

Huiles de chaînes de tronçonneuses: Teneurs en métaux et en composés aromatiques polycycliques

Novak, M.H.¹



*Etude coordonnée par la Faculté universitaire des Sciences agronomiques de Gembloux pour le compte de ValBiom,
avec le soutien du Ministère de la Région wallonne – Direction générale de l'Agriculture*

¹ Faculté universitaire des Sciences agronomiques de Gembloux

Introduction

Un bûcheron professionnel utilise en moyenne 3 litres d'huile de chaîne de tronçonneuse par jour. L'huile contenue dans un petit réservoir s'écoule sur le guide chaîne et assure, lors de la rotation de la chaîne, la lubrification des pièces en mouvement. Une petite quantité de l'huile reste accrochée au bois tandis que le reste est éjecté sous forme de gouttelettes de la chaîne vers le milieu environnant (air et sol).

Lors du remplissage du réservoir d'huile, l'utilisateur et l'environnement sont également en contact direct avec le produit. L'opération est d'autant plus délicate que cette huile est particulièrement visqueuse, puisque l'aspect « collant » ou « filant » est recherché dans cette application.

Il est donc important que l'huile utilisée ne présente pas de risques ni pour la santé, ni pour le milieu. Les paramètres couramment pris en compte dans l'élaboration de normes ou de labels sont la biodégradabilité (mesure de la disparition de la substance mise en présence de microorganismes dans des conditions standardisées) et la toxicité (concentration à laquelle la substance est létale pour 50% d'une population de bactéries, algues, poissons, etc.).

Cependant, si les méthodes d'évaluation de ces deux paramètres sont lentes, onéreuses et délicates dans leur mise en œuvre, les résultats ne sont plus à démontrer : les huiles végétales sont plus rapidement biodégradables que la plupart des bases minérales, et leur toxicité est de loin inférieure (Battersby).

C'est pourquoi la présente étude a choisi d'évaluer la qualité écologique d'huiles de chaînes du commerce, en se basant, sur des analyses de routine que sont la détermination des métaux (analyse couramment effectuée dans le cas du suivi des huiles moteurs ou hydrauliques) et, dans le cas d'huiles minérales, la mesure de l'extrait DMSO (qui donne une indication de la teneur en composés aromatiques polycycliques).

Enfin, des analyses permettant de reconnaître la présence d'huile végétale dans le lubrifiant ont été pratiquées, avec comme objectif à moyen terme, la mise au point d'une méthode rapide et pratique de terrain.

L'échantillonnage s'est limité à quinze huiles du commerce, à la fois des huiles classiques (minérales) et des huiles présentées comme éco-compatibles. Nous avons également ajouté dans l'échantillonnage une huile de vidange étant donné que la pratique d'en utiliser pour lubrifier les chaînes de tronçonneuses n'est pas rare.

Matériel et méthodes

Seize échantillons ont été retenus, huit parmi des huiles dites « bio » (identifiées par B--), sept huiles minérales classiques (identifiées par M--) et une huile moteur usagée (VID, huile de vidange). Trois répétitions ont été prévues pour une des huiles minérales et pour une des huiles « bio ».

Les marques d'huiles ont été sélectionnées en fonction des disponibilités commerciales des établissements visités. L'échantillonnage ne se veut donc pas représentatif des produits distribués dans le commerce. Le choix s'est porté tant sur des marques connues que sur des « produits blancs » (B10, Mm, M9 et M5), certains présentant un étiquetage très limité. L'huile de vidange dont la durée de service est relativement courte (5000 km) a été prélevée sur une voiture à essence individuelle.

Avant leur envoi, les huiles ont été transvasées dans des flacons qui ne permettaient plus au laboratoire d'en identifier la marque. Le laboratoire indépendant qui a effectué les analyses a appliqué les méthodes reprises dans le [tableau 1](#).

Tableau 1 : Méthodes analytiques et normes utilisées.

