été mélangés à l'essence biosynthétique dans les proportions prescrites par le fabricant concerné et à des doses excessives (5 et 50 fois le dosage), afin de représenter également le cas de figure extrême d'une mauvaise manipulation.

Le Tableau 2 présente les composants étudiés.

Prüfobjekte	Untersuchung
Dichtung Vergaser	Tauchversuch fossil und biosynth. Benzin
Dichtung Tankgeber	Tauchversuch fossil und biosynth. Benzin
Vergaserschwimmer	Tauchversuch biosynth. Benzin
Kraftstofffilter (Kunststoff)	Tauchversuch biosynth. Benzin
Diverse Schläuche (Tanksystem)	Tauchversuch biosynth. Benzin
Vergaser / Benzinpumpe	Tauchversuch biosynth. Benzin
Tankgeber inkl. Schwimmer (3 Typen)	Tauchversuch biosynth. Benzin
Tank	Tauchversuch biosynth. Benzin
Vergaser / Benzinpumpe	Offenversuch fossil und biosynth. Benzin
Liqui Moly "Injection Reiniger"	4.2 ml/Liter und Überdosierung 1:5 im Testkraftstoff
Liqui Moly "MTX Vergaser Reiniger"	4.2 ml/Liter und Überdosierung 1:5 im Testkraftstoff
Motorex "Valve Guard"	1 ml/Liter und Überdosierung 5-fach im Testkraftstoff

Tableau 2: Vue d'ensemble des composants étudiés du point de vue de la compatibilité avec les matériaux

3.2 Dispositif expérimental

Pour étudier la compatibilité avec les matériaux, un dispositif expérimental simple a été mis au point, permettant de stocker et de manipuler en toute sécurité les matériaux d'étanchéité et les composants dans le carburant. L'illustration 3 montre le dispositif expérimental des échantillons. Les photos montrent les flacons et les réservoirs en immersion ainsi que l'essai supplémentaire à l'air libre avec bidon de carburant, pompe à essence et carburateur. Cet essai à l'air libre a pour but de reproduire la disposition générale dans le véhicule et de montrer si d'éventuelles fuites se produisent. Le bidon de réserve a été positionné un peu plus haut pour générer une faible pression dans les composants, de sorte qu'en cas de fuite, le carburant puisse être détecté. Les composants analysés n'étaient pas des pièces neuves, ce qui correspond au scénario le plus probable pour un passage au carburant synthétique, y compris en cas d'utilisation réelle.



Illustration 3: Dispositif expérimental pour les études de compatibilité avec les matériaux (le flacon #3 contient de l'essence biosynthétique et les flacons #3.2 et #4.2 de l'essence fossile)

Se fondant sur les résultats des analyses de carburant et de la large équivalence de la composition et des propriétés des deux qualités de carburant, une méthode simple a été choisie pour étudier la compatibilité avec les matériaux. Celle-ci consiste à immerger les objets à contrôler dans l'essence biosynthétique de référence et/ou dans l'essence fossile de référence. Les matériaux d'étanchéité ont été incorporés dans les deux carburants, les autres objets à contrôler uniquement dans l'essence biosynthétique de référence.

Au total, les objets à contrôler ont été introduits dans le carburant concerné sur une période de 12 mois. Ils ont été prélevés du carburant à intervalles réguliers pendant une période d'aération de 24 heures, mesurés et pesés. Ces contrôles ont eu lieu au début et à la fin de la période d'observation ainsi qu'à deux reprises au cours de cette période. Les éventuels changements de forme dus à des gonflements ou à des rétrécissements, des effets de dissolution ou de corrosion ont pu ainsi être détectés.

3.3 Résultats des études de compatibilité avec les matériaux

D'une manière générale, on peut noter qu'au cours de la période d'observation de 12 mois, seules des modifications mineures ont été observées sur les objets à contrôler. Les résultats des différents groupes de composants sont décrits plus en détail ci-après.

a) Joints d'étanchéité du carburateur et du capteur du réservoir de carburant

Les joints de carburateur examinés sont constitués d'un matériau d'étanchéité imprégné à base de fibres de cellulose collées (papier d'étanchéité). Les joints en caoutchouc du capteur du réservoir de carburant sont constitués de matériaux élastomères résistants à l'huile et au carburant. Pour les matériaux d'étanchéité, il faut s'attendre à un certain gonflement au contact de l'essence fossile. C'est pourquoi ces matériaux ont été incorporés aussi bien dans l'essence fossile de référence que dans l'essence biosynthétique équivalente; les changements ont été enregistrés. Pour les matériaux d'étanchéité à base de cellulose, les fabricants considèrent comme normales une augmentation de l'épaisseur de l'huile ou de l'essence allant jusqu'à 5% et une augmentation de la masse comprise entre 15 et 20%. Ce gonflement ne pose pas de problème. Il en va de même pour les joints en élastomère en cas d'étanchéité statique (pas d'étanchéité contre les pièces mobiles). Les gonflements se résorbent généralement dès que les composants solubles de l'essence ou de l'huile absorbés par le matériau d'étanchéité sont à nouveau

éaporés. Cependant, dans le cas des joints en élastomère, une partie des composants du carburant ou de l'huile reste souvent dans le matériau.

Un gonflement excessif des joints en caoutchouc peut endommager la matrice élastomère et affecter la résistance. Si les solvants ont dissous les plastifiants d'un matériau élastomère, un rétrécissement est également possible dans certains cas particuliers. Les propriétés du matériau changent naturellement et la fonction d'étanchéité risque de ne plus être remplie. Les mesures du diamètre/de la longueur et de l'épaisseur des joints ainsi que du poids permettent de détecter toute modification du matériau au contact du carburant d'essai.

Les résultats montrent que l'introduction dans l'essence biosynthétique décrite ci-dessus n'a pas entraîné de différences significatives de dimensions et de masse par rapport à l'introduction dans l'essence fossile. L'utilisation de l'essence biosynthétique ne devrait donc entraîner aucune limitation fonctionnelle des joints examinés.

b) Pièces en plastique (flotteur de carburateur, filtre à essence, bouchon de réservoir)

De nombreux composants tels que le bouchon de réservoir, le flotteur de carburateur, le boîtier du filtre à essence du système de carburant des véhicules classiques, surtout les plus récents, sont en plastique. Les composants en plastique peuvent être ramollis superficiellement ou totalement au contact des composants à essence et perdre ainsi leur solidité, leur forme ou leur fonctionnalité.



