Ce document a été mis en ligne par l'organisme FormaV®.

Toute reproduction, représentation ou diffusion, même partielle, sans autorisation préalable, est strictement interdite.

Pour consulter tous nos sujets d'annales et corrigés du Bac Pro PCEPC, veuillez visiter :
bacpropcepc.fr/annales-sujets-et-corriges

BACCALAURÉAT PROFESSIONNEL

PROCÉDÉS DE LA CHIMIE, DE L'EAU ET DES PAPIERS-CARTONS

SESSION **2021**

ÉPREUVE **E2** : ÉPREUVE TECHNOLOGIQUE

ÉTUDE D'UN PROCÉDÉ

DOSSIER RESSOURCES

*Le dossier se compose de **13** pages, numérotées de **1/13** à **13/13**.*
Dès que le dossier vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.

LES HUILES et MATIÈRES GRASSES

Généralités sur les huiles et matières grasses :

Les huiles et matières grasses, utilisées dans les boissons, la boulangerie, la confiserie, les produits laitiers, la nutrition infantile, la charcuterie et les snacks salés proviennent de graines oléagineuses.

Elles subissent plusieurs traitements afin d'être transformées :

- en huile destinée à des usages alimentaires et industriels ;
- en farine riche en protéines végétales, utilisée comme aliments pour animaux.

La trituration est réalisée au sein des installations de Brest, de Montoir et de Saint-Nazaire, ce dernier site étant l'une des usines de transformation de graines de tournesol les plus importantes d'Europe.

Cargill Saint-Nazaire produit et commercialise huiles et tourteaux issus de la transformation des graines oléagineuses.

Description du procédé :

Deux fosses, une côté mer et l'autre côté terre, permettent de réceptionner les graines acheminées par camions, par trains ou par bateaux, qui alimentent les silos.

Avant que les graines ne soient déchargées, plusieurs prélèvements sont effectués par le laboratoire de contrôle qualité. Le prélèvement se fait via un échantillonneur automatique qui prélève directement dans la benne du camion.
Les contrôles sont réalisés pour vérifier l'humidité (comprise entre 7 % et 10 %), les impuretés présentes (4 %) et l'absence d'insectes vivants.

Après déchargement et contrôle, les graines sont pesées et stockées dans des silos.

Elles sont ensuite nettoyées dans le crible **S1**, où a lieu :

- un pré-nettoyage pour éliminer les macros déchets éventuels (cailloux, plastiques, métal, animaux morts…) ;
- un nettoyage par soufflage d'air pressurisé sous 7 bars, pour éliminer les poussières et éviter les risques d'incendie et d'explosion.

Les graines sont ensuite séchées par un courant d'air chaud (air sec) dans le sécheur **F1**. Leur humidité étant réduite, elles sont stockées dans un silo journalier.

Elles alimentent ensuite le conditionneur d'humidité rotatif **E1**, qui permet une déshumidification des graines en élevant leur température de 20 °C à 75 °C, et en réduisant leur degré d'humidité grâce à un courant d'air sec.

Les graines chaudes sont dirigées par un transporteur à bande vers un extracteur solide liquide par pression **S2**. L'huile est extraite de la graine grâce à une force mécanique. On obtient en sortie l'huile brute de pression et les graines écrasées appelées cake.

L'huile brute de pression est envoyée vers le décanteur statique **S3**. C'est un bac qui permet d'éclaircir l'huile brute de pression, en la séparant des impuretés. De l'eau est ajoutée au niveau du décanteur **S3**, pour faciliter l'hydratation et améliorer la séparation des phospholipides et des solides présents dans l'huile brute de pression. Ces solides, appelés fines, sont recyclés vers l'extracteur solide liquide par pression **S2**.

Afin d'améliorer sa qualité en sortie du décanteur **S3**, l'huile brute de pression est introduite dans la centrifugeuse **S4** fonctionnant à 80 °C. Cette étape permet de séparer en continu les fines encore présentes dans l'huile brute de pression. Les fines sont recyclées vers l'extracteur solide liquide par pression **S2**.

L'huile brute de pression est séchée une dernière fois pour éliminer le surplus d'eau ajoutée au niveau du décanteur **S3**. Cette opération s'effectue dans le sécheur **F2** fonctionnant sous vide (250 mbar) à 105 °C et permet d'atteindre une humidité proche de 0,25 %. Avant stockage, l'huile brute de pression est refroidie grâce à deux échangeurs tubulaires, non représentés sur le schéma de procédé.

