

Des machines pour
nourrir les Hommes



CODEART

asbl

CODEART asbl
15, Chevémont

B-4852 HOMBORG

Tél.: 0032(0)87 78 59 59

Fax: 0032(0)87 78 79 17

info@codeart.org

www.codeart.org

Ce document est mis gratuitement à disposition en ligne sur le site internet de www.codeart.org.

Il est destiné à être diffusé et reproduit largement.

CODEART développe des projets visant à résoudre des problèmes techniques récurrents dans les pays du Sud et en lien direct avec la production et la transformation des productions vivrières par les producteurs locaux eux-mêmes et les artisans locaux qui offrent leur service aux paysans.

CODEART complète son appui technique par l'offre de toute information susceptible d'aider les partenaires dans la maîtrise de technologies nécessaires au développement du pays.

Les productions, plans et savoir-faire développés sont mis à la disposition de l'ensemble des acteurs du secteur du développement tant au Nord qu'au Sud.

Dans les cas justifiés, une version papier peut vous être envoyée sur simple demande à info@codeart.org.

Si vous avez des questions, si vous constatez des imperfections ou si vous avez des expériences similaires à partager, nous vous remercions de nous contacter.

MISE AU POINT D'UN SYSTÈME DE CHAUFFAGE AUTONOME DE L'HUILE DE PALME UTILISÉE COMME COMBUSTIBLE DANS LES MOTEURS DIESEL

Classification : document technique

Fiabilité : **F2 Bonne fiabilité - nombreux tests ou prototypes testés et au point.**

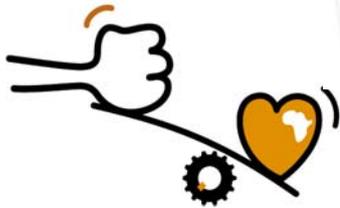
Nom de l'auteur du document : **TREINEN Samuel**

Date de conception : **Avril 2008**

Date de mise en ligne : **2008**

Référence interne : **T101-04-3-00**

Mise au point d'un système de chauffage autonome de l'huile de palme
avril 2008



Des machines pour
nourrir les Hommes

CODEART

asbl

CODEART asbl

15, Chevémont

B-4852 HOMBOURG

Tél.: 0032(0)87 78 59 59

Fax: 0032(0)87 78 79 17

info@codeart.org

www.codeart.org

MISE AU POINT D'UN SYSTEME DE CHAUFFAGE AUTONOME DE L'HUILE DE PALME UTILISEE COMME COMBUSTIBLE DANS LES MOTEURS DIESEL

Objectifs :

L'objectif est d'arriver à ne pas devoir utiliser une source d'énergie extérieure pour fondre l'huile de palme et l'emmener à la température idéale pour l'injection dans le moteur diesel.. Ce Système est nécessaire dans les endroits isolés où le moteur entraîne directement le récepteur (ex. moulin).

Résultats atteints :

Le système permet d'élever la température de l'huile de palme dans un réservoir chauffé par l'eau de refroidissement d'un moteur indien de type « LISTER » de puissance de 8 ch tournant à 850RPM.

L'eau circule sans pompe par le principe de thermosiphon.

L'autonomie du réservoir est de 20 heures.

La température de l'eau dans le thermosiphon, 76°C est proche de la température idéale de l'huile soit 77°C.

Le moteur démarrera au gasoil (20 minutes avec température ambiante de 8°C) et sera stoppé après une purge au gasoil de 5 minutes.

TREINEN Samuel

Avril 2008

Avec l'appui de

Mr François Fondeur,

ing.bénévole de Codeart asbl et membre PVDD¹

Etude cofinancée grâce à

l'appui de la DGCD

(Direction Générale de la Coopération au Développement)

¹ PVDD : Pour un Vrai Développement Durable – www.pvdd.asso.fr

TABLE DES MATIERES

TABLE DES MATIERES	1
Annexes :.....	1
1. Préambule :.....	2
2. Résumé :.....	2
3. Introduction :.....	3
1. Principe de fonctionnement du thermosiphon :.....	3
2. Avantage du thermosiphon :	3
3. Inconvénient du thermosiphon :	4
4. Schémas de fonctionnement :.....	5
4. Conclusions et objectifs atteints :.....	10
1. Essai 1 :	11
1. Résultats obtenus :.....	11
2. Conclusion sur le premier essai :.....	11
3. Suggestions pour le second essai :	11
4. Conclusion sur les modifications à apporter :	12
2. Essai 2 :	14
1. But de l'essai :.....	14
2. Modifications effectuées suite à l'essai précédent :	14
3. Rapport d'essais :	14
4. Conclusion de l'essai:.....	16
5. Solutions proposées :.....	17
3. Essai 3 :	18
1. But de l'essai :	18
2. Modifications effectuées suite à l'essai précédent :	18
3. Rapport d'essai :	19
4. Conclusion de l'essai:.....	23
4. Essai 4 :	24
1. But de l'essai :	24
2. Rapport d'essai :	24
3. Conclusion de l'essai :.....	25
5. Essai 5 :	26
1. But de l'essai du 29/11/07:.....	26
2. Rapport d'essai :	26
6. Essai 6 :	32
1. But de l'essai du 30/11/07 :.....	32
2. Rapport d'essai :	32
3. Conclusion des essais 5 et 6:	34

Annexes :

1. Plan
 - a. Ensemble thermosiphon avec liste de pièces
 - b. Ensemble général avec liste de pièces
 - c. Ensemble général coté
 - d. Ensemble général couleur avec légende

1. Préambule :

L'association CODEART ASBL est active depuis 1988 dans l'appui au développement des solutions techniques à destination du monde rural dans les pays du Sud.

L'originalité des solutions techniques réside dans la proposition de solutions appropriables par des artisans locaux au service du monde agricole.

Le présent projet est une partie de la réponse à la gestion que nous a posée Mr Willy KAHINDO MUNYA-NGULO, physicien et directeur de l'association du Groupement des Artisans de Butembo (GAB). Ses expérimentations sur l'emploi de l'huile de palme comme combustible se sont heurtées à divers problèmes techniques qui compromettaient la durée de vie des moteurs et leurs performances.

Face à cette question confirmée par d'autres demandes provenant du Sud, Codeart a entamé des recherches.

Plusieurs études ont été réalisées et sont disponibles sur le site Internet de Codeart.¹

Le présent projet tente de répondre au problème de préchauffage de l'huile de palme avant son injection dans le moteur. Dans les installations où le moteur entraîne directement un récepteur (moulin, décortiqueur,...) et où l'on ne dispose pas de courant électrique, il n'est pas aisé d'assurer le préchauffage de l'huile.

Le moteur utilisé lors de cette étude est un moteur de type LISTER 8/1 d'origine indienne. Ce moteur est d'une conception très simple et robuste. Le moteur ainsi que les pièces de rechange sont peu coûteuses.

Il s'agit d'une solution valable pour beaucoup de pays du Tiers-Monde.

L'installation présente peut être fabriquée par des artisans. Nous pouvons leur fournir les plans (gratuitement) et les composants (vendus par le service d'achat de Codeart). La personne intéressée par l'achat complet du moteur équipé du système de chauffage peut également l'acquérir chez Codeart. Il suffit de demander une offre de prix.

Les travaux de Codeart visent l'appui au développement des pays du Sud. Nous sommes toujours à l'écoute de vos questions ou critiques par rapport au présent travail.

Nous souhaitons aussi attirer l'attention du lecteur sur la problématique de l'emploi d'un produit comestible de première nécessité comme combustible dans les moteurs. Nous renvoyons le lecteur à notre note à ce sujet.³

2. Résumé :

L'huile de palme est un combustible très intéressant² pour les moteurs diesel. Toutefois ses caractéristiques sont très différentes du gasoil, carburant pour lequel le moteur a été conçu. Entre autre, il faut la porter au dessus de son point de fusion (compris entre 35 et 42°C) et même au delà pour que sa viscosité se rapproche de celle du gasoil. La présente étude propose une solution pour le chauffage de l'huile sans apport d'énergie extérieure.

¹ Site Web : www.codeart.org

² Lire notre article « Manger ou conduire, Codeart a choisi » sur notre site web www.codeart.org

L'huile de palme est chauffée à l'aide du liquide de refroidissement du moteur. Le liquide de refroidissement circule naturellement dans le circuit de chauffage en utilisant le principe de thermosiphon ; l'emploi d'une pompe de circulation est donc inutile.

Le choix de l'eau de refroidissement du moteur comme moyen d'apport de chaleur à l'huile a été choisi car cette dernière a une température (85°C) qui est proche de la température idéale d'injection de l'huile de palme (70°C).

But du système de chauffage :

- Amener l'huile de palme à une température voisine de 70°C, à cette température elle a une viscosité proche de celle du gasoil, ce qui assure une vaporisation correcte du carburant à la sortie de l'injecteur.
- Le système de chauffage ne doit pas surchauffer l'huile dans le réservoir pour limiter au maximum la polymérisation de l'huile.

Ces différents points permettent d'allonger considérablement la durée de vie du moteur et d'espacer les maintenances en limitant l'encrassement du moteur.

3. Introduction :

1. PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DU THERMOSIPHON :

Le principe de fonctionnement d'un système de chauffage à thermosiphon est basé sur le principe de la dilatation causée par une augmentation de la température. En effet, lors d'une élévation de la température les corps chauffés se dilatent. La principale conclusion de ce phénomène est une augmentation de volume. Le poids total du corps restant invariable, il en résulte une diminution du poids spécifique. De ce fait, un liquide chaud est plus léger qu'un liquide froid et aura donc tendance à remonter vers la surface. L'augmentation de volume crée donc la première force qui va mettre le liquide caloporteur en mouvement pour assurer le fonctionnement de notre chauffage d'huile. Si le circuit hydraulique est conçu dans les règles de l'art, l'eau chauffée dans la culasse va circuler à travers un échangeur dans le réservoir d'huile et la température de l'huile va augmenter progressivement.

Il n'y a pas si longtemps, toutes les installations de chauffage fonctionnaient en thermosiphon et les plombiers/chauffagistes avaient l'expérience nécessaire pour assurer la mise au point. Depuis lors, la banalisation des pompes et des contrôles électriques a créé une méfiance concernant la circulation naturelle.

2. AVANTAGE DU THERMOSIPHON :

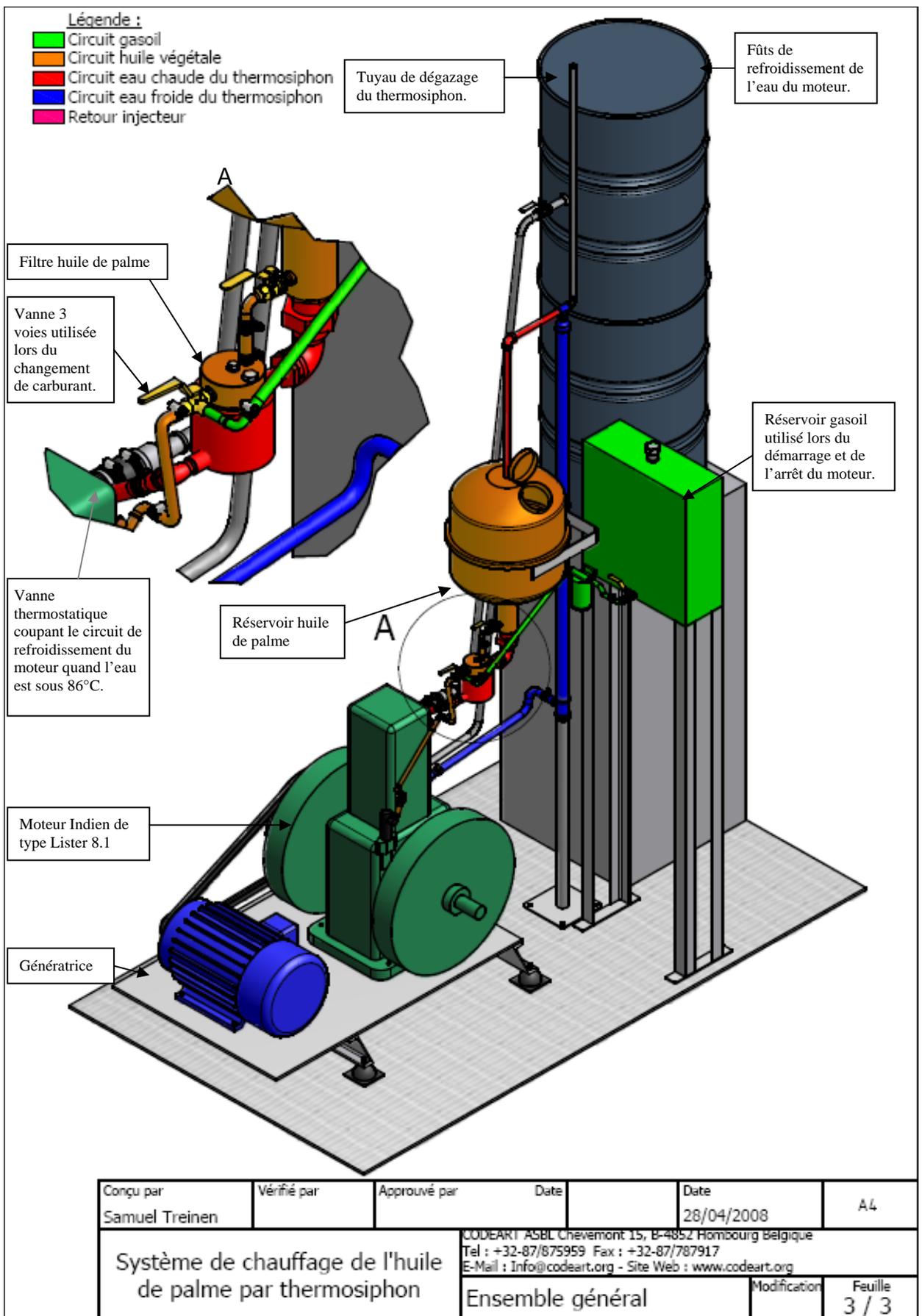
Le fonctionnement de ce type de chauffage est très simple et les risques de pannes sont faibles. Les coûts sont restreints et l'entretien du chauffage est négligeable, car la partie la plus fragile d'un chauffage est généralement la partie électrique (pompe, régulation électronique et sondes). C'est la solution la moins onéreuse à l'achat, à l'installation et à l'entretien.