Illustration 4: Pièces en plastique testées du point de vue de la compatibilité avec le carburant

Aucun changement sensible au toucher ou à l'œil n'a été observé sur les composants étudiés au cours de la période d'observation, de sorte que leur contact avec le carburant d'essai n'a pas été jugé problématique.

c) Tuyaux de carburant

Sur leur face intérieure, les tuyaux de carburant sont en contact permanent avec le carburant et sont généralement entièrement composés de matériaux résistants au carburant. Au cours des analyses, une légère déformation de la couche externe a été observée sur l'un des tuyaux. Ce tuyau est utilisé au niveau de la goulotte de remplissage de carburant. Il se compose d'une partie interne qui conduit le carburant et d'une couche externe qui n'est pas en contact avec le carburant en fonctionnement réel. On ne dispose d'aucune information sur la structure du tuyau, mais on peut supposer que seule sa partie intérieure est constituée d'un matériau résistant au carburant.

Tous les autres échantillons de tuyaux n'ont montré aucune anomalie. Toutefois, un léger obscurcissement du carburant biosynthétique par rapport à l'essence fossile a été constaté (Illustration 5). Cela est probablement dû à l'état de livraison des tuyaux qui sont certes nettoyés, mais usagés.



Illustration 5: Échantillons de tuyaux sans (à gauche) et avec décoloration de l'essence biosynthétique (à droite)

d) Capteur du réservoir de carburant, pompe à carburant, carburateur ainsi que carburateur à l'air libre, réservoir

Une pompe à essence, un carburateur et divers capteurs de réservoir de carburant ont été placés dans l'essence biosynthétique (Illustration 6 et Illustration 7). En parallèle, une pompe à essence et un carburateur ont été reliés entre eux par des tuyaux à essence afin de reproduire la disposition et l'humidification avec du carburant en fonction de la situation de montage dans le véhicule. La fonction du flotteur en plastique a été régulièrement contrôlée sur le capteur de réservoir inséré dans le carburant.

Aucune modification n'a été constatée sur les composants exposés à l'essence biosynthétique. Ici aussi, une légère décoloration du carburant biosynthétique a été observée après un certain temps (Illustration 6). Ces pièces ont également été livrées nettoyées mais usagées. Comme on l'a vu plus haut, l'essence biosynthétique contient une part plus élevée de MTBE, qui, en raison de sa structure moléculaire, présente une solubilité légèrement supérieure à celle de l'essence fossile. La décoloration observée est attribuée à cette propriété et correspond donc à l'effet attendu de l'essence biosynthétique, même si l'effet relevé y était très faible. L'examen final des pièces n'a révélé aucun signe de décollement, d'endommagement, de traces de corrosion ou d'autres influences sur le matériau.



Illustration 6: Examen du capteur de réservoir de carburant, de la pompe à essence et du carburateur en immersion (à gauche et au milieu) ainsi qu'à la fin de l'étude

Des résultats similaires ont été obtenus au cours de l'essai à l'air libre du carburateur et de la pompe à essence. Aucune fuite n'a été observée au cours de la période d'observation. Comme pour les capteurs de réservoir de carburant, les carburateurs et les pompes à essence placés dans l'essence biosynthétique n'ont pas présenté de dommages particuliers ou de corrosion, mais une légère décoloration de l'essence biosynthétique a également été observée ici, voir Illustration 7.



Illustration 7: Carburateur/pompe à essence

En plus des composants plus petits mentionnés ci-dessus pour l'alimentation en essence, un réservoir d'essence a été partiellement rempli d'essence biosynthétique. Il est en tôle d'acier comme c'est généralement le cas pour les véhicules classiques. Il n'a pas non plus montré de signe de corrosion ou d'autres modifications visibles des parois intérieures à la fin de la période d'observation de 12 mois.

e) Stabilité à long terme des additifs pour le carburant

Au cours de cette période d'environ 12 mois, on n'a observé ni désagrégation, ni déjection, ni décoloration des échantillons par rapport à leur état initial. On peut donc s'attendre à ce que ces additifs puissent continuer à être utilisés avec l'essence biosynthétique.

4. Analyse des émissions de gaz d'échappement

4.1 Véhicule test et dispositif expérimental

Un véhicule de pool de l'Empa a servi de véhicule test pour les contrôles des gaz d'échappement. Il s'agissait d'une VW Jetta Hybrid (Illustration 8). Le véhicule présente un concept de motorisation avec un catalyseur à trois voies et une commande électronique du moteur, ce qui est nettement plus moderne que sur les véhicules classiques de manière générale. Pour les tests comparatifs des gaz d'échappement, un comportement stable en matière d'émissions est toutefois déterminant, ce qui a pu être garanti avec le véhicule en question.



Illustration 8: Véhicule test pour les contrôles des gaz d'échappement

Le réservoir d'essence a été vidé avant les mesures et rempli avec le carburant d'essai correspondant. Avant d'effectuer les mesures, le véhicule a parcouru quelques kilomètres sur le banc dynamométrique dans différentes fourchettes de charge et de régime.

Les mesures ont été effectuées sur un banc dynamométrique mono-essieu de l'Empa. La configuration de l'analyse des gaz d'échappement est présentée dans l'illustration 9.

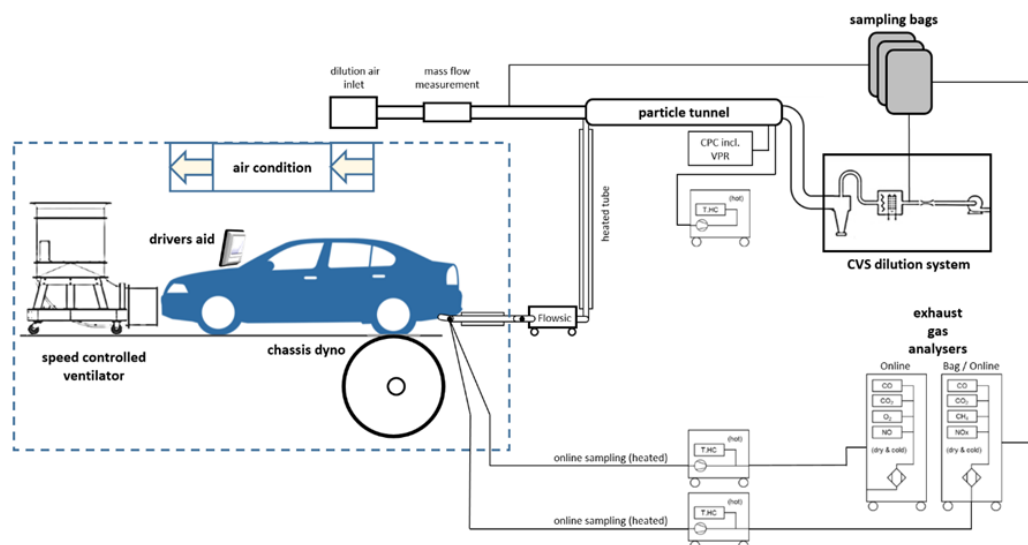


Illustration 9: Structure du véhicule sur banc dynamométrique pour le contrôle des gaz d'échappement