Analyse	Norme	Méthode
Viscosité cinématique	ASTM D 445	La viscosité cinématique est mesurée à 40°C et à 100°C. Elle est obtenue à partir de la mesure du temps d'écoulement du produit (sous l'effet de la pesanteur) sous une charge reproductible et une température contrôlée dans un viscosimètre de diamètre calibré. L'index de viscosité est calculé (abaque) à partir des mesures de viscosité à deux températures différentes.
Métaux	ASTM 4951	Mesure par ICP (torche à plasma). Cette méthode de test couvre la détermination quantitative du Baryum, Bore, Calcium, Cuivre, Magnésium, Phosphore, Soufre, et Zinc dans des lubrifiants non usagés et dans les packages d'additifs.
Indice d'iode	ASTM 1959	L'indice d'iode est le nombre de grammes d'iode fixé par 100 g de produit.
Aromatiques polycycliques (PNA)	IP 346	Une partie de l'échantillon à analyser est pesée et diluée avec du Cyclohexane et extrait deux fois avec du Diméthyl Sulfoxyde (DMSO) à une température de 23 +/- 2°C. Les extraits sont réunis, dilués dans une solution aqueuse salée, et extraits à nouveau deux fois avec du Cyclohexane. Après avoir lavé et séché les extraits de Cyclohexane, le solvant DMSO est retiré. L'extrait (résidu de PCA) est ensuite pesé. Le domaine d'application de la méthode va de 1 à 15 %. Cette méthode n'est pas significative pour des lubrifiants additivés.

Hypothèses

Hypothèse 1 : Certaines huiles de chaîne minérales sont des huiles recyclées qui peuvent contenir des substances toxiques.

Hypothèse 2 : Les huiles de chaîne étiquetées « bio » sont moins nocives pour l'environnement et la santé.

Résultats et interprétation des résultats

Répétitions

Pour deux huiles, trois échantillons distincts ont été prélevés dans le bidon de départ et soumis à l'analyse afin d'en évaluer la répétitivité.

La répétitivité des résultats est acceptable (avec une marge de 5 %) pour les analyses de viscosité (*Tableau 2*). Les mesures d'index d'iode et d'extrait DMSO présentent une très grande variation inexplicable entre échantillons dans le cas de l'huile minérale.

Avec une marge d'erreur de 5 ppm sur les résultats, les teneurs en métaux sont comparables, sauf dans 3 cas où une différence allant jusqu'à 20 % entre les échantillons est observée (Ca, Mg et Zn de l'huile minérale). Il semble que la précision soit moins bonne dans le cas de fortes teneurs en éléments.

Dans la suite, la valeur moyenne arithmétique des trois mesures est prise comme valeur de l'échantillon (renommés « Bm » et « Mm »).

Tableau 2 : Reproductibilité des résultats d'analyses.

N°	Viscosité cst		IV	Index iode *	PNA %m/m	Ca	Mg	Zn	P	Si	Bo	Na	Fe	Cr	Sn	Al	Cu	Pb	Mo
	40°C	100°C																	
B1	175,33	23,5 24,1	163	93		5	2	1	114	1	2	0	0	0	1	1	0	1	0
B6	175,13	1 23,5	168	91		5	1	1	109	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0
B19	181,82	6 23,7	158	93		4	0	2	106	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Moy	177,43	2	163	92		5	1	1	110	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0
ET	3,81	0,34	5,00	1,15		1	1	1	4	1	1	0	0	0	1	1	0	1	0
M4	148,91	6 14,5	96	16	2,7	1250	48	349	423	5	105	5	1	0	1	5	0	2	8
M12	151,83	14,5 14,4	94	6	3	1280	49	357	435	5	108	6	1	0	1	4	0	2	8
M15	149,76	4 14,5	95	8	0,8	1160	39	322	410	3	100	8	1	0	0	1	0	0	7
Moy	150,17	14,5	95	10	2,2	1230	45	343	423	4	104	6	1	0	1	3	0	1	8
ET	1,51	0,06	1	5,29	1,2	62	6	18	13	1	4	2	0	0	1	2	0	1	1

*: en cg l/g éch

En grisé : les répétitions montrent des résultats inexplicables.