3. INCONVENIENT DU THERMOSIPHON :

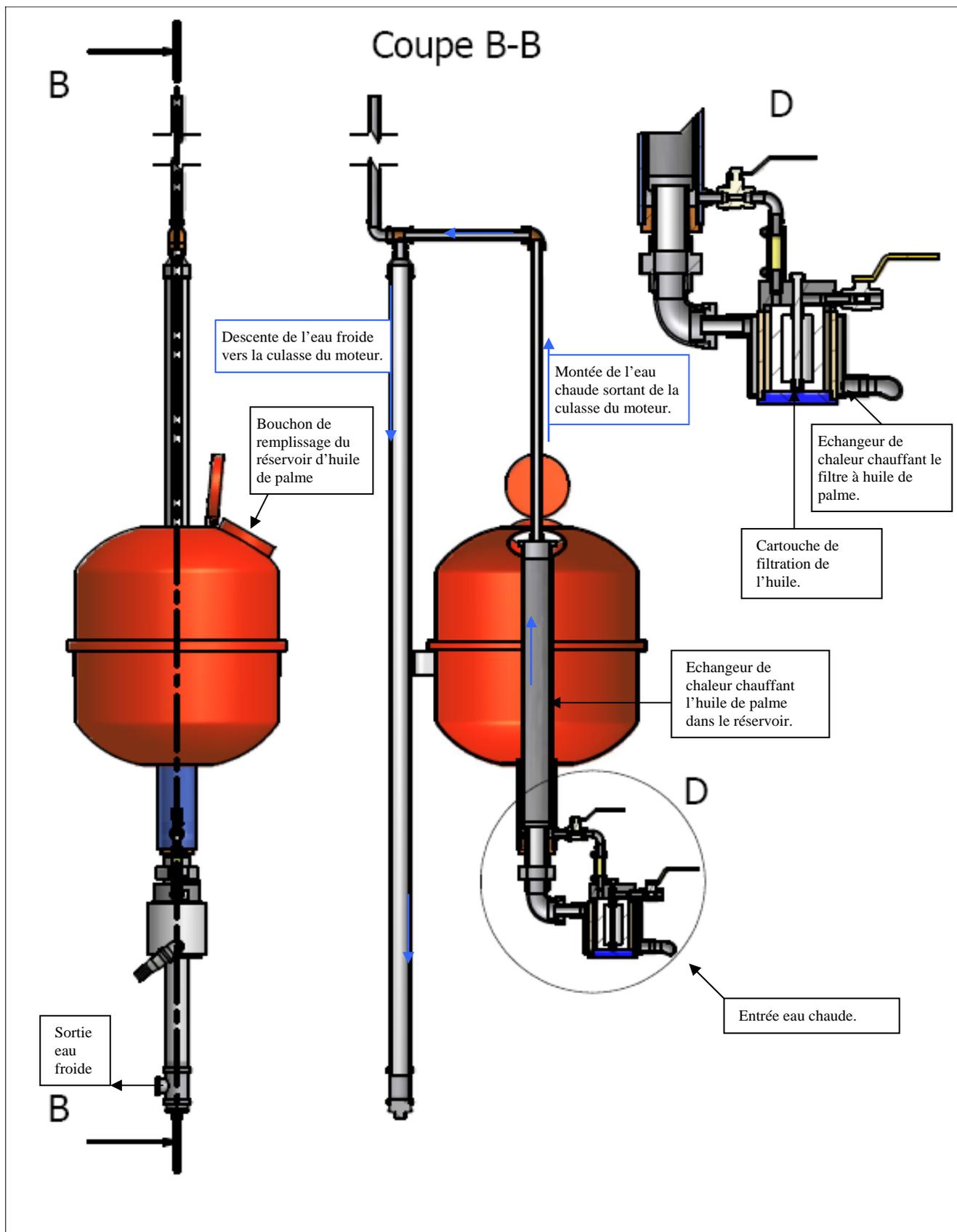
Néanmoins, il faut prendre toutes les précautions dans la conception et dans la réalisation d'une installation en thermosiphon :

- La disposition de la tuyauterie est importante, il faut favoriser l'écoulement de l'eau à travers le circuit en lui donnant une légère pente afin de faciliter la "montée" de l'eau chaude et la descente de l'eau froide. Il faut absolument éviter les « contre-pentes ».
- Le choix du diamètre des tuyaux doit être bien réfléchi. La partie chaude du thermosiphon doit avoir une section plus faible que celle de la partie froide.

4. SCHEMAS DE FONCTIONNEMENT :



Mise au point d'un système de chauffage autonome de l'huile de palme utilisée comme combustible dans les moteurs diesel – Avril 2008



Conçu par Samuel Treinen	Vérifié par	Approuvé par	Date	Date 29/04/2008	A4
Système de chauffage de l'huile de palme par thermosiphon			CODEART ASBL Chevemont 15, B-4852 Hombourg Belgique Tel : +32-87/675959 Fax : +32-87/787917 E-Mail : Info@codeart.org - Site Web : www.codeart.org		
			Ensemble thermosiphon		Modification

Mise au point d'un système de chauffage autonome de l'huile de palme utilisée comme combustible dans les moteurs diesel – Avril 2008

5. PHOTO DE L'INSTALLATION :



Photo 1 : Installation montée chez Codeart.

Mise au point d'un système de chauffage autonome de l'huile de palme utilisée comme combustible dans les moteurs diesel – Avril 2008

4. Conclusions et objectifs atteints :

Les différents essais nous ont permis dans un premier temps de maîtriser la technologie d'échange de chaleur par thermosiphon et nous ont ensuite permis d'optimiser le prototype construit.

On peut dire que les objectifs fixés ont été atteints au terme de ce projet :

- La fonte de l'huile est progressive et son débit suffisant. Sa température dans le réservoir n'est pas trop élevée et constante (maximum 56°C).
- Après 7 heures de fonctionnement l'huile se trouvant dans le réservoir n'est pas entièrement fondue.
- Le réservoir possède une grande autonomie, 20 heures en pleine charge.
- Le temps pour amener l'huile de palme à la température optimale d'injection lors d'un démarrage à froid du moteur est acceptable, 20 minutes avec une température extérieure de 8°C. Ce temps pouvant être réduit dans les pays du sud où la température ambiante est plus élevée.
- Après avoir démarré le moteur, moins de 10 minutes suffisent pour que l'huile commence à couler par le tuyau de sortie du filtre
- Aucune partie du circuit d'huile de palme ne reste figée lors d'un démarrage à froid.
- Le filtre à huile de palme fonctionne.
- La température du thermosiphon est stable, 76°C, et proche de la température idéale d'injection de l'huile de palme dans le moteur qui est de 70°C.
- La circulation de l'eau dans le thermosiphon est continue et ne demande pas d'intervention.
- Le temps de purge au gasoil avant d'éteindre le moteur est court (5 minutes).

Tout ceci nous prouve que nous n'avons pas d'effets de surchauffe de l'huile qui serait néfaste en occasionnant sa dégradation (voir étude de Barthélemy de Theux, ECAM, 2003-2004, rapport disponible sur le site de Codeart).

1. ESSAI 1 :

1. RÉSULTATS OBTENUS :

Nous avons réalisé le premier essai du système de chauffage d'huile de palme le 09/04/07. Les résultats sont encourageants.

Le thermosiphon s'amorce vite et son débit est suffisant. Après avoir démarré le moteur, 10 minutes suffisent pour que l'huile commence à couler par le tuyau de sortie du filtre. On peut alors changer de carburant et faire tourner le moteur à l'huile de palme.

Une panne du moteur (fuite au niveau du joint de culasse) nous oblige à reporter la suite des tests à plus tard.

2. CONCLUSION SUR LE PREMIER ESSAI :

Le temps de changement de carburant au démarrage est trop long. Pour le diminuer, on peut retravailler les quatre points décrits ci-dessous dont trois sont des endroits possibles de freinage de l'huile:

- 1) L'épaisseur de graisse à fondre entre le cylindre de bas du réservoir et son tube interne de chauffage.
- 2) Le tuyau de liaison entre le réservoir et le filtre. Ce tuyau n'est pas directement chauffé et il peut être long à se déboucher.
- 3) Le passage dans le filtre lui-même.
- 4) Le débit du thermosiphon.

3. SUGGESTIONS POUR LE SECOND ESSAI :

Le premier point est assez facile à modifier en commençant par le dispositif de chauffage du bas du réservoir.

On le remplace par un tube de plus grand diamètre sur une première hauteur de 3 ou 4 centimètres en faisant en sorte qu'à l'entrée du robinet de sortie, il reste un jeu d'environ 2 millimètres d'épaisseur de graisse à fondre.

Le second point est le goulot du circuit au démarrage.

Dans la première configuration, on a 18cm de tuyau non calorifugé et non réchauffé servant de connexion entre le réservoir et le filtre, c'est le point prioritaire à retravailler.

Dans ces 18 cm de tuyau, on a :

Tuyau ½ pouce en acier : 14 cm

Tuyau caoutchouc transparent tressé, dia ext. 15 mm et int. 8mm : 4 cm

Coude ½ pouce acier

Voici ce qu'on propose en version provisoire à partir de l'existant :

On peut chauffer cette liaison à partir d'une chaleur prise au bas du réservoir et une autre source prise en haut du filtre.

Travaux à réaliser sur le système de chauffage :

- 1) Créer un conducteur de chaleur le long de ce tube en l'entourant de cuivre :

La matière première peut être des fils de cuivre (fil électrique dénudé) enroulés en spires jointives autour de ces 18 centimètres pour constituer en quelque sorte une gaine de cuivre. On maintient le cuivre en place à l'aide de colliers de serrage ou de bande autocollante.

2) Créer une masse très chaude en bas du réservoir :

Cette partie n'est pas du tout calorifugée dans la première configuration. On peut enrouler du boudin calorifuge de laine de verre en spires jointives en commençant au cul sous le réservoir rouge et en descendant, le cylindre, le raccord union et le coude jusqu'à la boîte calorifuge du filtre.

3) Perdre le moins de chaleur possible le long du tube de liaison huile de palme :

Avec un autre morceau du boudin calorifuge on entoure en spires jointives la totalité du tuyau de liaison (préalablement gainé de cuivre) jusqu'à l'entrée du filtre en ne laissant accessible que la poignée du robinet de réservoir.

4) Ensuite on recouvre l'ensemble (la liaison eau chaude qui monte et la liaison huile de palme) avec une bande alu renforcé autocollante. On ne la pose pas en spirale mais en morceaux cylindriques successifs qui se recouvrent un peu. C'est plus facile et le résultat est plus propre.

Le troisième point ne semble pas poser de problème pour le moment.

Le quatrième point nous permet d'augmenter le débit du thermosiphon en calorifugeant le tuyau qui va du moteur à l'entrée de la boîte chaude du filtre et le tuyau en 1/2" de la colonne montante au dessus du réservoir. Un peu de boudin de laine de verre et de la bande autocollante en aluminium feront l'affaire.

4. CONCLUSION SUR LES MODIFICATIONS À APPORTER :

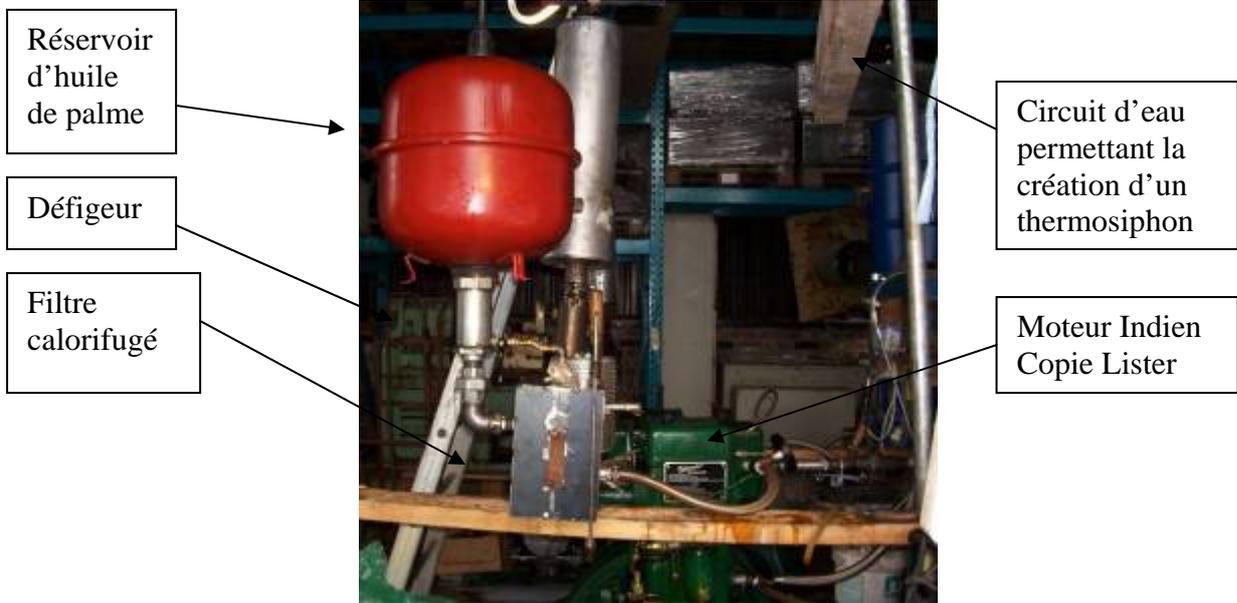
On augmente la température de l'eau en contact avec les parties chauffantes ce qui rend la fusion de l'huile plus rapide; en particulier, on a créé un moyen de chauffer le tuyau de liaison.

L'eau chaude arrivera plus chaude en haut de la colonne et le débit du thermosiphon en sera encore amélioré ce qui va dans le même sens.

Si on réalise les points 1 et 5 décrits ci-dessus, on devrait diviser par deux le temps pour passer du gazole à l'huile de palme car il est probable que le filtre à tête en alliage léger est assez vite défigé, au moins en partie.

Photo :





2. ESSAI 2 :

Date : 26 septembre 2007

1. BUT DE L'ESSAI :

- Vérifier sur un essai long que nous obtenons en régime de croisière une température entre 70 à 80 degrés à l'entrée de l'injecteur sans avoir surchauffé l'ensemble du contenu du réservoir.
- Mesurer le temps de changement de carburant au démarrage après modification du système.
- Vérifier si le réservoir de l'huile de palme se vide correctement en regardant l'évolution de la fonte de l'huile.
- Vérifier si le thermosiphon se désamorçe toujours.

2. MODIFICATIONS EFFECTUÉES SUITE À L'ESSAI PRÉCÉDENT :

- Le système de chauffage a été relevé de 3cm afin d'assurer une pente positive au tuyau amenant l'eau chaude du moteur au filtre huile de palme ; il existait un point bas à ce niveau avant l'intervention.
- La thermo vanne coupant la circulation d'eau dans les fûts de refroidissement du moteur a été remplacée par une vanne ouvrant le circuit à 86°C au lieu de 75°C. Cela permettra de maintenir le thermosiphon à une température supérieure.
- La distance séparant la thermo vanne et le circuit du thermosiphon a été réduit au minimum afin d'augmenter sa réactivité. Auparavant, une distance de plus de 3 cm existait entre le cul de la sonde et le T répartissant l'eau entre les fûts de refroidissement et le thermosiphon. L'eau contenue dans ces 3 cm ne montait pas aussi vite en température que l'eau circulant dans le moteur ce qui a peut-être été la cause de la casse des joints de culasses car la température du moteur montait trop haut.
- La longueur des tuyaux souples a été réduite au maximum.

Remarque :

Le niveau d'eau dans les drums de refroidissement a été ajusté (ajout de 12l).

3. RAPPORT D'ESSAIS :

1. Conditions d'essais :

- Vanne thermostatique isolant le circuit de refroidissement sous 86°C.
- Charge électrique de 4.12kw.
- Huile de palme contenue dans un vase d'expansion de 50 litres traversé par un tuyau d'eau chaude.
- Circulation de l'eau chauffant l'huile de palme par thermosiphon.