Le comportement des gaz d'échappement a été déterminé pour chaque carburant lors de trois mesures WLTP (World-wide Harmonized Light Duty Test Procedure) successives. Chaque mesure comprend

trois phases. Afin d'éviter la dispersion des résultats lors du démarrage à froid, les mesures ont été lancées avec le moteur à température de service (température de l'huile moteur > 80 °C).

4.2 Résultats

Les diagrammes suivants présentent les valeurs moyennes des trois mesures des gaz d'échappement WLTP. Les barres de dispersion indiquent les valeurs mesurées les plus élevées et les plus faibles. Le rouge représente les résultats avec l'essence fossile de référence, et le bleu représente les résultats avec l'essence biosynthétique.

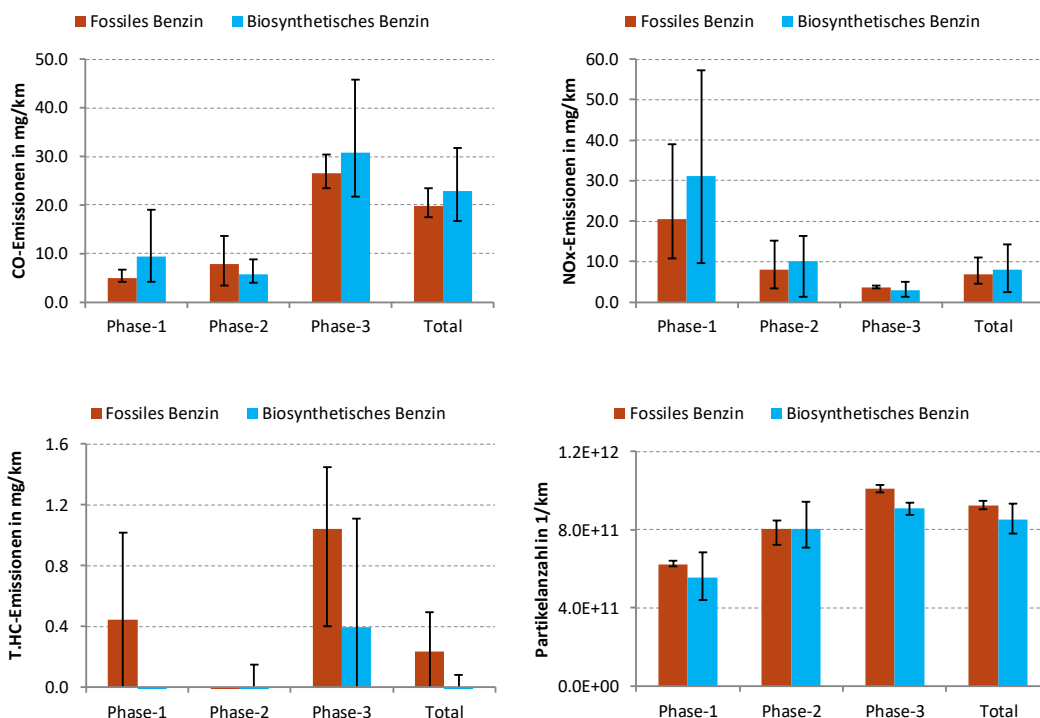


Illustration 10: Résultats des mesures des gaz d'échappement WLTP avec moteur à température de service

Les valeurs mesurées sont à un niveau très bas pour toutes les mesures. Les émissions de gaz d'échappement de l'essence biosynthétique ne diffèrent pas significativement de celles de l'essence fossile de référence. En ce qui concerne les émissions de particules, la phase 3 (trajet sur autoroute) montre une légère tendance à la réduction des émissions. Cela pourrait être dû à la teneur plus élevée en oxygène du carburant biosynthétique. Les différences sont toutefois minimes.

La consommation de carburant est déterminée en même temps que les émissions de gaz d'échappement.

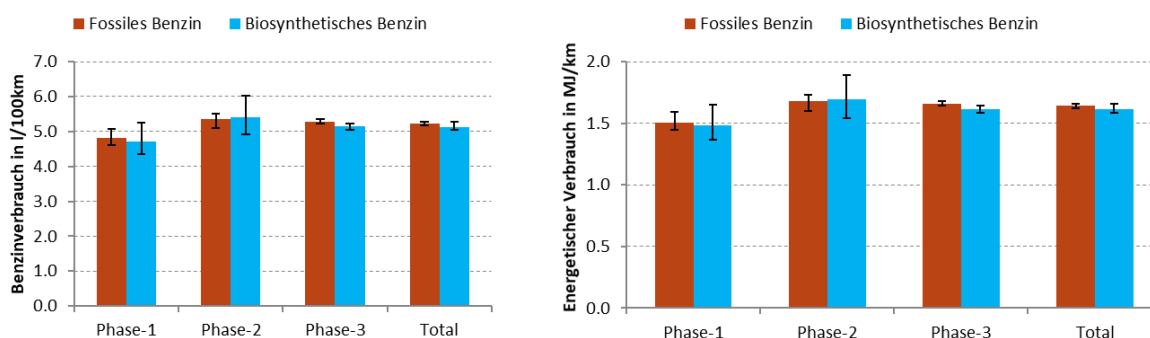


Illustration 11: Résultats des mesures de consommation WLTP avec moteur à température de service

Comme pour les émissions de gaz d'échappement, les résultats obtenus avec les deux carburants ne montrent pas de différences mesurables, tant au niveau de la consommation d'essence volumétrique que de la consommation énergétique.