Viscosité cinématique

Les mesures de viscosité cinématique de l'huile « bio » montrent une plus grande variabilité que celles de l'huile minérale, tant pour la viscosité à 40°C qu'à 100°C, si bien que l'indice de viscosité, qui traduit la variation de viscosité en fonction de la température, apparaît comme un facteur discriminant du caractère minéral ou non de l'huile (*Tableau 3* et *Figure 1*).

Cela signifie que la viscosité des huiles « bio » est moins sensible à la température que celle des huiles minérales. A 40°C, les huiles « bio » apparaissent plus fluides mais en fonctionnement, dès que la température s'élève, elles deviennent aussi visqueuses que les huiles minérales (voire plus visqueuses puisque en moyenne, notre échantillon atteint 18 cst pour les huiles bio et 14 cst pour les huiles minérales à 100°C).

La température n'est pas le seul facteur de variation des propriétés de viscosité, les gradients de vitesse appliqués par la rotation de la chaîne pourraient entraîner des modifications non négligeables de la viscosité.

De même, bien que la viscosité soit un des paramètres influençant le comportement du lubrifiant, elle n'est pas le seul à entrer en jeu : la « filance » et l'adhésivité, etc. sont aussi à considérer, mais il est plus difficile de les mesurer.

A noter qu'une des huiles éco-compatibles (Bm) a une viscosité à 40°C très élevée, même supérieure à celle des huiles minérales (excès d'additifs ?).

Tableau 3 : Résultats des mesures de viscosité en cst.

N°	V 40°C	V 100°C	IV
B3	59	12	214
B7	59	13	236
B10	63	15	246
B11	35	8	212
B13	75	17	243
B14	106	28	> 200
B17	72	17	249
Bm	177	24	163
moyenne	88	18	223

N°	V 40°C	V 100°C	IV
M2	119	14	112
M5	139	16	118
M8	145	13	81
M9	161	15	95
VID	88	13	150
M18	133	14	100
M20	149	15	98
Mm	150	15	95
moyenne	130	14	111

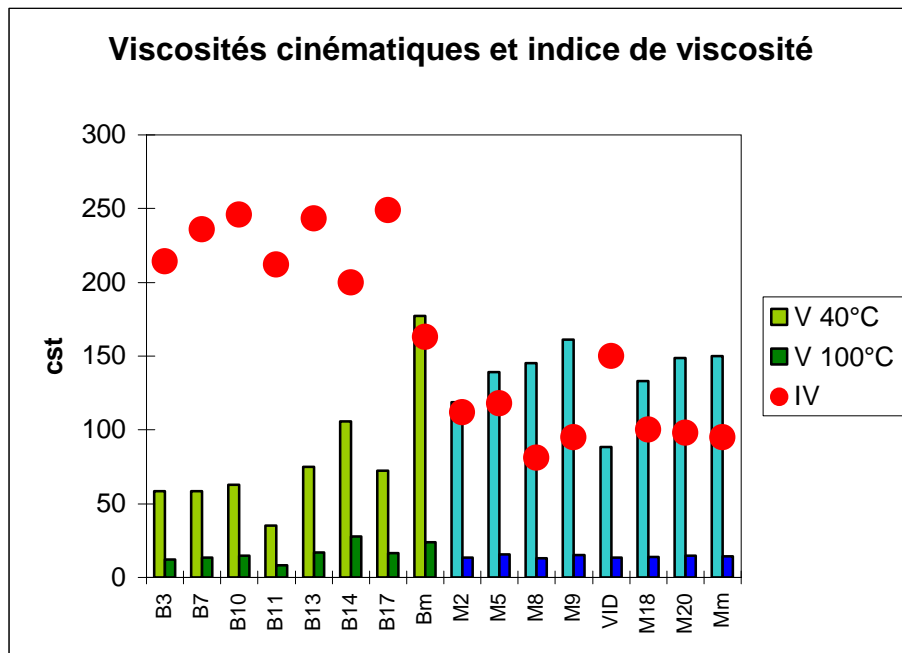


Figure 1 : Représentation graphique des résultats de viscosité selon ASTM D 445.