2. Essais :

A. 10h15 Démarrage au gasoil :

1^{ère} tentative de démarrage sans succès. Le circuit de carburant est bouché par de l'huile de palme figée au niveau de l'intersection des 2 circuits palme-gasoil.

Cause :

le circuit n'avait pas bien été rincé au gasoil avant l'arrêt du moteur.

Solution :

On branche le filtre à gasoil directement à la pompe d'injection et purge le circuit à l'entrée de l'injecteur pour pouvoir démarrer.

Le thermosiphon se met en route après l'avoir purgé et fait fondre l'huile figée responsable de la panne en 15 minutes. On rebranche le circuit dans sa configuration normale.

B. 10h50

Démarrage au gasoil avec succès.

C. 11h00

Passage à l'huile de palme.

D. 11h30 Le moteur veut s'arrêter :

Le tuyau arrivant à la pompe d'injection est vide, l'huile ne coule plus, on repasse au gasoil pour éviter l'arrêt complet. Le circuit du thermosiphon est froid.

Cause :

le thermosiphon s'est arrêté par la présence d'air dans son circuit, l'eau passe par le circuit de refroidissement. Le circuit n'évacue pas l'air provenant du dégazage de l'eau.

Solution :

Pour pouvoir terminer l'essai et étudier les autres points, on purge le thermosiphon toutes les 15 minutes.

E. 11h35 Passage à l'huile de palme.

Le circuit du thermosiphon est à 50°C.

F. 11h55 Le moteur veut s'arrêter :

L'huile de palme ne coule plus alors que le thermosiphon ne nous pose plus de problème quand on le purge régulièrement (à chaque purge on observe de l'air qui en sort).

Cause :

Le réservoir d'huile de palme ne se vide pas comme prévu. L'huile ne fond pas autour du tuyau d'eau chaude quand celle-ci se trouve à plus de 2.5cm de distance de ce dernier.

Solution :

Arrêter le moteur après avoir rincé le circuit au gasoil et réfléchir aux améliorations à amener.

4. CONCLUSION DE L'ESSAI:

Le chauffage de l'eau de refroidissement via le système de thermosiphon convient à notre application, il nous reste à effectuer quelques transformations pour le rendre opérationnel lors de l'essai du moteur à l'huile acide pendant 500h.

La vanne thermostatique de 86°C ne fait pas monter le moteur trop haut en température.

Les problèmes rencontrés sont :

- la présence d'air dans le circuit du thermosiphon.

Cet air provient du dégazage de l'eau quand elle est à haute température.

- le fait que l'huile ne fond pas une fois qu'elle se trouve à plus de 2.5 cm de la source de chaleur.

5. SOLUTIONS PROPOSÉES :

Pour la présence d'air dans le circuit :

Fixer un tuyau métallique de ½ pouce sur la sortie de la vanne de purge en position verticale, la vanne restant toujours ouverte. L'air pourra ainsi sortir librement du circuit par ce tuyau et ne s'accumulera plus dans le point haut du thermosiphon (correspond à la position de la vanne de purge).

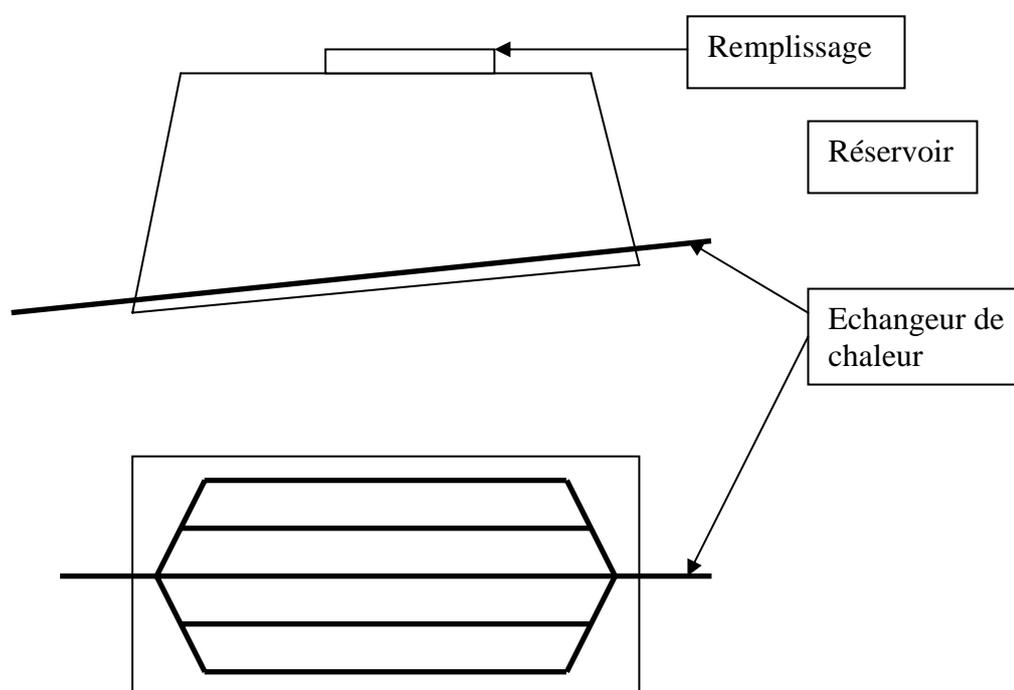
La hauteur du tuyau sera telle que la pression du circuit à l'intérieur du thermosiphon sera compensé par la colonne d'eau se trouvant dans ce tuyau : ainsi, l'eau ne s'écoulera pas hors du circuit.

Pour la fonte de l'huile de palme :

Solution proposée N°1 :

Changer la forme du réservoir et de l'échangeur de chaleur.

Chauffer l'huile par le bas et non par son centre sur toute la largeur d'un réservoir parallélépipédique ayant les faces latérales inclinées pour permettre une descente de l'huile encore solide. Le fond du réservoir sera aussi incliné pour permettre à l'eau chaude du thermosiphon d'être toujours en pente positive.



Solution proposée N°2 :

-Répartiteur de chaleur à l'intérieur du réservoir existant.

Ce n'est pas pratique pour remplir le réservoir avec de l'huile solide.

-Prendre la chaleur du tuyau « froid » et l'amener à la surface du réservoir.

Si la surface du réservoir est suffisamment chaude pour faire fondre l'huile, on peut espérer que le bloc d'huile descende par gravité.

-Calorifuger le réservoir.

3. ESSAI 3 :

1. BUT DE L'ESSAI :

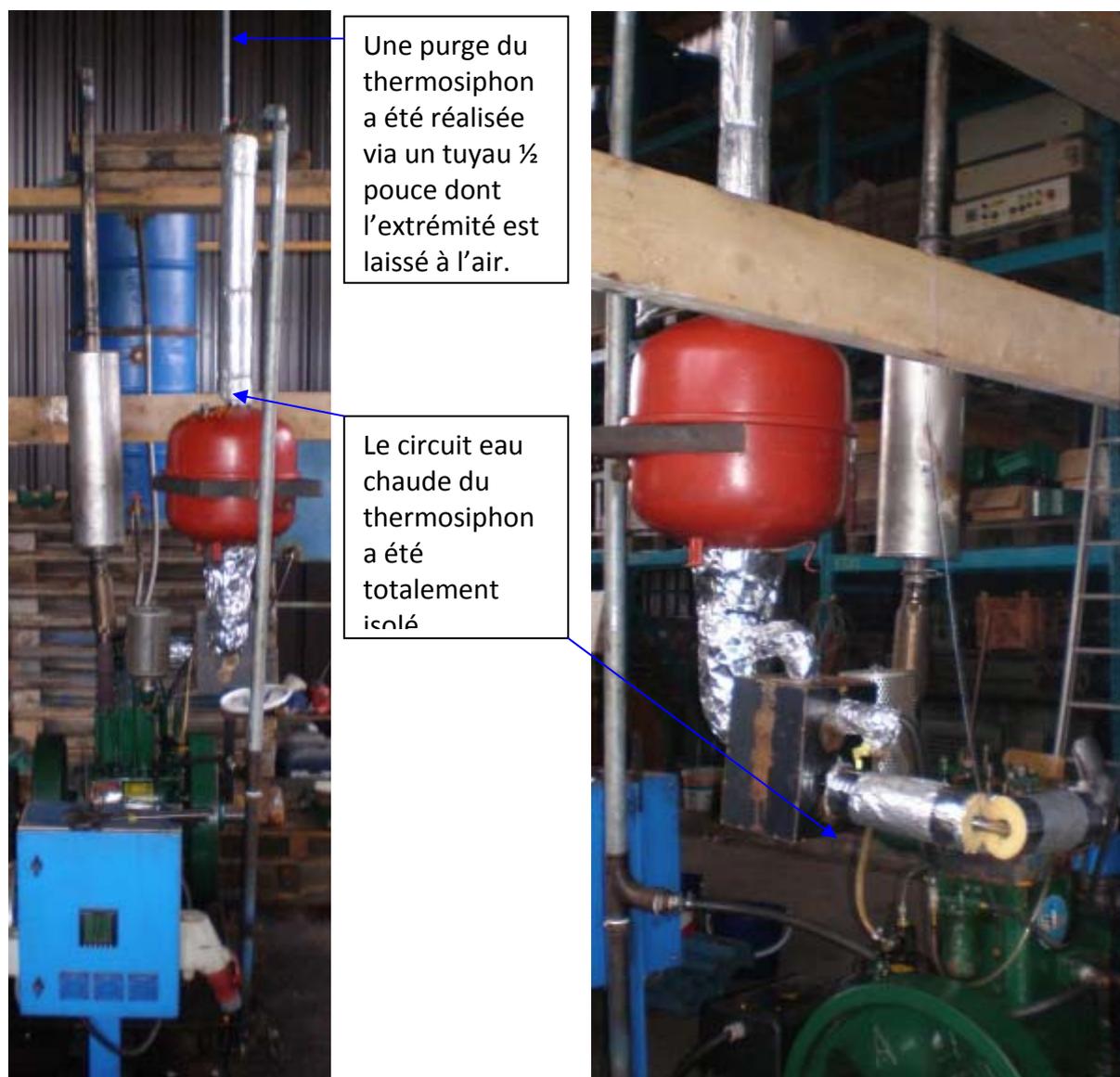
Vérifier que les modifications apportées suite à l'essai N°2 solutionnent les problèmes rencontrés.

2. MODIFICATIONS EFFECTUÉES SUITE À L'ESSAI PRÉCÉDENT :

Le tuyau traversant le réservoir d'huile de palme a été remplacé par un tuyau de 2 pouces (sur la hauteur du réservoir) pour augmenter la surface d'échange de chaleur :



Photo 2 : échangeur de chaleur se trouvant dans le réservoir.



Remarques :

Lors du démontage de la vanne fermant l'arrivée de l'huile de palme, j'ai remarqué la présence d'eau dans le réservoir, j'ai démonté l'ensemble du système pour voir s'il n'y avait pas de fuite. Aucune fuite n'a été remarquée, l'eau venait de la condensation de l'humidité ambiante dans le réservoir. Le niveau des drums de refroidissement a été ajusté avant l'essai.

3. RAPPORT D'ESSAI :

1. Condition d'essai :

Circulation par thermosiphon.

Le réservoir est rempli au maximum d'huile de palme au départ.

2. Essai A :

Temps	Action	Remarque
0	Démarrage au gasoil, chauffe de 5 min hors charge.	On limite les vibrations en démarrant sans charge. T° eau refroidissement = 5°C Température ext. 8°C Hygrométrie : 56%
5 min	Mise en charge T° eau refroidissement : 41°C	Charge de 4.21KW
11 min	T0 eau refroidissement : 78°C	T de régime
20 min	Le tuyau froid de T.S. devient chaud.	Le T.S. fonctionne
25 min	Compactage de l'huile dans le réservoir.	
30 min	Ouverture de la vanne admission d'huile de palme.	Je laisse 5 min avant de couper le gasoil pour être certain que le filtre à huile de palme est plein.
35 min	Coupure gasoil.	
40 min	Le moteur veut s'arrêter, l'huile n'arrive pas. Je coupe la vanne huile et ouvre la vanne gasoil.	
50 min	Deuxième essai avec même problème	

Etude de la cause de la panne :

En démontant l'isolant, je regarde si le tuyau entre le réservoir et le filtre est chaud. C'est le cas, l'huile n'est pas figée à cet endroit.

La vanne d'admission de l'huile de palme, tourne trop facilement. Elle est cassée et reste en position fermée.

➔ Réparation de la vanne d'admission de l'huile de palme.

Remarques :

On devrait chauffer le réservoir et son huile entre 15 et 20°C via un fil chauffant mis à l'extérieur du réservoir pour s'approcher de la température de l'huile dans un pays chaud. Les conditions climatiques du moment ne garantissent pas la reproductibilité de l'essai dans un pays tropical. J'ai monté un fil chauffant mais celui-ci était hors d'usage.

3. Essai B

Temps	Action et observation	Remarque
0	Démarrage gasoil après purge du moteur	T°eau refroidissement = 16°C T° ext = 7°C Hygrométrie : 58%
5 min	Mise en charge	P = 4.2Kw
10 min	T° eau refroidissement : 78°C	T° de régime
15 min	Le tuyau froid de T.S. devient chaud.	Le T.S. fonctionne
20 min	Ouverture vanne huile de palme	On la voit passer dans le tuyau arrivant au moteur
22 min	Fermeture gasoil	Le tuyau ne se remplit pas d'air
40 min	Baisse de vitesse du moteur	Le T.S. est froid et le dessus des fûts sont chaud.
50 min	Fermeture de la vanne menant l'eau chaude aux drums	J'espère que le TS va chauffer
55 min	Ouverture de la vanne menant l'eau chaude aux drums	T° mot = 90°C, le TS ne s'est pas réchauffé, il ne fonctionne plus.
60 min	Arrêt, passage au gasoil, étude de la panne.	

Etude de la cause de la panne :

Le tuyau eau froide s'est plié sous le poids du réservoir. Le tuyau horizontal supérieur est donc maintenant incliné et la purge n'est plus au point haut du thermosiphon.

→ inclinaison du tuyau horizontal supérieur dans l'autre sens.

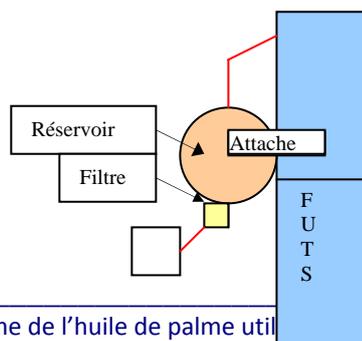
Remarque :

Lorsque la vanne thermostatique s'ouvre, presque tout le débit passe par les drums de refroidissement et le T.S. se refroidit.

Pourquoi avoir créé un circuit secondaire au circuit de refroidissement pour le T.S. ? Les drums pourraient constituer le tuyau de descente froid du T.S. et toute l'eau passerait par l'échangeur du réservoir.

Les avantages seront :

- une simplification du circuit (1 au lieu de 2)
- un apport calorifique supérieur par l'augmentation du débit.
- une seule section de tuyau, tout en 2 pouces.
- le corps des drums assureront le maintien du réservoir avec solidité mécanique augmentée par rapport au système actuel.
- la suppression de la vanne thermostatique.