5. Mesure de la puissance aux roues

5.1 Véhicule test et dispositif expérimental

Un véhicule vétérinaire d'AMAG Classic a servi de véhicule test pour les mesures de la puissance aux roues. Il s'agissait d'une VW Golf I – voir l'illustration 12.



Illustration 12: Véhicule test pour les mesures de puissance

Le réservoir de carburant a été vidé avant les mesures et rempli avec les carburants d'essai correspondants.

Le véhicule a été soumis à une mesure de puissance statique et dynamique sur le banc dynamométrique avec les deux carburants.

Pour la mesure statique de la puissance aux roues, le banc dynamométrique a été réglé sur une vitesse constante de 50 km/h et le véhicule a été soumis à une pleine charge en troisième vitesse pendant 15 secondes. La puissance aux roues a été définie comme valeur moyenne entre la 2^e et la 14^e seconde. La vitesse de 50 km/h a été choisie car l'accélération à partir de 50 km/h correspond à une situation de conduite courante en Suisse.

Pour la mesure dynamique de la puissance aux roues, le banc dynamométrique a été réglé sur une résistance à l'avancement supérieure à celle du véhicule sur route. Il en résulte que le gradient d'accélération est plus plat que sur la route, ce qui offre des avantages en termes de précision de mesure pour l'essai. D'une part, en raison de la lenteur de l'accélération, on dispose de plus de points de mesure par unité de temps et, d'autre part, le remplissage du moteur correspond plutôt à celui d'une charge constante. Pour déterminer la puissance aux roues, le véhicule a fait l'objet d'une accélération trois fois de suite en troisième vitesse à plein régime à partir de 40 km/h jusqu'à atteindre une vitesse de 6000 tr/min. La force de traction a été mesurée et déterminée. La troisième vitesse a été choisie pour ne pas exposer le véhicule à des vitesses inutilement élevées, comme cela aurait été le cas en quatrième.

5.2 Résultats de la mesure statique de la puissance aux roues

Avec les deux carburants, le véhicule a atteint à peu près la même puissance statique aux roues (Illustration 13). La valeur moyenne des trois mesures d'une durée de 12 secondes chacune est de 20,9 kW pour l'essence biosynthétique et de 21,1 kW pour l'essence fossile de référence. L'écart est donc de 1%, ce qui se situe dans les limites de la précision de mesure.

L'illustration 13 montre en rouge la mesure de la puissance aux roues avec l'essence fossile de référence et en bleu la mesure de la puissance aux roues avec l'essence biosynthétique. Les points correspondent à la moyenne des trois mesures consécutives, la ligne rouge et la ligne bleue représentent la moyenne mobile.

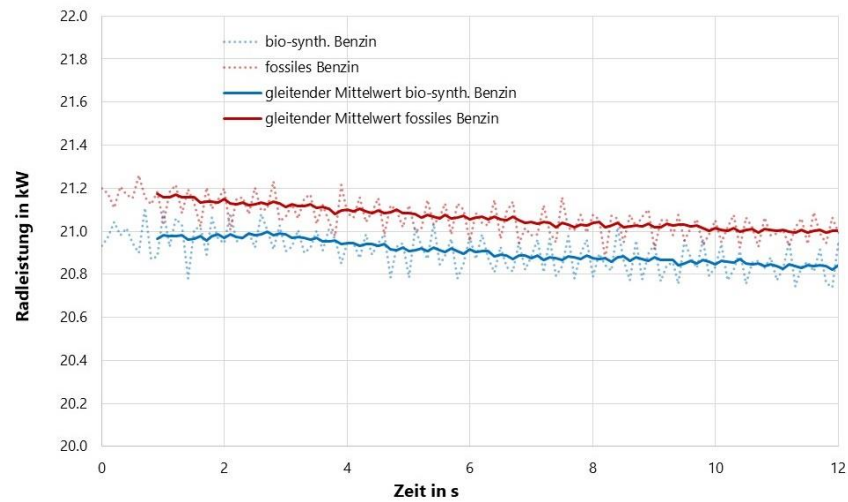


Illustration 13: Résultats des mesures statiques de la puissance aux roues

5.3 Résultats de la mesure dynamique de la puissance aux roues

La mesure dynamique de la puissance aux roues (Illustration 14) ne montre aucune différence entre les deux carburants; la puissance maximale mesurée, obtenue en calculant la moyenne des trois accélérations, s'élève dans les deux cas à exactement 40,9 kW. L'illustration 14 montre les six mesures dynamiques de la puissance (3 par carburant).

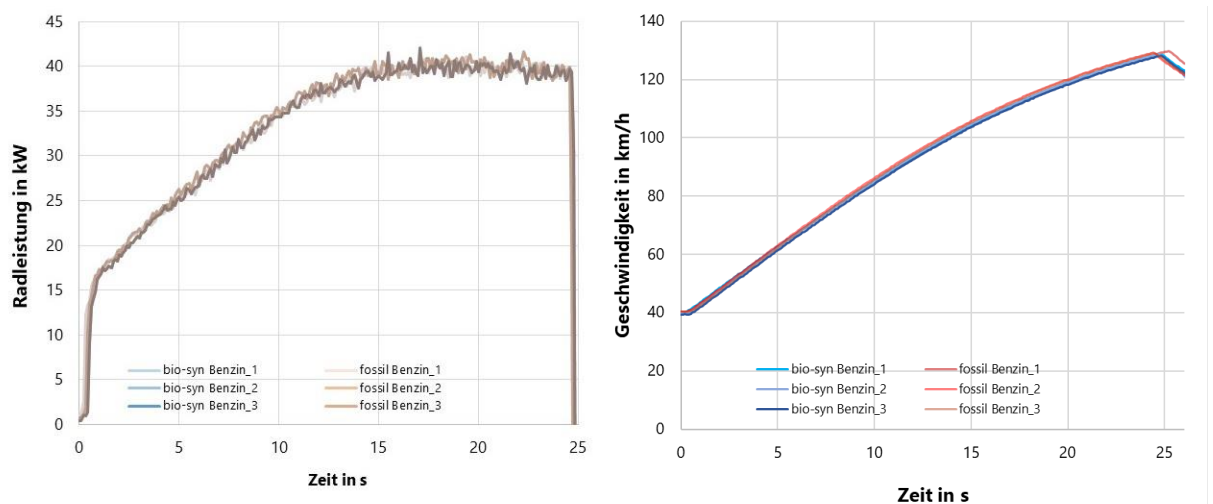


Illustration 14: Résultats des mesures dynamiques de la puissance aux roues (à gauche) et de l'accélération à pleine charge (à droite)

Ces mesures ne sont pas des mesures de puissance réglementées mais des mesures comparatives réalisées dans des conditions définies. En tenant compte des pertes dans le groupe motopropulseur et des corrections nécessaires de la pression atmosphérique et de la température, comme c'est le cas pour les mesures de puissance du moteur, les valeurs mesurées correspondent néanmoins assez exactement à la puissance déclarée du moteur de ce véhicule de 70 ch ou 51 kW.