Les graines écrasées (cake) sortant de l'extracteur solide liquide par pression **S2** sont dirigées vers l'extracteur solide liquide par solvant **S5,** dans le but d'abaisser le pourcentage d'huile présent dans la graine de 20 % à 0,8 %, à l'aide d'hexane. Cet extracteur fonctionne à 65 °C sous pression atmosphérique. À l'issue de cette opération, on récupère :

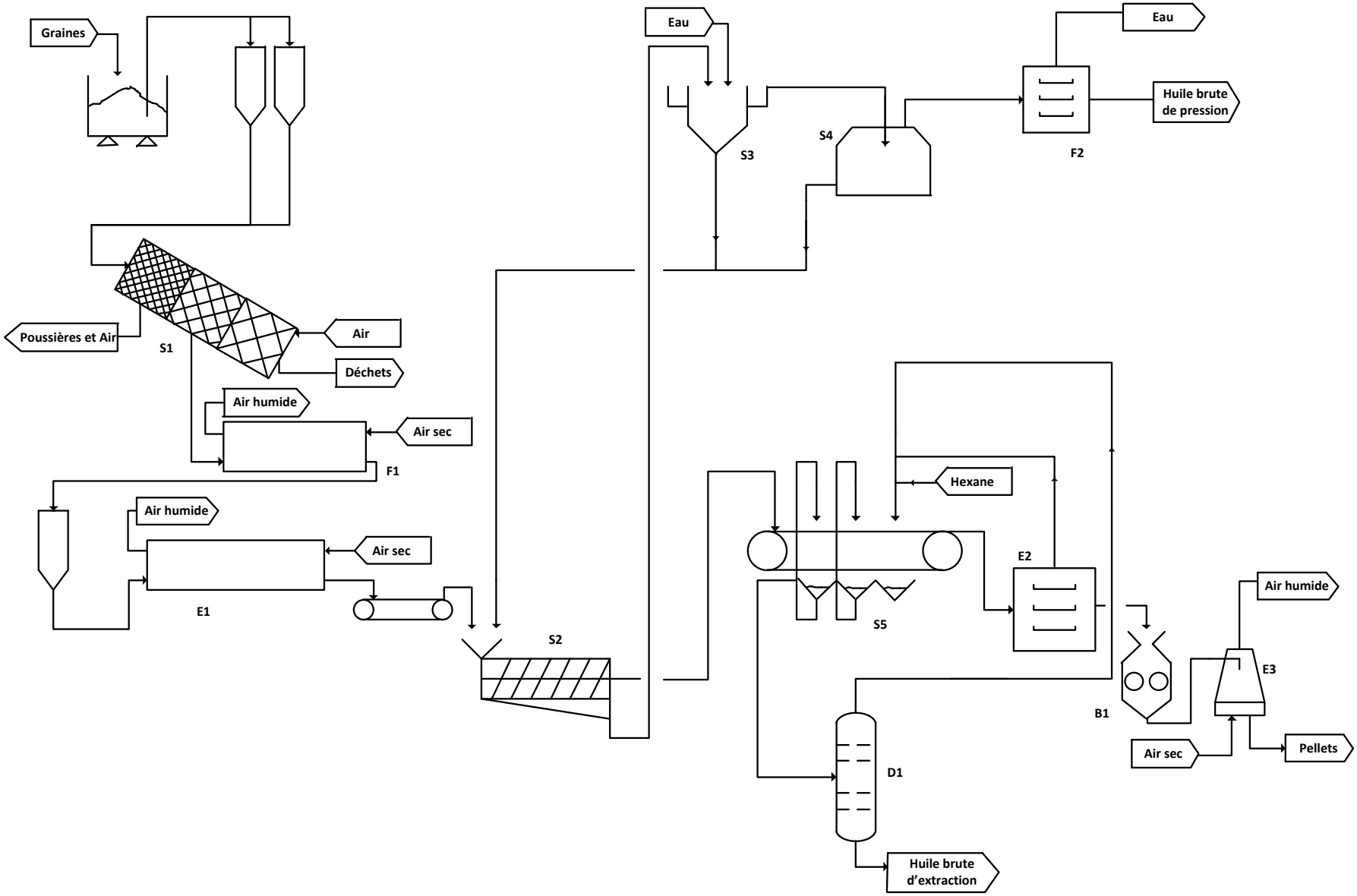
- une phase liquide appelée miscella ;
- une phase solide appelée tourteaux.