Mise au point d'un système de chauffage autonome de l'huile de palme utilisée comme combustible dans les moteurs diesel – Avril 2008

moteur

Temps	Action et observation	Remarque
0	Démarrage gasoil après purge du moteur	T°eau refroidissement = 60°C T° ext = 7°C Hygrométrie : 58%
2 min	Le T.S. devient vite très chaud	Il est très important d'assurer l'inclinaison correcte des tuyaux.
4 min	Ouverture tuyau huile de palme et fermeture gasoil	Photos 4
55 min	Baisse de vitesse, pas assez d'huile. J'allume le gasoil en + de l'huile.	Couper les charges quand le moteur est en sous vitesse
58 min	Fermeture gasoil	Le débit d'huile est suffisant
82 min	Baisse de vitesse, pas assez d'huile. J'allume le gasoil en + de l'huile.	Couper les charges quand le moteur est en sous vitesse
84 min	Fermeture gasoil	Le débit d'huile est suffisant
105 min	Baisse de vitesse, pas assez d'huile. Arrêt de l'essai	Photo 5



Photo 5 : intérieur du réservoir après 94 minutes de fonctionnement du moteur



Photo 6 : intérieur du réservoir après 199 minutes de fonctionnement du moteur et fin de l'essai car l'huile ne coule plus.

4. CONCLUSION DE L'ESSAI:

On défige encore moins d'huile avec notre nouveau échangeur de chaleur qu'avec l'ancien qui était beaucoup plus petit.

Il fait trop froid, l'huile est trop solide. On ne peut comparer les résultats avec des variations des conditions d'essais si importantes. La température extérieure a au moins diminué de 8°C entre les 2 derniers essais.

En pays tropical, l'huile est plus liquide et coulerait plus facilement.

On doit chauffer le réservoir à une température homogène d'au moins 15°C.

4. ESSAI 4 :

Photo de l'installation :



Photo 7



Photo 8



Photo 9

1. BUT DE L'ESSAI :

Les essais précédents ont été réalisés en remplissant le réservoir de morceaux d'huile de palme solides à température ambiante. Il existe donc des vides d'air entre les morceaux d'huile solides et l'échangeur de chaleur ainsi que dans l'huile solide.

L'air conduit moins bien la chaleur que l'huile (la conduction thermique de l'huile de palme ($\lambda = 0.145 \text{ W/m}^\circ\text{C}$) est ± 6 fois supérieure à celle de l'air ($\lambda = 0.024 \text{ W/m}^\circ\text{C}$)), l'insertion d'huile liquide préchauffé dans le réservoir remplira ces vides, ainsi nous augmenterons le transfert de chaleur et amènerons donc plus de calories à l'huile.

Pour y parvenir, je vide 5l d'huile à 30°C dans le réservoir.

2. RAPPORT D'ESSAI :

1. Condition d'essai :

T°ext. : 4°C

2. Mesures réalisées lors de l'essai:

- T° ambiante du local : (Tex)

- Hygrométrie du local

- T° eau refroidissement : donnée par le thermomètre introduit dans le circuit de refroidissement à la sortie chaude de la culasse et à l'entrée du thermosiphon.

- T° huile fondue : mesurée à 2cm de la surface de l'huile et de l'échangeur thermique dans le réservoir.

- T° huile figée : mesurée à 8cm de profondeur dans l'huile figée du réservoir. Cette huile est sous la couche d'huile liquide.

- T° huile sortie filtre : mesurée à l'aide du thermomètre IR sur le conduit de la vanne 3 voies à la sortie du filtre.

- P : puissance donné à la sortie de la génératrice.
- Niveau d'huile dans réservoir : mesurer à partir du point haut du trou de remplissage du réservoir.
- Largeur d'huile fondue autour de l'échangeur de chaleur : mesuré à l'aide d'un mètre sur la base supérieure du cône d'huile fondue.
- Hauteur d'huile fondue dans le réservoir : mesurée à l'aide d'un mètre, on pose son extrémité sur l'huile figée à la périphérie du réservoir (cette mesure se fait quand tout le niveau supérieur de l'huile dans le réservoir est défigée) ; après avoir retiré le mètre du réservoir, on regarde la ligne de démarcation entre la partie sèche et mouillée du mètre.

3. Essais :

Temps [min]	Action	Remarque
0	Démarrage gasoil	Charge 2.18kW
5	Augmentation de la charge	Charge 4.23kW
15	Passage à HP	T° eau refroidissement: 70°C
50		L'huile monte en température dans le réservoir, le dessus se défige
60		T° huile fondue : 55°C
80		La base du cône d'huile fondue augmente Largeur d'huile fondue autour de l'échangeur de chaleur : 6.5cm
105		T° huile fondue : 57°C
135		T° huile fondue : 56°C T° huile figée : 25°C
165		T° huile fondue réservoir : 58°C La base du cône d'huile fondue continue à augmenter Largeur d'huile fondue autour de l'échangeur de chaleur : 7.5cm
180	Arrêt volontaire du moteur	Fin de journée, l'essai s'est bien déroulé les résultats sont concluants.

3. CONCLUSION DE L'ESSAI :

L'huile liquide permet de combler les vides entre le tuyau servant d'échangeur thermique et l'huile; l'air qui remplissait ces vides lors des derniers essais n'assurait pas un échange thermique suffisant entre l'échangeur de chaleur et l'huile.

5. ESSAI 5 :

1. BUT DE L'ESSAI DU 29/11/07:

Essai du thermosiphon sans introduire de l'huile chaude dans le réservoir. L'huile de palme étant toujours bien en contact avec l'échangeur thermique sur toute sa longueur après l'essai du 28/11/07. Il n'y a plus de vide d'air dans la partie remplie d'huile du réservoir, le transfert de chaleur entre l'huile et l'échangeur thermique devrait être assuré.

Nous devons aussi voir si le réservoir d'huile se vide totalement et apprécier son autonomie.



Photo 10 : intérieur du réservoir avant démarrage du moteur.

2. RAPPORT D'ESSAI :

1. Condition d'essai :

T°ext. : 3°C

Hygrométrie : 51%

Temp. huile réservoir : 17°

L'huile est molle on y enfonce facilement le thermomètre, le réservoir ne s'est pas totalement refroidi depuis hier.

L'huile de palme est bien en contact avec l'échangeur thermique sur toute sa longueur.

L'huile de palme constitue un bloc homogène dans le réservoir (pas comme si on l'avait rempli de morceau d'huile figée).



Photo 11 : mesure de la température de l'huile figée avec un thermomètre en verre.

Remarque :

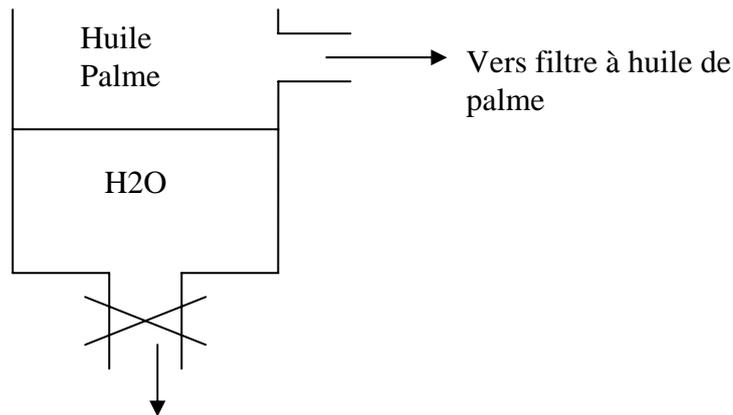
Lors du dernier essai, j'ai oublié de purger les conduites au gasoil et laissé la vanne HP ouverte. Il faut donc défiger les conduites au décapeur thermique, purger le tout et fermer la vanne HP.

2. Essai A

Temps [min]	Action	Remarque
0	Démarrage gasoil	T° eau refroidissement : 3°C P : 3.05 kW Niveau d'huile dans réservoir : 13cm
10	Augmentation de la charge	P : 3.93kW T° eau refroidissement : 59°C

20	Passage à l'huile de Palme	<p>T° eau refroidissement: 76°C</p>  <p>Photo 12 : intérieur du réservoir lors du passage à l'HP.</p>
Temps [min]	Action	Remarque
35		<p>Le moteur est à l'arrêt Il y a de l'eau dans le circuit d'alimentation combustible, de la « mayonnaise » sort de la pompe d'injection et est présente dans le tuyau avant cette pompe. La vanne sortant du réservoir HP étant fermée, l'eau provient du filtre à HP.</p>  <p>Photo 13 : sortie de la pompe d'injection.</p> <p>Mélange d'huile de palme et de mazout sortant de la pompe à injection.</p>  <p>Photo 14 : mélange retiré à l'entrée de la pompe à injection</p> <p>Liquide recueilli en déconnectant le tuyau d'amenée de carburant à la pompe d'injection. Il n'y a pas de fuite d'eau provenant du système de chauffe de l'huile. C'est donc un problème de condensation d'eau sur les parois internes chaudes du réservoir pendant la nuit.</p> <p>↑ Mélange mazout et huile de palme ↑ Huile de palme 0.55l d'eau</p>

Il faut créer un point bas dans le fond du réservoir en prenant l'huile de palme plus haut dans celui-ci et installer un robinet au point le plus bas permettant de sortir l'eau avant de passer à l'huile de palme.

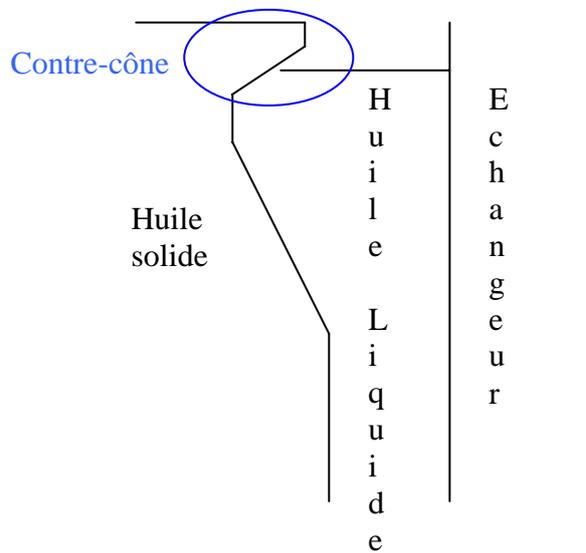


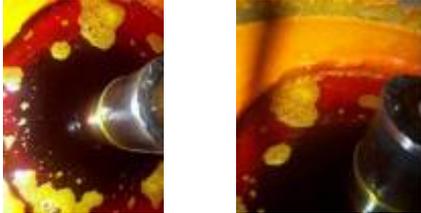
Vidange de l'eau condensée dans le réservoir.

Nous achèterons aussi un filtre permettant de séparer l'eau de l'huile et le placerons avant la pompe d'injection.

3. Essai B

Temps [min]	Action	Remarque
43	Démarrage gasoil	P = 4.20kW T° eau refroidissement = 39°C L'huile fond autour de l'échangeur (photo 14) T° huile fondue = 46°C
65	Passage à l'HP	T° eau refroidissement = 76°C T° huile fondue = 56°C Largeur d'huile fondue autour de l'échangeur de chaleur = 4cm  Photo 15 : intérieur du réservoir lors du 2 ^{ème} passage à l'huile de Palme.
80		T° eau refroidissement : 76°C T° huile fondue = 57°C Largeur d'huile fondue autour de l'échangeur de chaleur = 8cm On voit bien la forme du cône séparant les 2 états de l'huile (solide liquide)  Photo 16 : intérieur du réservoir, 80 minutes après le départ de l'essai.



Temps [min]	Action	Remarque
130		<p>T° eau refroidissement = 76°C T° huile fondue = 57°C Largeur d'huile fondue autour de l'échangeur de chaleur = 10cm Le contre-cône (voir figure ci dessus) s'accroît et sa hauteur diminue.</p>  <p>Photo 17 : intérieur du réservoir, 130 minutes après le départ de l'essai.</p>
160		<p>T° ext. : 4°C T° eau refroidissement = 76°C T° huile fondue = 56°C Largeur d'huile fondue autour de l'échangeur de chaleur = 14cm. Niveau d'huile fondue = 18cm T° huile sortie filtre = 45°C</p>  <p>Photos 18 : On remarque que la section d'huile fondue diminue quand on descend dans le réservoir.</p>

La température de l'huile injectée dans le moteur est trop faible : 45°C. Il faut trouver un moyen d'amener l'huile à 70°C à l'entrée de l'injecteur pour assurer une bonne vaporisation du liquide. A 70°C l'huile de palme a une viscosité proche de celle du gasoil.

On devra créer un échangeur de chaleur sur la longueur du tuyau d'amenée du combustible.

Temps [min]	Action	Remarque
220		<p>T° eau refroidissement = 76°C T° huile fondue = 57°C Rayon supérieur cône huile fondue autour de l'échangeur = tout la largeur du réservoir est fondue. Le contre cône d'huile est toujours présent. Niveau huile fondue = 18,6 cm T° huile sortie filtre = 45°C</p>  <p>Photo 19 : Le contre-cône supérieur s'effondre dans l'huile fondue.</p>

Le tuyau du retour de l'injecteur est déconnecté au niveau de la sortie de ce dernier. L'huile est figée dans le tuyau et la pression exercée par le surplus d'huile refoulé par l'injecteur a fait sauter le tuyau.



Tuyau de retour injecteur.

Le tuyau passait à l'extérieur du filtre à mazout loin de la chaleur de la culasse.

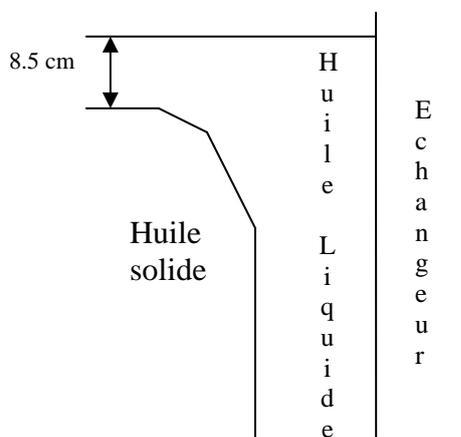
Photo 20 : tuyau de retour injecteur figé.

Pour contrer le problème, on plaque le tuyau contre la culasse, isole les parties ne rentrant pas en contact avec celle-ci et le raccourcit au maximum. La chaleur de la culasse devrait permettre son défigement. Il faudra utiliser un tuyau en aluminium sur la partie en contact avec la culasse et le fixer solidement.

220		<p>T° huile fondue = 55°C Niveau huile fondue = 18 cm. Le niveau de l'huile par rapport au dessus du réservoir a diminué car la totalité du contre-cône d'huile non fondue est tombé dans l'huile liquide.</p>  <p>Photo 21 : intérieur du réservoir, 220 minutes après le départ de l'essai.</p>
280		T eau refroidissement = 76°C

		<p>T huile fondue = 55°C Niveau huile fondue = 19,5 cm Hauteur d'huile fondue dans le réservoir : 8.5cm</p>  <p>Photo 22 : intérieur du réservoir, 280 minutes après le départ de l'essai.</p>
--	--	--

Le réservoir n'est pas tout défigé, le cône d'huile figé est toujours présent sous la couche d'huile fondue.