Indice d'iode

L'indice d'iode est le nombre de grammes d'iode fixé sur les doubles liaisons de 100 g de matière grasse. Il permet de connaître le degré d'insaturation d'un acide gras. C'est une évaluation de sa facilité à rancir, puisque plus il contiendra d'insaturations plus il sera sensible à l'O₂.

C'est pourquoi il permet de discerner les produits majoritairement à base d'huiles végétales des huiles minérales (*Figure 2*).

Dans l'échantillon soumis à l'analyse, l'indice d'iode est en moyenne de 7 cg I-/g éch pour les huiles minérales et de 111 cg I-/g éch (compris entre 108 et 124) pour les huiles « bio », ce qui correspond à la plage mentionnée dans la littérature pour les huiles végétales telles que le colza, le tournesol, l'arachide et l'olive (*Figure 3 et Annexe 1*). L'échantillon « Bm » se distingue à nouveau des autres huiles, avec un indice d'iode plus faible (93 cg I-/g éch).

Ces indications semblent confirmer que l'huile de base constituant les huiles de chaîne « bio » serait de l'huile végétale, le colza étant l'option la plus plausible du point de vue économique.

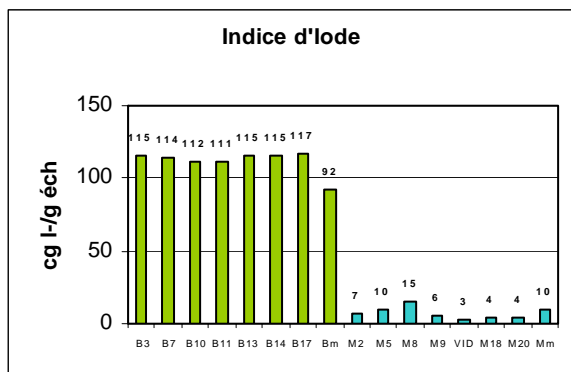


Figure 2 : Représentation graphique des mesures d'indice d'iode selon ASTM 1959.

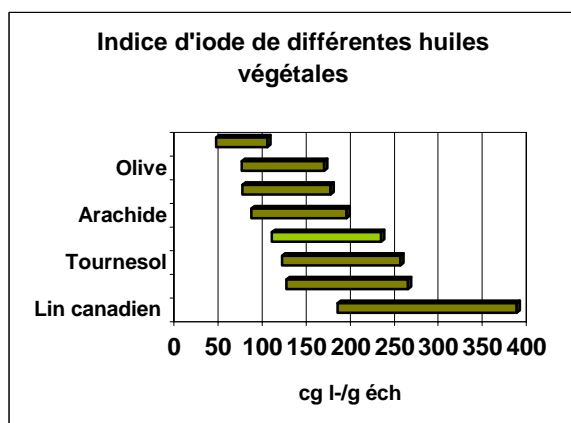


Figure 3 : Indice d'iode de différentes huiles végétales.

Hydrocarbures aromatiques polycycliques

Les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) sont des contaminants composés à base de carbone et d'hydrogène qui comprennent un ou plusieurs anneaux de benzène, produits par la combustion de la matière organique.

D'après Denis & al., les HAP trouvés dans les lubrifiants (moteur) proviennent pour la plupart du carburant des véhicules, principalement ceux à essence car ce carburant est riche en aromatiques. Les aromatiques s'éliminent difficilement et peuvent se retrouver dans certaines huiles provenant de procédés de raffinage classique (huiles « régénérées »).

Il y a plusieurs dizaines de HAP, dont la toxicité est très variable: des expériences sur l'animal ont montré que certaines substances appartenant au groupe des HAP avaient un pouvoir cancérogène et que certaines d'entre elles avaient même des effets mutagènes. Le pouvoir cancérogène du benzo[a]pyrène est clairement établi.