6. Essais de conduite

6.1 Véhicules test

Pour les essais de conduite, deux véhicules vétérans ont été sélectionnés dans le parc automobile d'AMAG Classic (Illustration 15). Il s'agit d'une Chrysler Valiant équipée d'un moteur 6 cylindres de 3,7 litres avec culasse en fonte grise, bloc moteur en fonte grise et première mise en circulation en 1971 (à gauche), ainsi qu'une VW Golf équipée d'un moteur 4 cylindres de 1,5 litre avec culasse en aluminium, bloc moteur en fonte grise et première mise en circulation en 1978 (à droite).



Illustration 15: Véhicules test pour les essais de conduite

Les essais de conduite ont débuté par le ravitaillement des deux véhicules en essence biosynthétique. Des essais routiers d'une durée totale de 7 mois (du printemps à l'automne 2023) ont suivi. Sur les deux véhicules, il s'agissait d'une utilisation mixte avec jusqu'à 150 km de trajets sur autoroute, des trajets courts de 500 m à 15 km et des temps d'arrêt longs, comme c'est généralement le cas pour les voitures de collection. Des excursions ont également eu lieu dans les Alpes, par exemple en Engadine et via le col de la Flüela à bord de la Chrysler Valiant.

Derrière le volant se trouvaient des collaborateurs d'AMAG Classic qui connaissent bien les véhicules d'essai et qui ont donc été en mesure d'identifier correctement les sensations de conduite subjectives par rapport à l'essence fossile de référence. Étant donné que les deux véhicules sont en stock depuis longtemps chez AMAG Classic et que leur comportement de conduite était bien connu, une évaluation fiable a pu être fournie. Différents conducteurs et conductrices ont testé les deux véhicules.

Pour les essais de conduite avec de l'essence biosynthétique, aucune modification n'a été apportée au moteur ou au véhicule, à l'exception du passage à une huile moteur de référence (Motorex Topaz 20W-50). Pour ce faire, l'huile moteur (filtre à huile inclus) a été changée deux fois, avec un bref fonctionnement entre les deux. Au début des essais de conduite, un premier échantillon d'huile moteur a été prélevé sur les deux véhicules.

Pendant la phase d'essai, les points suivants ont été vérifiés au début des essais de conduite et ensuite après un trajet d'environ 1000 à 1500 km:

- Qualité de l'huile
- Mesure de la concentration de monoxyde de carbone dans les gaz d'échappement au ralenti et à 3000 tr/min
- Contrôle des bougies d'allumage

6.2 Résultats des essais de conduite

a) Essais de conduite

Au total, 3369 km ont été parcourus avec la VW Golf et 2862 km avec la Chrysler Valiant. Ces performances correspondent à peu près au kilométrage annuel autorisé pour les véhicules désignés comme véhicule vétérans dans leur permis de circulation (code 180). La période des essais de conduite comprise entre le printemps et l'automne correspond également à leur période d'utilisation habituelle.

Voici les observations et impressions des conducteurs et conductrices:

- La VW Golf a consommé un total de 297,5 litres d'essence biosynthétique. Cela correspond à une consommation moyenne de 8,8 litres aux 100 kilomètres.
- La Chrysler Valiant a consommé 443 litres d'essence biosynthétique, ce qui correspond à une consommation moyenne de 15,5 litres aux 100 kilomètres.
- Les essais de conduite avec de l'essence biosynthétique n'ont montré aucune différence notable pour les deux véhicules par rapport à l'essence fossile. En particulier, le comportement de démarrage à froid et de préchauffage, la réponse de l'accélérateur, la conduite constante à régime moyen, la puissance disponible et la consommation sont restés inchangés avec le carburant d'essai.
- L'odeur des gaz d'échappement des deux véhicules diffère légèrement de celle de l'essence fossile, mais elle n'a pas été perçue comme gênante. Aucune enquête appropriée sur la formation d'odeurs n'a été entreprise, car cela aurait dépassé le cadre du projet. On peut toutefois supposer que la composition légèrement différente de l'essence et la teneur légèrement plus élevée en MTBE se reflètent également dans les hydrocarbures non brûlés.
- Les mesures de monoxyde de carbone au point mort ainsi que l'expertise des bougies d'allumage n'ont pas non plus révélé d'anomalies.

b) Analyses d'huile

Outre la lubrification, l'huile moteur présente également d'autres fonctions importantes telles que le nettoyage des surfaces ou le refroidissement et l'étanchéité des composants. L'influence de nouveaux carburants sur l'huile moteur pourrait avoir une incidence sur ces fonctions, ce qui pourrait s'avérer crucial pour la durée de vie des moteurs.

Afin de déterminer si le passage de l'essence fossile à l'essence biosynthétique a une influence sur l'huile moteur, trois échantillons d'huile ont été prélevés au total sur les deux véhicules pendant les essais de conduite: un premier après 40 km, un deuxième après environ 1500 km et un troisième après environ 3000 km. Ils ont été analysés dans le laboratoire de Motorex en ce qui concerne les propriétés physiques telles que la densité, la viscosité, le comportement à l'ébullition/les points d'éclair, l'oxydation par IR, les éléments d'usure ainsi que les propriétés chimiques telles que le Total Base Number (TBN) ou le Total Acid Number (TAN), qui caractérisent la capacité d'absorption de l'acide de l'huile moteur et donc son état de vieillissement. En outre, toute une série de substances propres à l'huile et étrangères à l'huile ont été analysées afin de pouvoir faire des interprétations pertinentes sur la qualité de l'huile et la lubrification du moteur des deux véhicules test. Les résultats ont été comparés à chaque fois avec l'huile neuve remplie.