350		<p>T° eau refroidissement = 76°C T° huile fondue = 56°C Niveau huile fondue = 21 cm Hauteur d'huile fondue dans le réservoir : 8.5cm</p>  <p>Photo 23 : intérieur du réservoir, 350 minutes après le départ de l'essai.</p>
400		<p>T° eau refroidissement = 76°C T° huile fondue = 59°C Niveau huile fondue = 22,5 cm (moitié du réservoir) Hauteur d'huile fondue dans le réservoir : 12 cm</p>  <p>Photo 24 : intérieur du réservoir, 400 minutes après le départ de l'essai.</p>
415	Passage au gasoil	Fin de journée
420	Arrêt volontaire du moteur	La purge a duré 5 min

6. ESSAI 6 :

1. BUT DE L'ESSAI DU 30/11/07 :

Voir si le problème de présence d'eau dans le circuit de combustible lors du passage à l'huile de palme se reproduit.

Contrôler l'évolution de la vidange du réservoir.

2. RAPPORT D'ESSAI :

1 Condition d'essai :

T°ext : 3°C

Hygrométrie du local : 60%

T° eau refroidissement : 3°C

Remarque :

L'huile présente dans le réservoir est molle à 17°C, le thermomètre y pénètre facilement.

2 Essais :

Temps [min]	Action	Remarque
0	Démarrage au gasoil	T° eau refroidissement = 3°C T° huile figée = 17°C (température homogène dans tout le réservoir) P = 2.18kW  Photo 25 : intérieur du réservoir avant démarrage.
5	Augmentation de la charge	T° eau refroidissement = 45°C P = 4.23Kw Des étincelles sortent du pot d'échappement lorsque je passe à une puissance supérieure, le même phénomène s'était passé lors de l'essai précédent. Ces étincelles proviendraient de particules de carbone brûlant lorsque la température du moteur augmente (?)
15		T° eau refroidissement = 72°C L'huile fond, le cône défigé se crée  Photo 26 : intérieur du réservoir 15 minutes après le démarrage du moteur.
17		La vanne thermostatique s'ouvre T° eau refroidissement = 76°C Plusieurs étincelles sortent du pot d'échappement.

20	Passage à HP	T° huile fondue = 45°C Largeur d'huile fondue autour de l'échangeur de chaleur = 2cm 
28		Le moteur s'arrête Présence d'eau à la sortie de la pompe à injection, l'huile est sous forme de « mayonnaise » Le tuyau d'arrivée à la pompe d'injection contient plusieurs cl d'eau non mélangée à l'huile. La « mayonnaise » formée par le mélange de l'huile à l'eau se crée donc dans la pompe à injection. Avant la pompe, l'huile et l'eau sont séparées ce qui permettra leur séparation par décantation comme prévu.
	Purge au gasoil	
55	Démarrage au gasoil	T° eau de refroidissement = 38°C P = 4.22kW
62	Passage à HP	T° eau de refroidissement = 70°C 
125		T° eau de refroidissement = 76C T° huile fondue = 47°C Niveau huile fondue = 25.5cm
145	Arrêt volontaire du moteur	Présence d'huile venant du bas moteur sur le banc d'essais et le palier droit du vilebrequin du moteur. Vérification du niveau d'huile et recherche de la fuite.
155	Démarrage à HP	Pas de fuite visible. Le niveau d'huile dans le moteur étant un peu trop haut, il se peut que le surplus sorte par un trop plein. 
250		T° eau refroidissement = 76°C T° huile fondue = 54°C Niveau huile fondue = 27,5 cm 

		liquide.
340		T° huile fondue = 52°C Niveau huile fondue = 29,5 cm
385	Passage au gasoil	Niveau huile fondue = 31cm Il reste 14cm d'huile dans le réservoir. 
390	Arrêt volontaire du moteur	Fin de journée, l'essai s'est bien déroulé.

3. CONCLUSION DES ESSAIS 5 ET 6:

Le problème majeur rencontré lors du dernier essai, le débit d'huile fondue insuffisant, provenait du fait que l'échangeur de chaleur était en contact avec de l'air comportant une conductivité thermique trop faible pour assurer un apport de calories suffisant pour fondre l'huile.

L'introduction dans le réservoir de 5 litres d'huile liquide préchauffée à 30°C, ajoutée après avoir rempli le réservoir de morceaux solides d'huile, a permis de mettre l'huile directement en contact avec l'échangeur de chaleur et ainsi assurer une plus grande conductivité thermique.

1. Objectifs atteints :

- La fonte de l'huile dans le réservoir est progressive et suffisante. Elle ne monte pas trop en température, maximum 56°C. L'entièreté de l'huile se trouvant dans le réservoir ne devient pas liquide même après 7 heures de fonctionnement.
- Le réservoir possède une grande autonomie, 20 heures en pleine charge.
- Le temps pour passer à l'huile de palme lors du démarrage à froid est acceptable, 20 minutes avec une température extérieure de 8°C. Ce temps pouvant être réduit dans les pays du sud où la température ambiante est plus élevée.
- Aucune partie du circuit d'huile de palme ne reste figée lors du démarrage à froid.
- Le filtre à huile de palme fonctionne.
- La température du thermosiphon est stable, 76°C, et proche de la température idéale d'injection de l'huile de palme dans le moteur qui est de 70°C.
- La circulation de l'eau dans le thermosiphon est continue et ne demande pas d'intervention pour la réamorcer en purgeant l'air du circuit.
- Le temps de purge au gasoil avant d'éteindre le moteur est court, 5 minutes.

2. Améliorations à amener :

Retour des injecteurs :

Lors des essais, nous réinjectons le surplus de combustible à la sortie du filtre gasoil et l'huile devait faire un long trajet avec un faible débit avant d'être réinjectée dans le moteur. Elle a donc toutes les chances de figer.

Le problème d'huile solide dans le tuyau du retour des injecteurs peut se régler en profitant de la chaleur de la culasse et en réinjectant le combustible directement à l'entrée de la pompe d'injection. Nous ferons passer l'huile dans un tuyau métallique plaqué contre la culasse et le cylindre pour assurer un apport de calorie à l'huile.

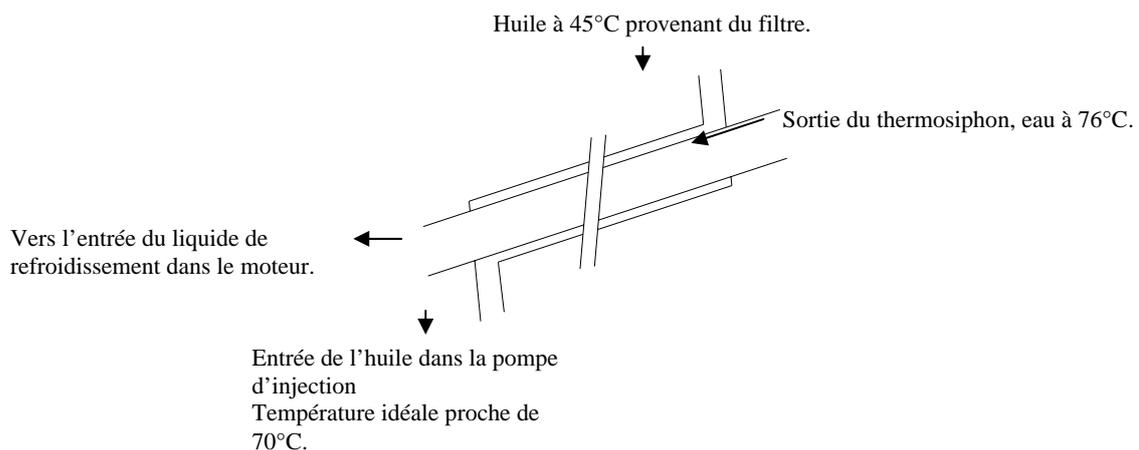
Température d'injection de l'huile palme :

Actuellement l'huile est envoyée dans l'injecteur à 45°C. A cette température, sa viscosité est trop élevée et ne permet pas une bonne vaporisation lors de son passage dans l'injecteur, il en découle une mauvaise combustion et des risques de gommage.

Selon des prescriptions des constructeurs français, la viscosité des huiles combustibles destinées aux moteurs gasoils ne peut dépasser 3° Engler; l'huile de palme à la température de 70°C répond à cette condition.

On profitera de la température (76°C) du tuyau reliant la partie froide du thermosiphon à la culasse du moteur pour amener l'huile à une température proche de 70°C en réalisant un échangeur de chaleur composé de 2 tuyaux concentriques. Ce système ne modifiera en rien la circulation naturelle de l'eau dans le thermosiphon car la règle stipulant que le circuit froid doit toujours être en pente négative est respecté par la hauteur des pièces concernées.

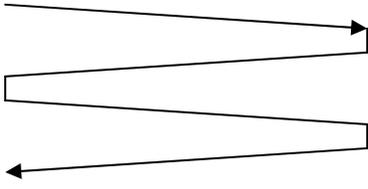
Schémas de l'échangeur :



Calcul de l'échangeur pour réaliser ce transfert de chaleur.

Remarque : la longueur maximale dont on dispose pour l'échangeur avec la configuration actuelle est de 65 cm.

- L = 3.3m avec tuyau en acier du commerce (T huile = 45°C).
- L = 3.2m avec un tuyau interne en aluminium de même épaisseur que dans le calcul ci dessus (T huile = 45°C).
- L = 2.96m avec un tuyau interne en aluminium de 1 mm d'épaisseur (T huile = 45°C).
- L = 2.49m avec tuyau en acier du commerce (T huile = 56°C).
- L = 2.24m avec un tuyau interne en aluminium de 1 mm d'épaisseur et si l'huile ne perd pas de température entre la sortie du réservoir et l'entrée de l'échangeur (T huile = 56°C).



Si on réalise l'échangeur avec un tuyau interne en aluminium de 1mm d'épaisseur, on devra réaliser 4 échangeurs de 65cm placés un en dessous de l'autre. Il faut leur donner une pente permettant à l'eau froide de toujours descendre pour permettre au thermosiphon de fonctionner. On peut relier ces échangeurs via des tuyaux flexibles.

La solution d) est la plus simple à réaliser, car toutes les pièces existent dans le commerce et sont facilement accessibles.

Calcul de la longueur nécessaire pour l'échangeur à courants parallèles et de même sens :

Température à l'entrée de l'échangeur [°C]:

t'1 (eau)	t'2 (huile)
74	56

Température à la sortie de l'échangeur [°C]:

t"1 (eau)	t"2 (huile)
à calculer	70

Tuyau utilisé :

Eau	Huile
1 pouce	1,25 pouce

Dimension des tubes [mm] :

ri 1p	rext 1p	rint 1,25p
14,85	16,85	18

Epaisseur tube et huile [mm] :

e tube 1p	2
e film huile	1,15

Surface d'échange thermique par mètre d'échangeur [m²/m de tuyau] :

S1 (int 1p)	0,093258	m ²
S2 (ext 1p)	0,105818	m ²

Conductivité thermique :

λhuile palme	0,145	W/m°C
λtuyau	229	W/m°C
λeau (75°C)	0,671	W/m°C

Chaleur massique :

Cp eau (75°C)	4190	J/(kg*K)
Cp huile	2000	J/(kg*K)

Masse volumique :

mv huile :	910	kg/m ³
mv eau :	1000	kg/m ³

Viscosité cinématique :

v huile	0,0000182	m ² /s
v eau	0,000000366	m ² /s

Débit d'huile : 3 litre/heure 8,33333E-07 m³/s
Débit eau : 4 litre/min 6,6667E-05 m³/s
surface de passage de l'huile : 4,15265 mm² 4,15265E-06

surface de passage de l'eau : 692,44065 mm² 0,000692441
Vitesse de l'huile dans l'échangeur: 0,200675071 m/s
Vitesse de l'eau dans l'échangeur: 0,096277806 m/s

Calcul thermique de l'échangeur :

Puissance de l'échangeur :

Q = 21,23333333 W

Température de l'eau à la sortie de l'échangeur :

t"1 = 73,92398568 °C

Moyenne logarithmique des différences de température :

Δtm = 9,240693381 °C

Coefficient de convection huile :

Ref = 12,68001822

Prf = 490

Grf = 945,8865437

Prs = 2,87

Nuf = 35,69172874

h = 4500,261449

Coefficient de convection de l'eau :

Re = 3906,35361

Prf = 2,55

K0 = 13,15

Prs = 3

Nuf = 18,88394652

h = 751,9957339

Coefficient de transmission de chaleur par unité de longueur (U') :

1/Utube = 0,00055175

1/U eau = 0,08954847

1/U huile = 0,013187496

1/Uglobal = 0,103287716

Uglobal = 9,681693385 W/m°C

Surface d'échange nécessaire :

S = 0,237335276 m²

Longueur de l'échangeur :

L = 2,242862987 m

Tableau 1 : feuille de calcul de l'échangeur de chaleur.