Toutefois, selon l'Agence de l'eau Seine-Normandie, les enjeux liés à la présence des HAP anthropogéniques dans l'environnement (air, eau, sol) s'expriment davantage en termes de protection des écosystèmes qu'en termes de santé publique. Ils sont en effet peu dégradables et bioaccumulables. A titre d'information, la valeur comparée de référence pour des sols forestiers en Allemagne est de 1,5-4 µg/kg MS (GTZ).

La teneur en composés aromatiques polycycliques est corrélée avec la teneur en « extrait DMSO », selon la méthode IP 346. Selon une directive européenne (« adaptation au progrès technique des substances dangereuses »), cet extrait DMSO doit être inférieur à 3 % en masse.

Les mesures effectuées sur des huiles de chaînes minérales (*Figure 4*) montre que :

- 5 résultats se situent en-dehors du domaine d'application de la méthode ;
- seules deux huiles respectent la norme (< 3%).

Les 4 valeurs très élevées pourraient être dues à la présence de l'additif (rappelons que la méthode n'est pas applicable pour les lubrifiants additivés) qui entraînerait une grande quantité de la substance dans l'extrait DMSO.

Il n'en reste pas moins que les valeurs élevées en extrait DMSO sont étonnantes dans des huiles de chaîne, et qu'une investigation complémentaire s'impose.

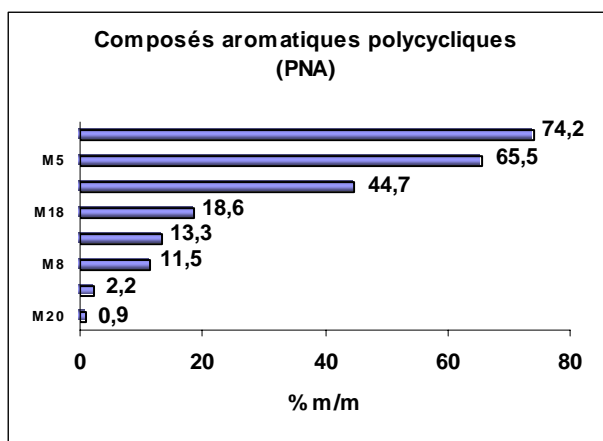


Figure 4 : Teneur en composés aromatiques polycycliques des huiles de chaîne minérales selon IP 346.

Teneur en métaux

Huiles minérales

Une huile minérale vierge ou une huile végétale contient très peu de métaux. Dans un lubrifiant en service, les métaux proviennent (VanDievoet) :

- des additifs : calcium et magnésium (entrant dans la composition d'additifs détergents), phosphore (un additif anti-usure couramment utilisé est à base de dithiophosphate de Zn), Bore (additif dispersant) ;
- de l'usure mécanique des pièces en contact avec le lubrifiant: fer, **cuivre**, **chrome**, nickel, étain, **plomb**, argent, antimoine, cobalt, aluminium, magnésium ;

- de contaminations externes : silice (sable), sodium et potassium (antigel).

Les métaux dits « lourds »² proviennent donc essentiellement de l'usure, c'est-à-dire qu'ils peuvent se trouver dans une huile usagée (huile de vidange).

Ils sont dangereux pour l'environnement car ils ne sont pas dégradables, de plus ils sont enrichis au cours de processus minéraux et biologiques, et finiront par s'accumuler dans la nature. Les métaux lourds peuvent également être absorbés directement par le biais de la chaîne alimentaire entraînant alors des effets chroniques ou aigus. Parmi ces « métaux lourds », le **Plomb** est connu pour entraver la synthèse de l'hémoglobine et modifier la composition du sang. Il agit également sur le système nerveux central. Son intoxication chronique constitue le saturnisme.