En résumé, les variations en pourcentage sont les suivantes, l'huile neuve étant représentée à 100% (Illustration 16):

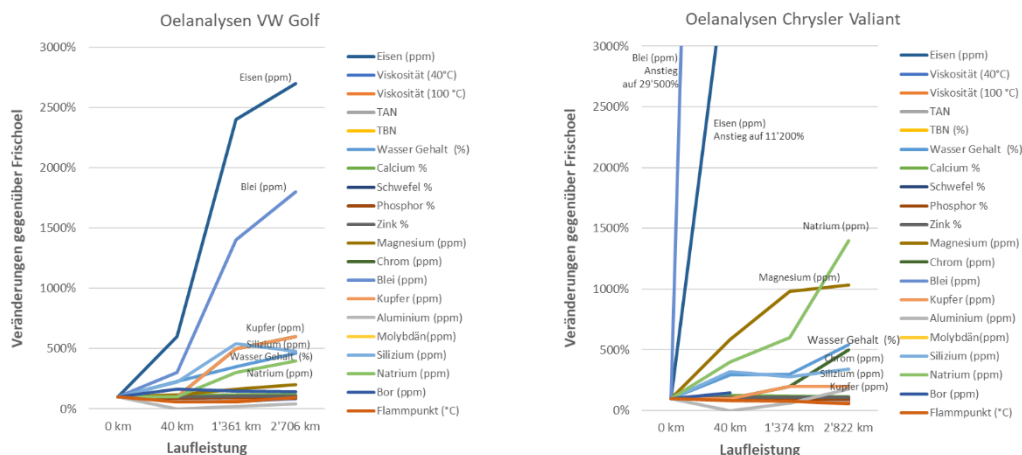


Illustration 16: Résultats des analyses d'huile de la VW Golf (à gauche) et de la Chrysler Valiant (à droite); voir également Illustration 18 pour les composants en fer et en plomb

Les analyses d'huile ont révélé un comportement qui ne pose globalement aucun problème. Seules la diminution de la viscosité sur les deux véhicules et la forte augmentation des teneurs en fer et en plomb sur la Chrysler Valiant ont fait l'objet d'une interprétation et d'une analyse plus poussées afin de s'assurer qu'aucun effet n'a été négligé.

▪ Viscosité de l'huile moteur

Les deux véhicules ont montré une baisse de viscosité ou une résistance à l'écoulement (Illustration 17). Une viscosité trop faible peut nuire à l'action générale du film lubrifiant.

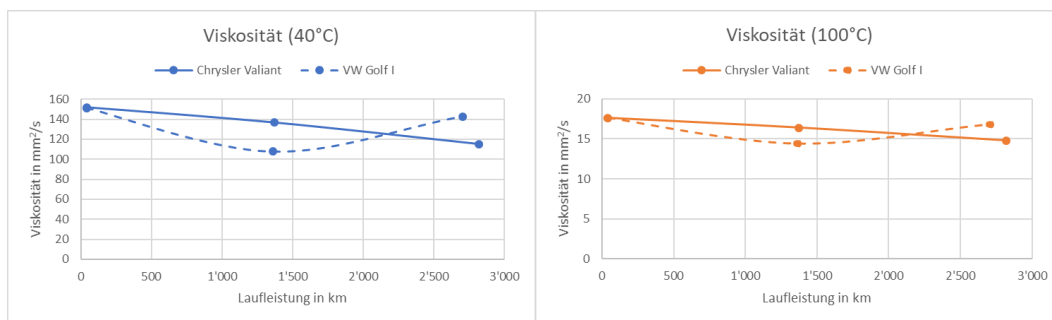


Illustration 17: Évolution de la viscosité de l'huile moteur en fonction du kilométrage

La baisse de viscosité peut s'expliquer par la dilution de l'huile moteur par l'essence qui pénètre dans l'huile moteur par des gaz d'échappement (écoulement du mélange carburant/air non brûlé de la chambre de combustion dans le carter moteur via les segments de piston). En l'absence de comparaison entre les véhicules en service avec de l'essence fossile, il n'existe pas de valeur de comparaison directe, mais on peut considérer qu'une diminution de la viscosité due à la dilution de l'essence est normale à ce niveau sur les véhicules classiques et ne pose aucun problème. En conséquence, les points d'éclair supérieurs à 200 °C pour l'huile neuve sont tombés à environ 115 °C pour les deux véhicules; de manière continue pour la Chrysler Valiant et à mi-distance jusqu'au deuxième essai pour la VW Golf.

Lors du dernier essai, le point d'éclair de l'huile moteur de la VW Golf s'élevait à 198 °C, soit pratiquement la même valeur qu'avec l'huile neuve. Cela peut être dû à un trajet plus long avec des charges plus élevées (par exemple, sur autoroute), au cours duquel l'essence est à nouveau évaporée dans l'huile moteur.

La dilution de l'huile moteur dans l'essence est nettement plus élevée dans les véhicules classiques que dans les véhicules modernes en raison de l'étanchéité plus faible de la chambre de combustion dans le carter moteur ou de la qualité du mélange, notamment lors du démarrage à froid ou du préchauffage. C'est pourquoi seules des huiles moteur relativement visqueuses (p. ex. 20W-50) sont homologuées pour les véhicules plus anciens par rapport aux véhicules modernes. Étant donné qu'il n'y a pas de différences significatives par rapport à l'essence fossile en ce qui concerne le comportement à l'ébullition ou la composition de l'essence biosynthétique, à l'exception d'une part accrue de MTBE, on peut supposer que le passage de l'essence fossile à l'essence biosynthétique n'entraînera pas de différences en ce qui concerne la dilution de l'huile moteur ou la viscosité.

- *Teneurs en fer et en plomb*

La forte augmentation de la teneur en fer et en plomb de l'huile moteur de la Chrysler Valiant a suscité une plus grande attention. Sur la VW Golf, les valeurs n'ont augmenté que de 1 ppm à 27 ppm (fer) et de 1 ppm à 18 ppm (plomb), ce qui correspond dans les deux cas à une évolution non critique. En revanche, celles de la Chrysler Valiant sont passées de 1 ppm à 112 ppm (fer) et de 1 ppm à environ 300 ppm (plomb), ce qui est considéré comme élevé (Illustration 18). Les valeurs inférieures à 100 ppm sont considérées comme non critiques.