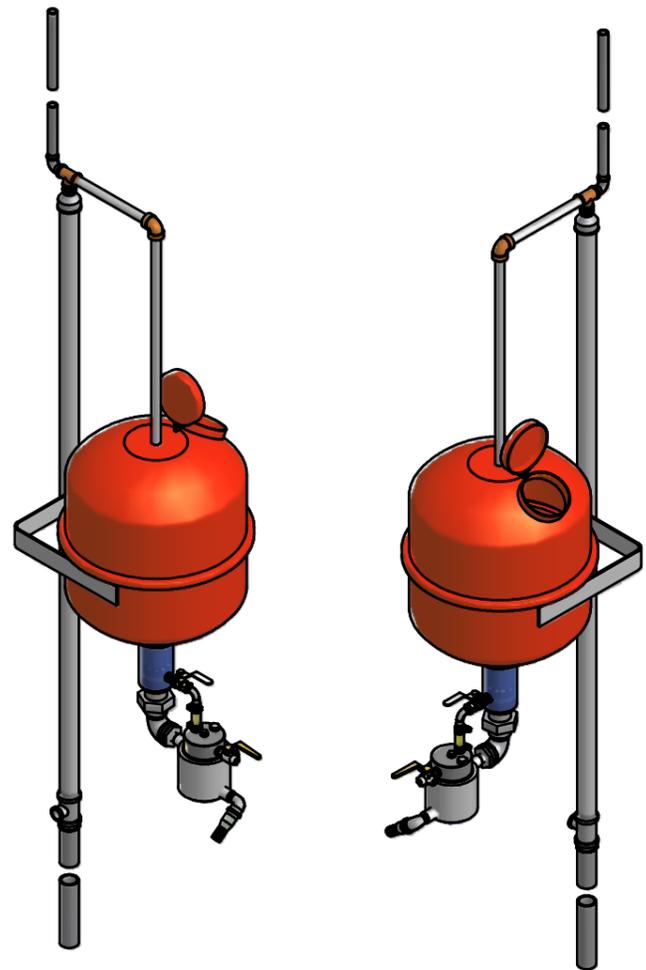
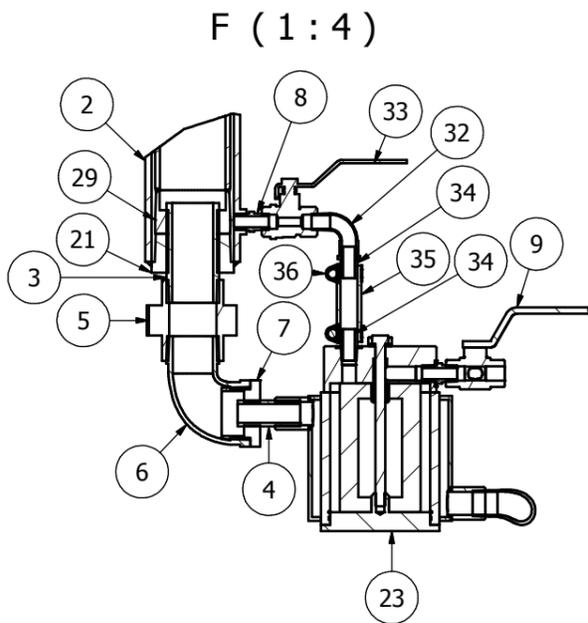
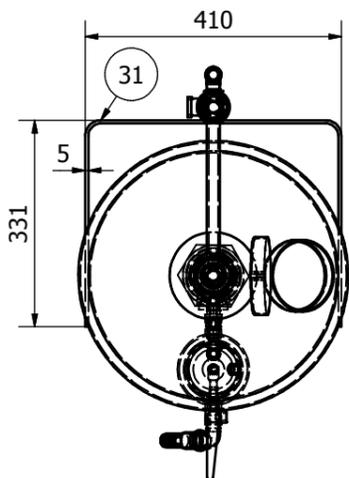
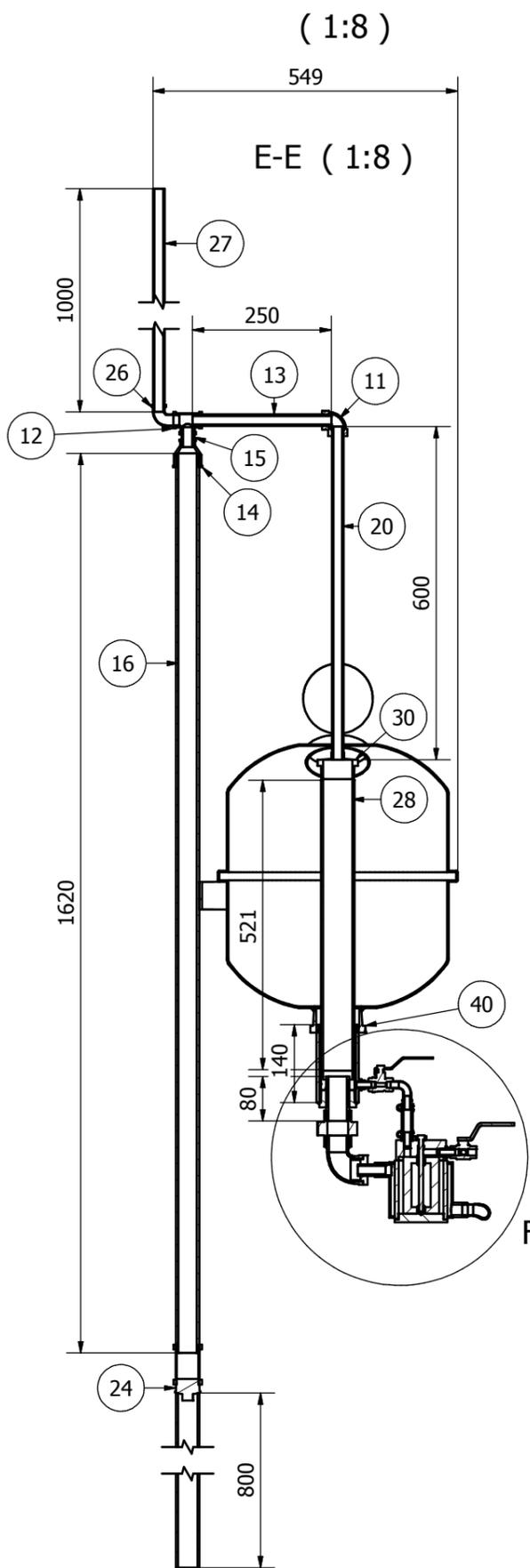
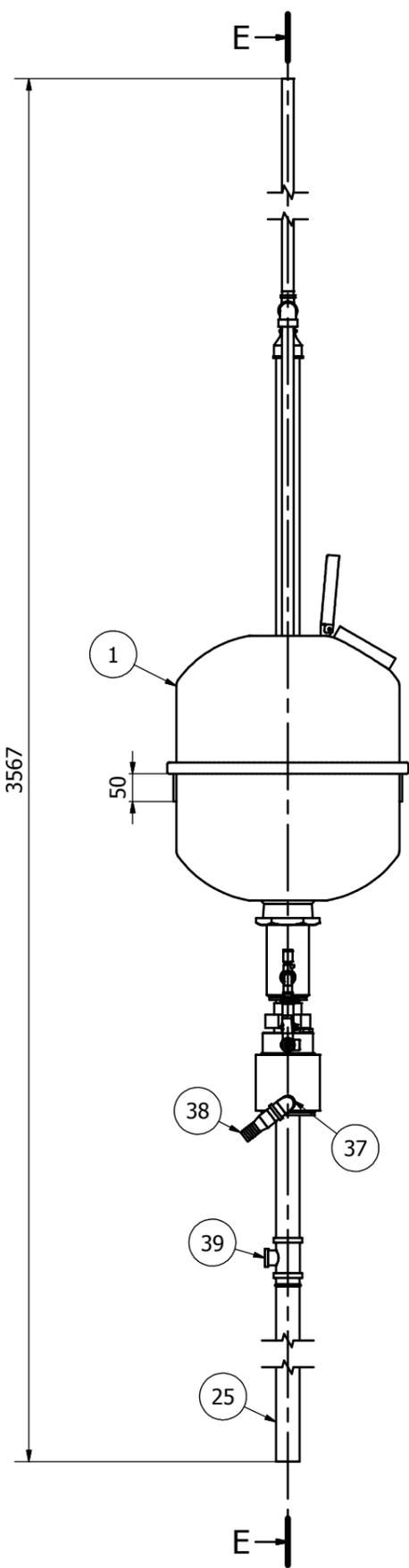
Condensation de l'eau dans le réservoir :

Création d'un point bas comprenant un robinet permettant de purger l'eau avant le passage à l'huile de palme.

ANNEXE 1

Plan

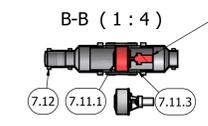
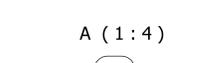
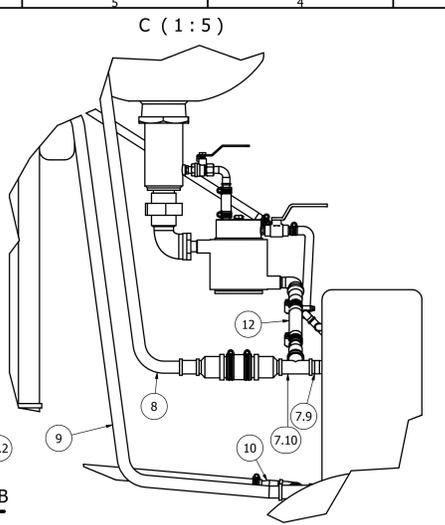
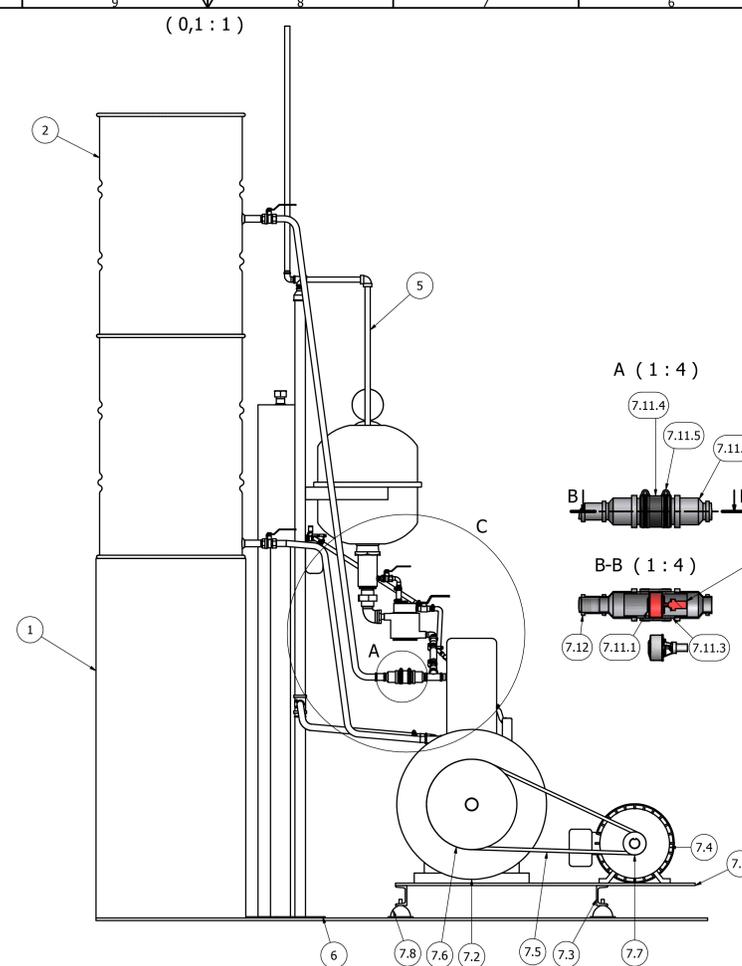
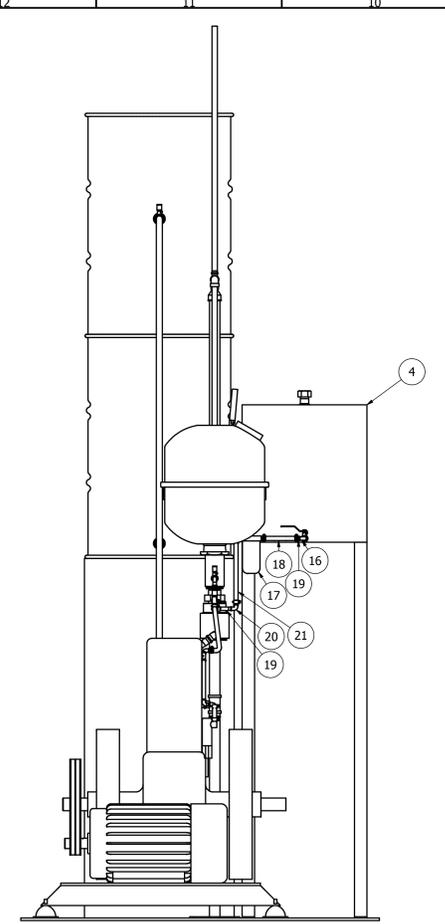
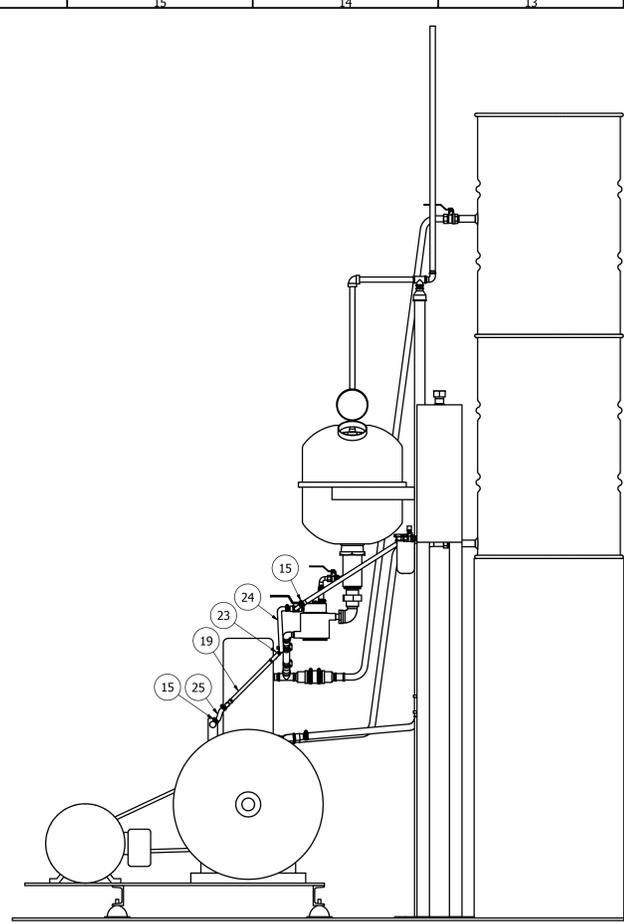
- e. Ensemble thermosiphon avec liste de pièce
- f. Ensemble général avec liste de pièce
- g. Ensemble général coté
- h. Ensemble général couleur avec légende



Liste de pièces			
ARTICLE	QTE	NUMERO DE PIECE	DESCRIPTION
1	1	Ensemble réservoir	Vase d'expansion 50l pour chauffage central.
2	1	Tube gaz 2" 1/2	Lg 180mm
3	1	Tube gaz 1" 1/4	Lg 80mm
4	1	Mamelon M M 1/2	Manchon
5	1	Raccord Union 1" 1/4	Raccord
6	1	Coude M F 1" 1/4	Coude mâle-femelle
7	1	Raccord de réduction MF 1" 1/4 - 1/2"	Raccord de réduction
8	2	Mamelon M M 1/4"	Manchon
9	1	Vanne 3 voies 1/4"	Femelle
11	1	Coude F F 1/2"	Coude
12	1	T 1/ 2" femelle	Raccord en T
13	1	Tube gaz 1/2"	Lg 250mm
14	1	Réduction 1"1/4 - 1/2"	Femelle
15	1	Mamelon M M 1/2"	Manchon
16	1	Tuyau 1"1/4	Lg 1620mm
20	1	Tube gaz 1/2"	Lg 600mm
21	1	M F 2"-1"1/4	Raccord de réduction
23	1	Ensemble Filtre modifier	
24	1	DIN EN 10242 Bouchon mâle à talon T9 1"1/4	Bouchon
25	1	Tube gaz 1"1/4	Lg 800mm
26	1	DIN EN 10242 Coude mâle et femelle A4 1/2	Coude mâle-femelle
27	1	Tube gaz 1/2"	Lg 1000mm
28	1	Tube gaz 2"	Lg 522mm
29	1	DIN EN 10242 Raccord de réduction N4 II 2 x 1 1/4	Raccord de réduction
30	1	DIN EN 10242 Raccord de réduction N4 III 2 x 1/2	Raccord de réduction
31	1	Support réservoir palme	Fer plat 50x5mm
32	1	DIN EN 10242 Coude de réduction mâle et femelle court D4 1/4	Coude
33	1	Vanne à bille 1/4"	F F
34	2	Raccord pour tuyau souple M-M 1/4"	KingNipple 3-4
35	1	tuyau souple entrée filtre HP	
36	2	611 Series Hose Clamp	17mm Dia Hose Clamp
37	1	DIN EN 10242 Coude de réduction mâle et femelle A4 3/4 x 1/2	Coude mâle-femelle
38	1	Raccord pour tuyau souple M-M 3/4"	3/4 NPT King Nipple
39	1	DIN EN 10242 Raccord en T à réduction sur la branche B1 1 1/4 x 3/4	Raccord en T de réduction
40	1	PGF-00242-0	Réduction 3"-2"1/2 M F