Selon la norme ASTM D 6074 citée plus haut, l'analyse élémentaire d'une huile de base lubrifiante ne devrait pas montrer de niveaux supérieurs à **25 ppm**³ pour chaque élément.

La teneur en métaux par ICP des huit **huiles de chaîne minérales** analysées (selon ASTM D 4951) indique que (*Tableau 5*):

- toutes respectent les normes admises pour les métaux.
- Les teneurs élevées en Ca, Mg, Zn, P et Bo proviennent d'additifs.
- La teneur en Chrome et en Plomb sont négligeables.
- L'huile de vidange contient 15 ppm d'Aluminium.

Tableau 4: teneur en métaux d'huiles de chaînes minérales et d'une huile de vidange (en ppm)

N°	Ca	Mg	Zn	P	Si	Bo	Na	Fe	Cr	Sn	Al	Cu	Pb	Mo
VID	1230	294	747	634	5	53	0	5	1	0	15	2	0	0
Mm	1230	45	343	423	4	104	6	1	0	1	3	0	1	8
M5	654	19	308	333	3	9	0	1	0	0	4	0	0	0
M9	131	9	51	61	2	1	0	0	0	0	5	0	2	0
M2	74	17	56	60	2	9	0	0	0	0	3	0	0	1
M18	52	0	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
M8	44	5	25	25	1	1	0	0	0	0	2	0	0	2
M20	7	6	8	8	2	1	0	0	0	1	5	0	3	0

Deux huiles (Mm et M5) montrent une composition en additifs proche de celle de l'huile de vidange. Il s'agit presque certainement d'huiles moteur recyclées, qui ne contiennent toutefois pas de métaux lourds.

Huiles « bio »

Les huiles « bio » (*Tableau 6*) ont une teneur faible en métaux provenant de l'usure, à l'exception d'un échantillon qui montre une teneur anormalement élevée en Aluminium. II

² Il n'existe pas de définition stricte des « métaux lourds ». Selon le CITEPA (« Emissions dans l'air en France – métropole – Métaux lourds », Mise à jour du 15 mai 2003), les métaux lourds correspondent à: Arsenic (As), Cadmium (Cd), Chrome (Cr), Cuivre (Cu), Mercure (Hg), Nickel (Ni), Plomb (Pb), Sélénium (Se), Zinc (Zn).

³ Selon D5185-D4951-D4927-D4628

pourrait s'agir d'une contamination de l'échantillon pendant les manipulations, mais l'analyse n'a pas été répétée.

Le profil en métaux de toutes les huiles bio semble indiquer une huile de première utilisation.

Tableau 5: teneur en métaux d'huiles de chaînes « bio » (en ppm)

N°	Ca	Mg	Zn	P	Si	Bo	Na	Fe	Cr	Sn	Al	Cu	Pb	Mo
B14	2	2	0	4	7	4	0	0	0	0	501	0	1	0
B1m	5	1	1	110	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0
B11	3	4	1	103	2	6	0	0	0	1	1	0	0	0
B10	4	9	1	32	4	1	0	1	1	0	7	1	3	1
B17	2	6	0	3	2	1	0	0	0	1	5	0	3	0
B7	2	2	1	0	1	0	0	0	0	0	3	0	0	0
B13	4	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
B4	1	2	0	0	1	0	0	0	0	0	3	0	0	0

Vérification des hypothèses

Hypothèse 1 : Certaines huiles de chaîne minérales contiennent des substances toxiques : PEUT-ÊTRE VRAIE pour les aromatiques, FAUSSE pour les métaux lourds

L'analyse des huiles de chaîne de tronçonneuses minérales montre que la majorité des échantillons analysés présentent un extrait DMSO très élevé, qui pourrait indiquer la présence d'hydrocarbures aromatiques polycycliques. Toutefois, la méthode de mesures utilisée sortant de son cadre d'application, aucune conclusion ne peut être tirée sur ces observations

Dans notre échantillon, une huile provenant certainement d'un circuit de « régénération » présente une teneur en extrait DMSO sous la limite acceptable. Il n'y aurait dès lors pas de lien entre ces deux aspects.