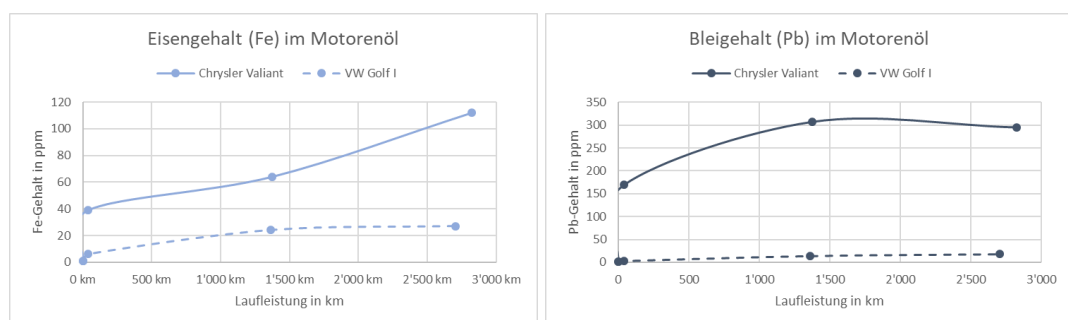


Illustration 18: Teneur en fer et en plomb dans l'huile moteur en fonction du kilométrage

L'abrasion mécanique semble être la cause de l'augmentation du fer dans l'huile moteur de la Chrysler Valiant. Comme les valeurs ont déjà fortement augmenté pendant les 40 premiers kilomètres (première analyse d'huile), on peut exclure l'effet provoqué par le changement de carburant et privilégier la piste d'une abrasion préexistante. La forte augmentation enregistrée sur les 40 premiers kilomètres laisse supposer l'existence d'un dépôt correspondant, par exemple dans le carter à huile ou dans des passages d'huile. Après 40 km, les valeurs ont continué d'augmenter au-delà du kilométrage, ce qui indique une entrée continue due à l'abrasion. Les valeurs de la VW Golf se sont maintenues à un niveau nettement inférieur pendant toute la durée de fonctionnement.

La teneur en plomb de l'huile moteur de la Chrysler Valiant a également fortement augmenté dès les 40 premiers kilomètres, ce qui exclut de fait toute détérioration des paliers due au changement de carburant. Il est certain qu'un tel dommage prendrait plus de temps et entraînerait vraisemblablement une augmentation progressive des valeurs et non une évolution dégressive, comme on l'a vu ici. Étant donné qu'une dégradation potentielle des paliers en plomb dans le moteur limiterait considérablement l'utilisation de l'essence biosynthétique sur les véhicules classiques, des études supplémentaires ont été effectuées.

a) Analyse des matières solides dans l'huile moteur

En cas de présence de fer et de plomb dans l'huile moteur, il est déterminant de savoir s'il s'agit de matières solides ou de composés dissous dans l'huile moteur. Les matières solides peuvent endommager le moteur en raison d'une abrasion supplémentaire, alors que l'influence des composés dissous dans l'huile moteur est faible. Pour déterminer la part de fer et de plomb, les matières solides des deuxième et troisième échantillons d'huile de la Chrysler Valiant ont été filtrés par Motorex et analysés de manière plus approfondie par l'Empa au moyen de la microscopie électronique à balayage (MEB) et de la spectroscopie à rayons X à dispersion d'énergie (EDX). De nombreux résidus de particules ont été trouvés sur les deux échantillons, dont la forme (angulaire, à arêtes vives) et la taille (particules > 5 µm) sont assez comparables. Selon l'analyse EDX, ces résidus se composent en grande partie de fer, parfois aussi d'étain et de zinc ainsi que de composants organiques. La répartition était relativement homogène sur les deux filtres. En raison de la forme à arêtes vives, il faut conclure à une abrasion mécanique sur le fer.

De plus, sur un petit nombre de particules d'abrasion à la surface, des particules nettement plus petites ont été détectées, dont la forme (rondes) et la taille (de 50 à 200 nm) sont également assez comparables. Selon l'analyse EDX, ces petites particules ont une teneur élevée en plomb et sont réparties de manière non homogène sur les particules d'abrasion les plus grosses et sur le filtre. La taille et la morphologie des agglomérats en plomb n'indiquent pas d'abrasion (voir l'illustration 19 comme représentation typique des différentes analyses).

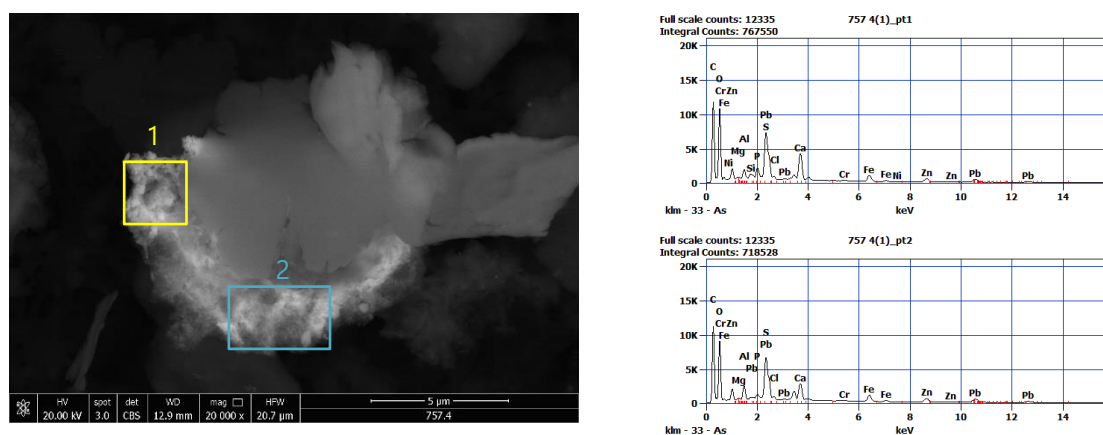


Illustration 19: Image MEB d'une particule de fer (à gauche) et spectre EDX (à droite) des deux agglomérats identifiés sur l'imagerie MEB

La quantité de plomb sous la forme de ces petites particules est très faible par rapport à la quantité extrapolée qui a été analysée dans l'huile moteur. Le plomb est donc principalement présent sous forme dissoute. Deux origines sont possibles: il peut s'agir de dépôts de plomb provenant d'une utilisation antérieure avec de l'essence au plomb, ou le MTBE attaque des composants contenant du plomb. La première semble la plus probable, étant donné que le véhicule a été alimenté par de l'essence au plomb pendant plusieurs décennies et que des dépôts de plomb se sont peut-être formés à différents endroits conducteurs d'huile, qui se dissolvent maintenant lentement en raison de la solubilité légèrement plus élevée du MTBE dans l'essence biosynthétique. La seconde est peu probable, car les effets de la teneur plus élevée de MTBE ou de la solubilité légèrement plus élevée du carburant biosynthétique – seule différence significative par rapport à l'essence fossile – doivent être considérés comme minimes.