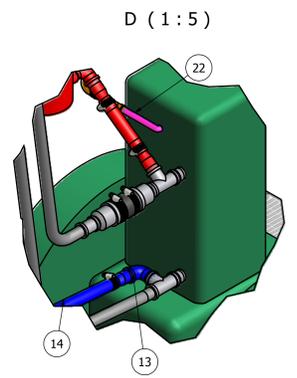
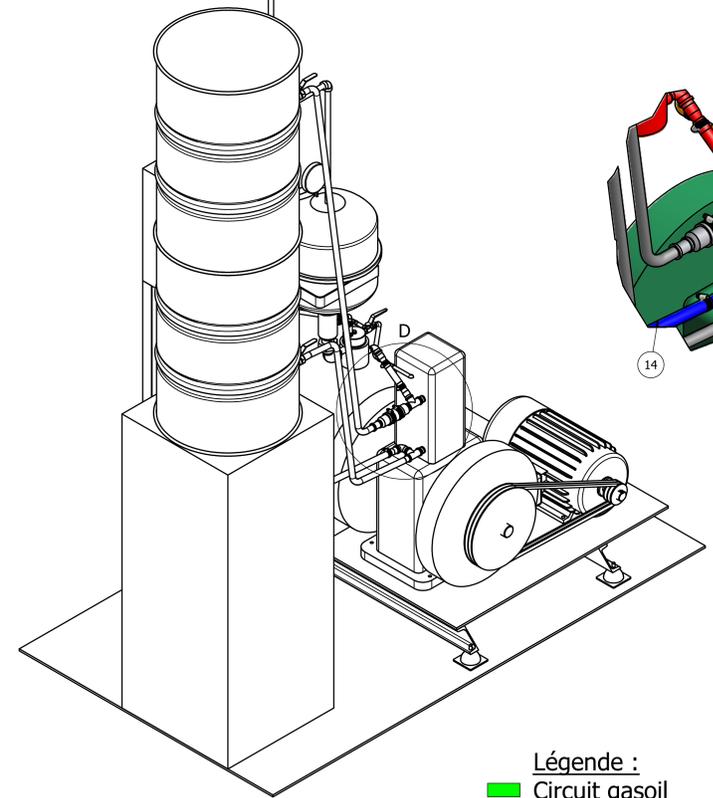
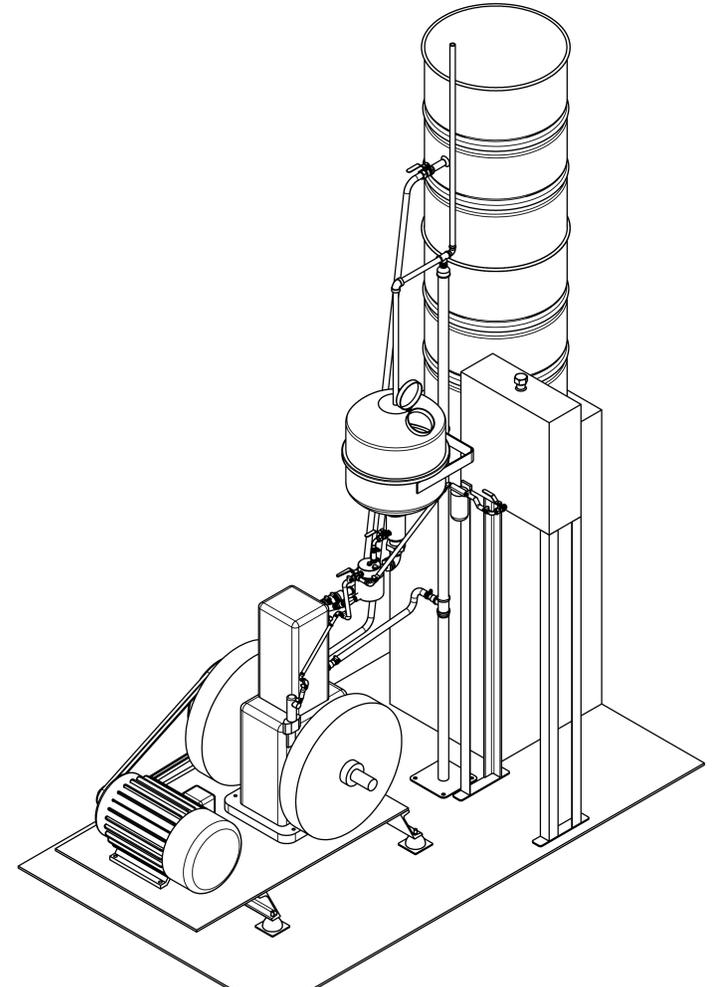
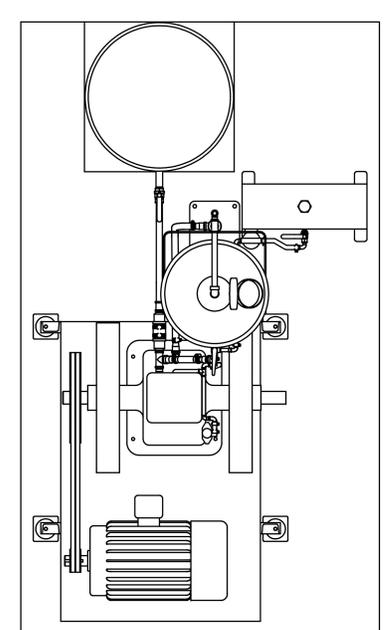
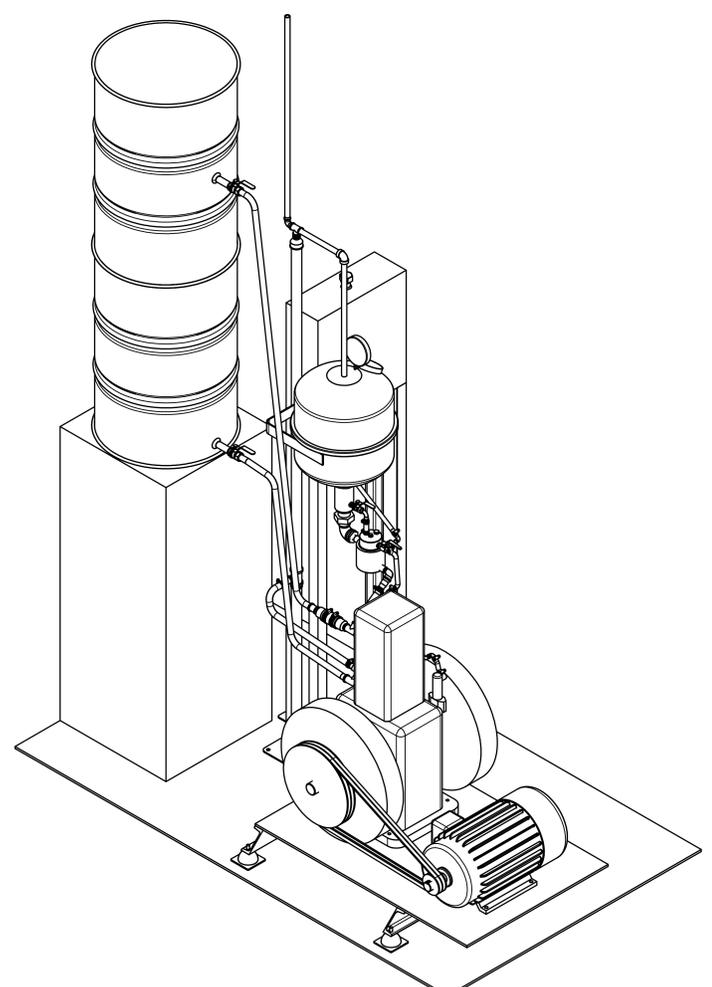
(0,1:1)

C (1:5)



Thermo vanne régulant la température du circuit de refroidissement du moteur.

Liste de pièces			
ARTICLE	QTE	NUMERO DE PIECE	DESCRIPTION
1	1	Support fûts refroidissement	TITRE 3
2	1	Fûts de refroidissement	
4	1	Réservoir gazoil	
5	1	Thermo siphon	
6	1	Pied thermo siphon	
7	1	Ensemble-moteur	
7.1	1	Support moteur	
7.2	1	Moteur type Lister 8.1	
7.3	1920 mm	DIN1026 - U 80 - 960	Profilé en U
7.4	1	Génératrice	
7.5	2	Courroie trapézoïdale	
7.6	1	Poulie à gorge3	
7.7	1	Poulie à gorge4	
7.8	4	vibrachoc	Amortisseur de vibration
7.9	2	Mamelon 3/4"	Manchon
7.10	2	DIN EN 10242 Raccord en T B1 3/4	Raccord en T
7.11	1	Ensemble vanne thermo	
7.11.1	1	Vanne thermo 86°C	
7.11.2	2	DIN EN 10242 Emboîtement de réduction mâle-femelle M4 1 1/4 x 3/4	Emboîtement
7.11.3	2	Tube gaz 1 1/4"	
7.11.4	1	tuyau souple vanne thermo	
7.11.5	2	611 Series Hose Clamp	xxx Dia Hose Clamp
7.12	1	DIN EN 10242 Emboîtement M2 3/4	Emboîtement
8	1	Conduite eau chaude fût	
9	1	Conduite eau froide fût	
10	3	KingNipple 3/4"	raccord pour tuyaux souple 3/4"
12	1	Conduite eau chaude moteur-TS	
13	1	DIN EN 10242 Coude mâle et femelle A4 3/4	Coude mâle-femelle
14	1	conduite eau froide TS-moteur	
15	12	611 Series Hose Clamp	xxx Dia Hose Clamp
16	5	DIN EN 10242 Coude mâle et femelle A4 1/4	Coude mâle-femelle
17	1	Filtere mazout	
18	1	Conduite gazoil réservoir-filtre	
19	8	1/4" PIPE	
20	1	DIN EN 10242 Coude A1 1/4	Coude
21	1	Conduite gazoil filtre-TS	
22	1	Tuyau sortie injecteur	
23	1	DIN EN 10242 Raccord en T B1 1/4	Raccord en T
24	1	Conduite gazoil-HP souple 1	
25	1	Conduite HP-gazoil entrée pompe injection	

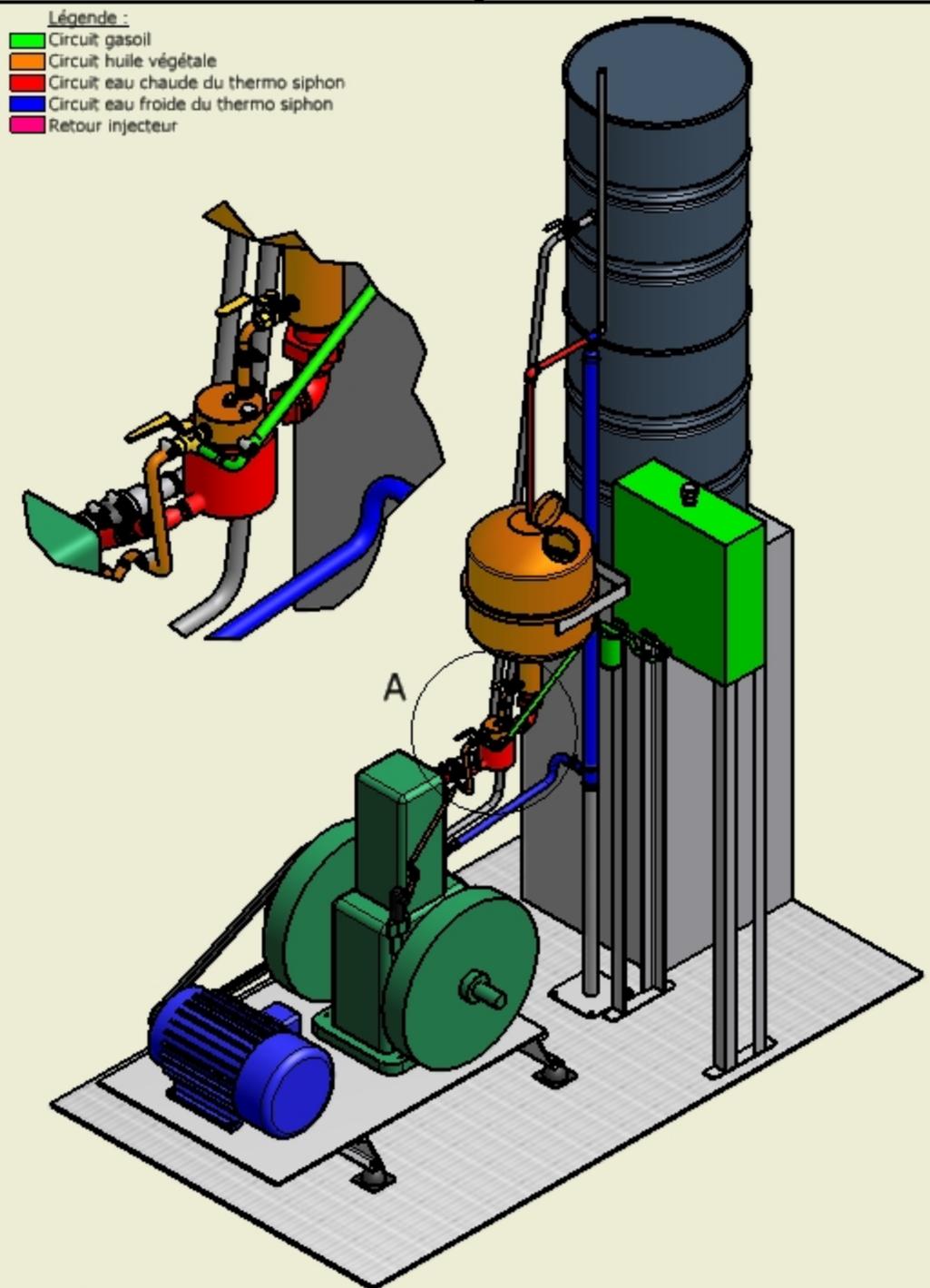


D (1:5)