La teneur en métaux des échantillons analysés ne dépasse pas les normes admises.

Hypothèse 2 : Les huiles de chaîne « bio » sont moins nocives pour l'environnement et la santé : VRAIE

Le risque lié aux métaux lourds ayant été écarté pour les huiles composant notre échantillon, et moyennant la vérification de la teneur en Aluminium d'un échantillon « bio », il apparaît que les huiles commercialisées, tant minérales que « bio » respectent les normes de teneurs en métaux lourds.

Toutefois, il faut noter que l'utilisation d'huiles de vidange expose aux risques liés à la contamination de l'huile concernée.

Par contre, au vu des résultats obtenus sur l'extrait DMSO, il faudrait vérifier si les huiles minérales commercialisées contiennent des aromatiques polycycliques.

Les huiles « bio » étant formulées à partir d'une huile de base végétale « neuve », il n'y a aucun risque qu'elles contiennent des composés aromatiques.

Conclusions

Validité des résultats

La première conclusion porte sur la validité des résultats de mesures en général. Dans le cas de l'expérimentation, une marge de 5 % pour les analyses de viscosité et de 5 ppm sur les teneurs en métaux ont été retenues, même si pour ce dernier paramètre une différence allant jusqu'à 20 % entre échantillons identiques est observée.

Les mesures d'index d'iode et d'extrait DMSO présentent une très grande variation dans le cas de l'huile minérale. Des interférences dues à la présence d'additifs dans l'huile peuvent être suspectées. Les méthodes utilisées ne sont pas strictement applicables à des produits formulés.

La forte teneur en Aluminium dans un des échantillons est probablement à attribuer à la présence accidentelle de particules, ce qui reste à confirmer.

Enfin, les échantillons sont loin d'être représentatifs du secteur commercial des huiles de tronçonnesuses.

Résultats

N°	Description	V 40°C	V 100°C	IV	Iode index	Métaux	PNA	Observations
B11	marque	*	*	***	***	OK	OK	
B14	marque	***	***	***	***	!	OK	Al accidentel ?
B3	marque	**	**	***	***	OK	OK	
B13	marque	**	**	***	***	OK	OK	
B7	marque	**	**	***	***	OK	OK	
B17	marque	**	**	***	***	OK	OK	
Bm	marque	****	***	**	***	OK	OK	
B10	BLANC	**	**	***	***	OK	OK	
M16	VID	**	**	**	*	!	***	Ne dépasse pas la norme
M18	marque	***	**	**	*	OK	**	
M8	marque	***	**	*	*	OK	**	
M20	marque	***	**	*	*	OK	OK	
M2	marque	***	**	**	*	OK	***	
M5	BLANC	***	**	**	*	OK	***	régénérée
Mm	BLANC	***	**	*	*	OK	OK	régénérée
M9	BLANC	****	**	*	*	OK	**	

Viscosité

Il est courant de rencontrer des utilisateurs qui se plaignent de la faible « viscosité » des huiles « bio ». En effet, par rapport aux huiles minérales, les huiles végétales présentent, à température ambiante, une plus faible viscosité. Les résultats de mesures effectués à 100°C confirment que cela n'est pas un handicap et qu'un niveau de viscosité similaire à celui des huiles minérales est atteint à température élevée.

Composés aromatiques polycycliques

La teneur en HAP est approchée par la mesure de l'extrait DMSO, qui montre que les huiles « bio » sont plus favorables pour ce critère que les huiles minérales classiques. Les résultats très élevés observés pour la plupart des huiles minérales doivent toutefois être validés par d'autres méthodes.

Métaux lourds

A part une des huiles « bio », dont la teneur en Aluminium est inexplicable (pollution accidentelle ?), aucune huile ne dépasse les limites en métaux.