La solubilité d'une substance peut être évaluée à partir de son pouvoir d'élution. Celui-ci décrit la capacité à extraire, détacher ou extraire des composés chimiques ou des dépôts d'une substance. Le MTBE présente un pouvoir d'élution légèrement supérieur à celui de l'essence, mais nettement inférieur à celui du méthanol ou de l'éthanol.

Afin d'éviter que le MTBE ne s'attaque aux paliers en plomb, Motorex a mis en place un dispositif expérimental en laboratoire qui a exposé des coques de palier en plomb à une huile moteur enrichie en MTBE pendant 330 heures à 80 °C (Illustration 20). La durée d'exposition de 330 heures correspondrait, sur un véhicule roulant à une vitesse moyenne de 50 km/h, à un kilométrage de 16 500 km. Les surfaces des coques de palier ont été polies au papier abrasif avant l'essai.



Illustration 20: Coques de palier contenant du plomb (à gauche) et dispositif expérimental (à droite) pour analyser l'attaque d'un mélange de 10% de MTBE et 90% de TOPAZ SAE 20W-50 à 80 °C

L'examen ultérieur des coques de palier n'a révélé aucune modification du matériau du palier; toutefois, une légère augmentation de la teneur en plomb de l'huile moteur, de 4 à 13 ppm, a été constatée au cours de l'exposition de 330 heures à 80 °C. Par ailleurs, l'huile moteur est restée inchangée après les essais et aucune oxydation, corrosion ou autre réaction chimique n'est détectable sur les composants. La faible augmentation de la teneur en plomb n'est vraisemblablement pas due à la solubilité légèrement supérieure du MTBE par rapport à l'essence, mais au fait que le plomb est un matériau souple qui se détache plus facilement des surfaces que d'autres matériaux. Concrètement, cela signifie que cette faible quantité de plomb introduite dans l'huile moteur est due à un effet d'écoulement du dispositif expérimental et qu'une attaque au plomb par le MTBE peut être exclue.

Outre les essais en laboratoire mentionnés ci-dessus, les essais de conduite avec la Chrysler Valiant à l'essence biosynthétique ont été prolongés d'environ 1000 km supplémentaires après une nouvelle vidange d'huile. Parallèlement, un second véhicule du même type, doté d'une motorisation comparable, mais fonctionnant exclusivement à l'essence fossile, a été inclus dans la comparaison. Les analyses d'huile effectuées pendant le fonctionnement des deux véhicules ont montré que les deux véhicules se comportaient de manière très similaire (Illustration 21). Les résultats varient assez fortement, car il est très difficile de prélever toujours les mêmes échantillons d'huile.

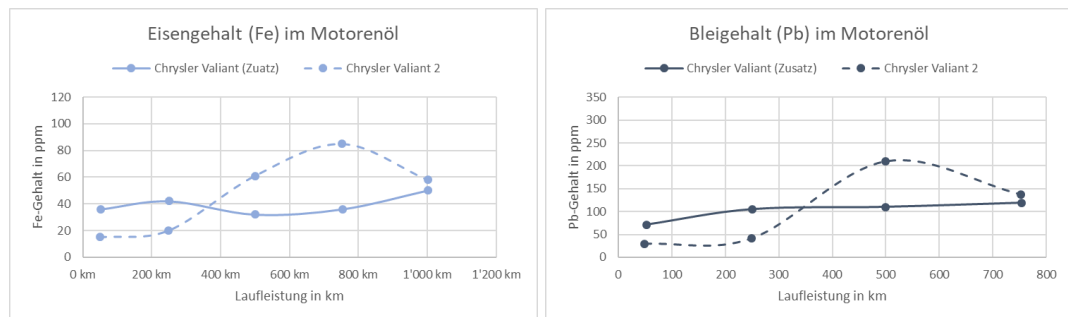


Illustration 21: Analyses d'huile pour l'utilisation supplémentaire de la Chrysler Valiant avec de l'essence biosynthétique et de la deuxième Chrysler Valiant, fonctionnant à l'essence fossile

Par rapport à la VW Golf (Illustration 18), les teneurs en fer et en plomb de l'huile moteur se situent à un niveau élevé, mais pas différent, aussi bien pour la Chrysler Valiant qui fonctionne à l'essence biosynthétique que pour la Chrysler Valiant qui fonctionne parallèlement à l'essence fossile. De plus, il semble qu'une certaine abrasion du fer n'est pas inhabituelle pour ce type de moteur.

Sur la base de ces résultats, on peut supposer que l'augmentation de la teneur en plomb dans l'huile moteur peut être attribuée à la dissolution légèrement accrue des dépôts de plomb dans le système d'huile et non à une attaque du plomb par le MTBE. Une solubilité légèrement plus élevée de l'essence biosynthétique est une conséquence de la part plus importante de MTBE par rapport à l'essence fossile. L'absorption inoffensive d'impuretés ou de substances étrangères est l'une des fonctions de l'huile moteur, ce qui semble bien fonctionner dans le cas présent.

Étant donné que l'huile moteur des véhicules classiques est généralement changée beaucoup plus souvent que celle des véhicules modernes, on peut partir du principe que l'utilisation de l'essence biosynthétique ne pose aucun problème en ce qui concerne la compatibilité avec l'huile. Dans l'ensemble, il est recommandé d'espacer les vidanges au moins autant que pour l'essence fossile.

En conclusion, on peut dire que l'utilisation de véhicules classiques avec de l'essence biosynthétique ne se heurte en principe à aucun obstacle. Aucune anomalie n'est imputable au nouveau carburant, ni sur des composants concrets directement exposés à ce carburant, ni en fonctionnement normal. De plus, le comportement des gaz d'échappement et les caractéristiques de puissance sont presque identiques.

Dans l'ensemble, l'essence biosynthétique semble appropriée pour rendre le fonctionnement des véhicules classiques nettement plus respectueux de l'environnement, sans que les caractéristiques de ces véhicules ne nécessitent de transformations, telles qu'un passage à l'électrique.