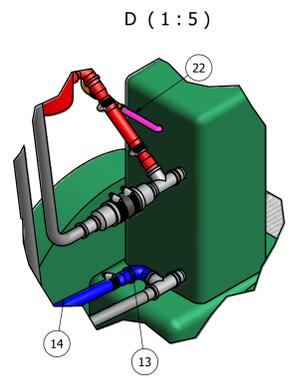
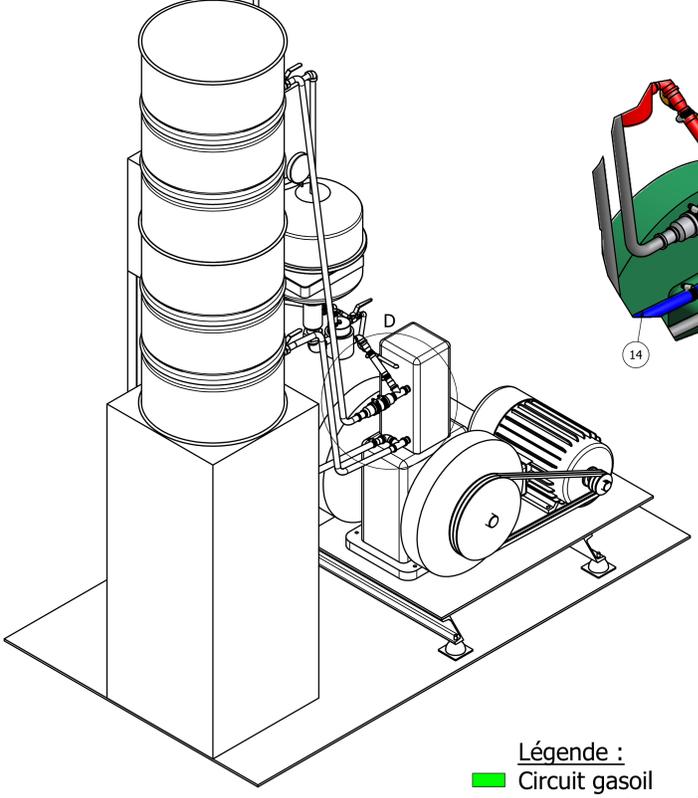
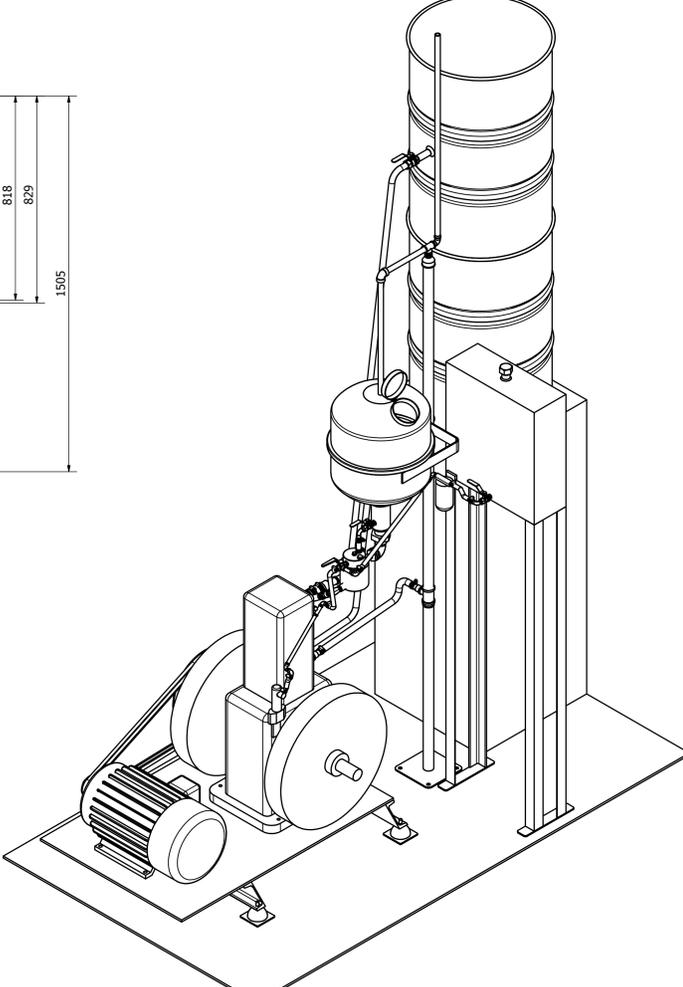
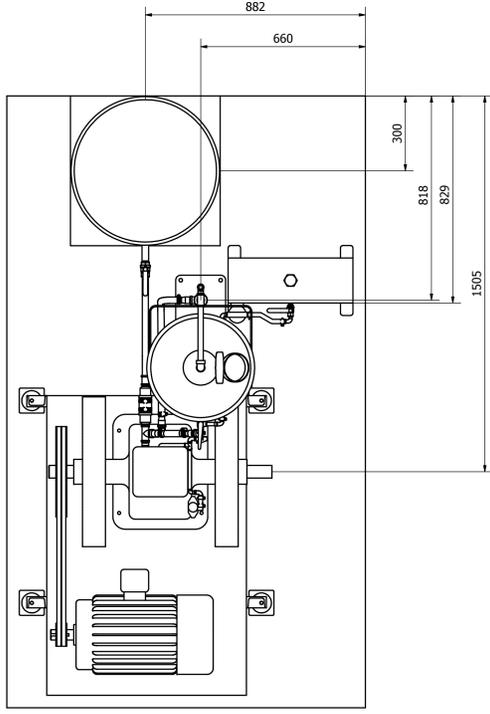
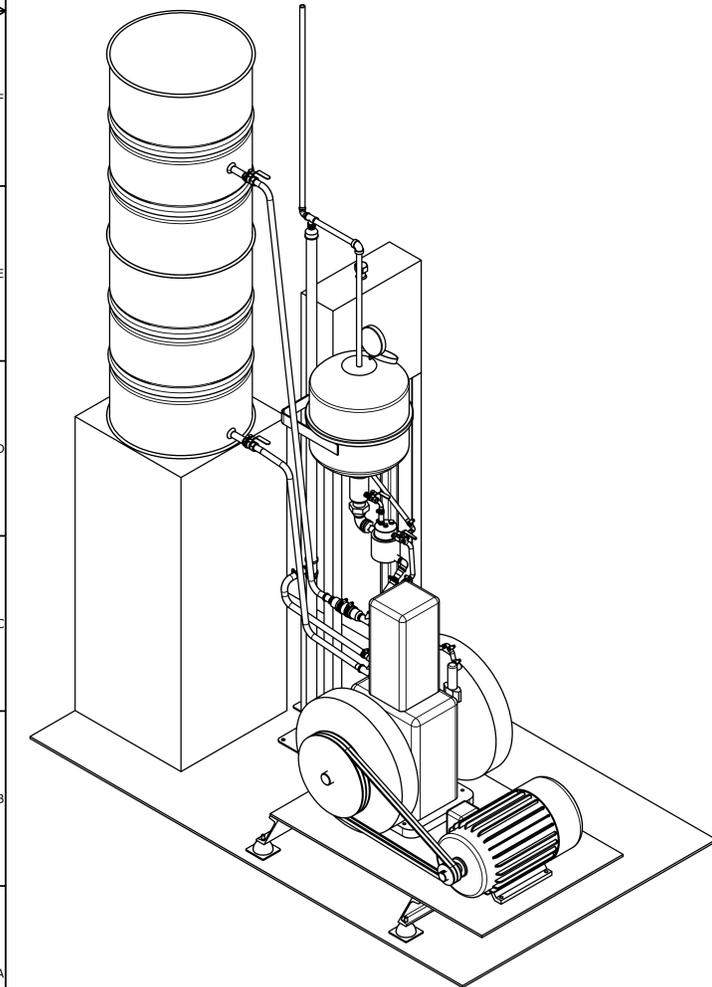
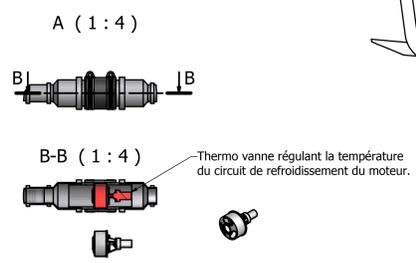
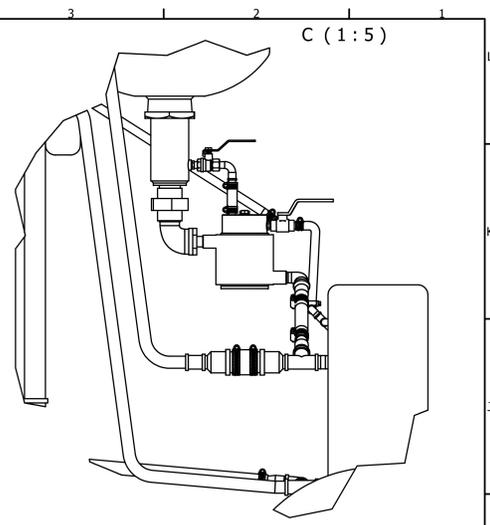
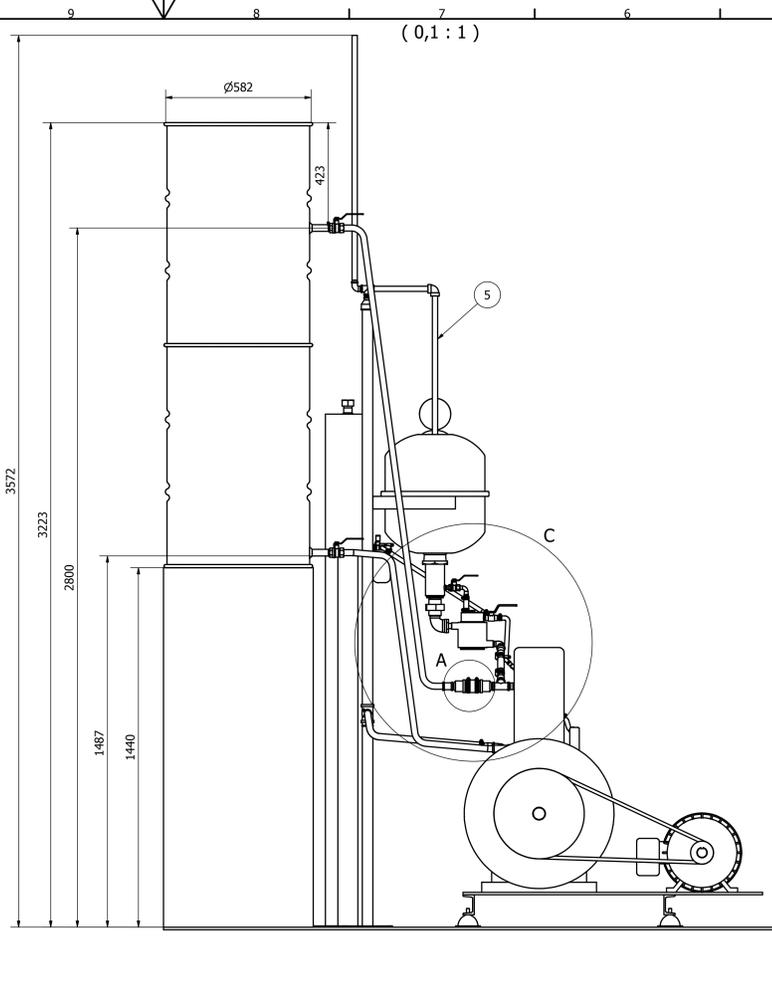
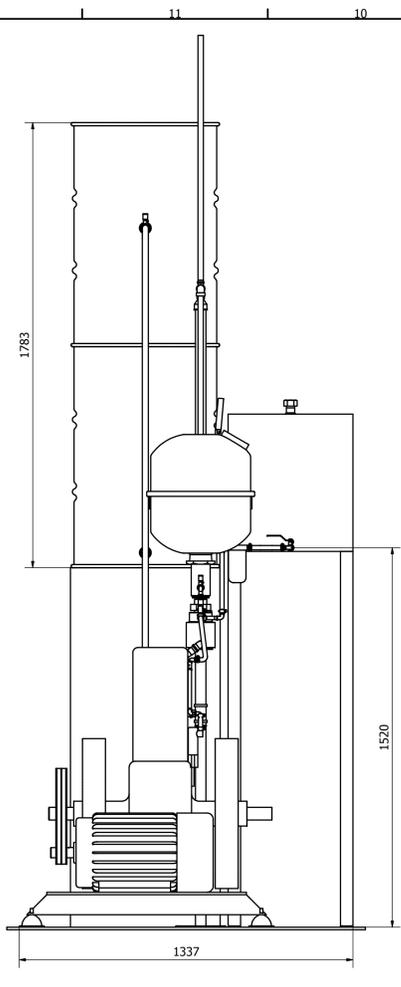
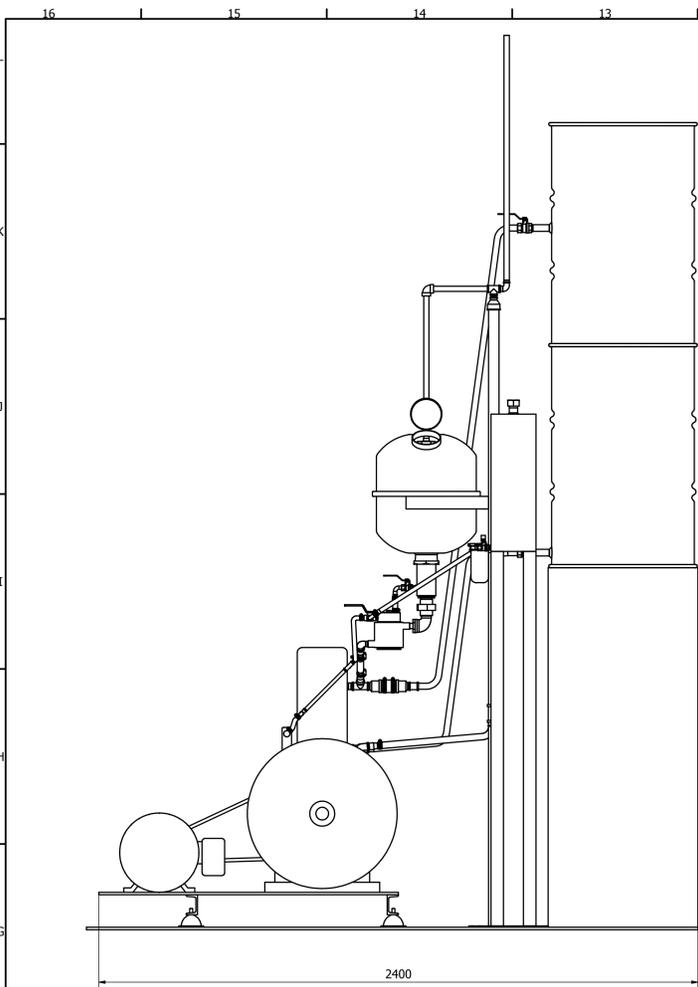
- Légende :**
- Circuit gazoil
 - Circuit huile végétale
 - Circuit eau chaude du thermo siphon
 - Circuit eau froide du thermo siphon
 - Retour injecteur

Conçu par Samuel Treinen	Vérifié par	Approuvé par	Date	Date	A0
Système de chauffage de l'huile de palme par thermosiphon			28/04/2008	28/04/2008	
Ensemble général			Modification	Feuille	1 / 3

- Légende :**
- Circuit gasoil
 - Circuit huile végétale
 - Circuit eau chaude du thermo siphon
 - Circuit eau froide du thermo siphon
 - Retour injecteur



Conçu par Samuel Treinen	Vérifié par	Approuvé par	Date	Date 28/04/2008	A4
Système de chauffage de l'huile de palme par thermosiphon			CODEART ASBL Chevémont 15, B-4852 Hombourg Belgique Tel : +32-87/875959 Fax : +32-87/787917 E-Mail : Info@codeart.org - Site Web : www.codeart.org		
			Ensemble général	Modification	Feuille 3 / 3



- Légende :**
- Circuit gasoil
 - Circuit huile végétale
 - Circuit eau chaude du thermo siphon
 - Circuit eau froide du thermo siphon
 - Retour injecteur

Conçu par Samuel Treinen	Vérifié par	Approuvé par	Date	Date	AO
Système de chauffage de l'huile de palme par thermosiphon			30/04/2008	30/04/2008	
Ensemble général coté			1 / 1		