Les huiles régénérées

Les deux huiles (probablement) régénérées correspondent à des produits non commercialisés par une grande marque. Elles sont indemnes de métaux. L'une des deux ne dépasse pas la norme en extrait DMSO, tandis que la seconde dépasse largement les normes. Par contre, la troisième marque « blanche » d'huile minérale ne semble pas provenir d'un circuit de recyclage d'huile moteur et présente une teneur « moyenne » (mais trop élevée) en extrait DMSO.

Concernant les huiles végétales, à notre connaissance, il n'y a pas de fabricants d'huiles de chaîne utilisant des huiles de friture de récupération.

Identification des huiles végétales

L'indice d'iode apparaît comme un critère pertinent pour pouvoir reconnaître une huile « bio » d'une huile minérale. En effet, l'huile de base constituant les huiles de chaîne « bio » semble provenir du colza, ce qui se traduit dans l'analyse par un indice d'iode élevé (supérieur à 100 cg I-/g éch).

Un test de terrain est en cours d'élaboration par une firme commerciale.

Références

BATTERSBY

DENIS J., BRIANT J., HIPEAUX J.-C., 1977 **Physico-chimie des lubrifiants. Analyses et essais.** Publications de l'Institut français du Pétrole.

DOUGLAS R. DECLERCQ 1998 **Qualité du lin de l'Ouest canadien** Laboratoire de recherches sur les grains - Commission canadienne des grains - Winnipeg (www.ccg.ca et <http://dsp-psd.pwgsc.gc.ca/Collection/A92-15-1998F.pdf>)

GTZ, 1995 **Manuel sur l'environnement.** -Documentation pour l'étude et l'évaluation des effets sur l'environnement- Ministère fédéral allemand de la Coopération économique et du Développement. (BMZ) <http://www.gtz.de/uvp/publika/French/Vol352.htm>

LAYMA Caroline, GOMER Frédéric. 2000. **Les encres végétales dans l'emballage alimentaire.** Mémoire étudiants EFGP (<http://cerig.efpg.inpg.fr/memoire/2000/encres-vegetales.htm>)

MIQUEL Gérard 2001 **Rapport sur les effets des métaux lourds sur l'environnement et la santé.** SÉNAT N° 261 Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques. Annexe au procès-verbal de la séance du 5 avril 2001.

ONIDOL, Avril 2002 **L'huile de Colza, l'Huile équilibrée de Z à A.** Lettre d'information n°2. http://www.prolea.com/onidol/camp_colza/IMAGES/lettre-info2.pdf

LAJOIE Pierre **Les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP).** Centre de santé publique de la région de Québec (http://ecoroute.uqcn.qc.ca/envir/sante/4_pv3.htm)

PALAYER J. **Ecologie des milieux aquatiques.** AGENCE DE L'EAU SEINE-NORMANDIE Nanterre, France <http://www.aesn-etudes.com/fiches/ecol/97ecol3.htm>

VALBIOM, 2003. **Lubrifiants d'origine végétale.** Rapport du Groupe de travail orchestré par ValBiom asbl dans le cadre du projet Filières Agriculture et Ressources Renouvelables en Wallonie. FUSAGx. 40 pages.

Sites consultés :

JEFO, **fiches techniques de l'huile de soja.** <http://www.jefo.ca>

OLISUD, **fiche technique de l'huile de tournesol oléique** - <http://www.olisud.fr>

<http://www.atmolor.org/polluants/metaux.htm>

<http://www.senat.fr/rap/I00-261/I00-26112.html>

Henry Franc, **fiche technique de l'huile de soja.** <http://www.henryfranc.com/lipochimie/index.html>

Annexe 1

Type d'huile	Indice d'iode	Référence
Lin canadien	183-203	Douglas R. & DeClercq 1998
Soja	125-138 (125)	HenryFrank (JEFO)
Tournesol	120-134	Layma & Gomer
Colza	108-124 (115)	OILSUD (ONIDOL)
Arachide	85-108	ONIDOL, 2002
Tournesol oléique	75-100	OLISUD
Olive	74-94	ONIDOL, 2002
Palme	45-58	ONIDOL, 2002