Le miscella, composé d'huile brute d'extraction et d'hexane, est distillé dans la colonne **D1** fonctionnant à 105 °C et sous une pression de 250 mbar. Cette opération permet de recycler l'hexane et de récupérer l'huile brute d'extraction.

Les tourteaux sortent de l'extracteur solide liquide par solvant **S5** avec un taux de matière grasse réduit à 0,8 %. L'hexane présent dans les tourteaux est éliminé dans le désolvantiseur **E2** et recyclé vers l'extracteur solide liquide par solvant **S5**.

Les tourteaux alimentent ensuite le broyeur **B1** qui va les écraser pour en faire des pellets.

Ces pellets sont refroidis dans la tour de refroidissement **E3** dont le but est de diminuer le risque de présence de salmonelles dans les stockeurs. Une humidité et une température excessives favorisent leur prolifération. Les pellets sont stockés dans des silos puis expédiés.


Graines
Eau
Eau
Huile brute de pression
S3
S4
F2
Poussières et Air
S1
Air
Déchets
Air humide
Air sec
F1
Air humide
Air sec
E1
S2
Hexane
E2
S5
Air humide
E3
B1
Air sec
Pellets
D1
Huile brute d'extraction

PRINCIPE DE LA GESTION DE MAINTENANCE PRÉVENTIVE
SUR L'UNITE D'EXTRACTION DE L'HUILE

Définitions

Taux de **R**endement **S**ynthétique	C'est un indicateur de l'efficacité d'une ligne de production **TRS** (en %) = **TU/TR x 100**
Taux de **Q**ualité	Ce taux est influencé par les pannes et les changements d'outils. Il exprime la probabilité qu'un équipement soit opérationnel.
Taux de **P**erformance	Ce taux est influencé par les micros arrêts et les baisses de production. Il exprime les variations de cadences.
Taux de **D**isponibilité	Ce taux est influencé par les pièces défectueuses. Il exprime les pertes dues à de mauvaises fabrications.

Temps d'arrêt induit	Tout arrêt de production qui n'est pas directement lié au moyen de production.
Temps d'arrêt de production	Tout arrêt de production lié aux arrêts du personnel et au moyen de production.
Panne	Les défaillances imprévisibles
Non qualité	Temps passé à fabriquer un produit dont la qualité n'est pas acceptable.

Décomposition des temps de production sur la ligne d'extraction d'huile dans les tourteaux

<table>
<tr><td>Temps d'ouverture</td><td>6 720 h/an</td><td colspan="4">24 heures x 280 jours = 6 720 heures / an</td></tr>
<tr><td>Temps requis : TR</td><td>6 570 h/an</td><td colspan="3">6 720 – 150 = 6 570 heures / an</td><td rowspan="4">150 heures

Temps d'arrêt induit</td></tr>
<tr><td>Temps brut de fonctionnement</td><td>6 315 h/an</td><td colspan="2"></td><td rowspan="3">255 heures

Temps d'arrêt de production</td></tr>
<tr><td>Temps net de fonctionnement</td><td>6 110 h/an</td><td></td><td rowspan="2">205 heures

Pannes</td></tr>
<tr><td>Temps utile de fonctionnement : TU</td><td>6 092 h/an</td><td>18 heures
Non qualité</td></tr>
</table>

PRINCIPE DE LA GESTION DE MAINTENANCE PRÉVENTIVE SUR L'UNITE D'EXTRACTION DE L'HUILE

(SUITE)

Relevé des arrêts de production en minutes sur 1 semaine (un même arrêt peut se reproduire plusieurs fois).

DATE	Type de l'arrêt	Temps d'arrêt en min	Coût des pièces de rechange (en Euros)
06/09/15	Dysfonctionnement capteur détection fermeture trou d'homme	8	0
06/09/15	Nettoyage fuite pompe transfert huile extraite	10	0
06/09/15	Réunion	11	0
06/09/15	Attente transfert hexane dans réacteur	12	0
06/09/15	Réglage du débit d'appoint d'hexane vers extracteur	6	0
06/09/15	Vanne vidange hexane bloquée	2	0
07/09/15	Nettoyage fuite pompe transfert huile extraite	7	0
07/09/15	Remplacement robinet évent sur réacteur	9	65
07/09/15	Réglage du débit d'appoint d'hexane vers extracteur	12	0
07/09/15	Nettoyage fuite pompe transfert huile extraite	8	0
07/09/15	Dysfonctionnement capteur détection fermeture trou d'homme	20	0
08/09/15	Nettoyage fuite pompe transfert huile extraite	5	0
08/09/15	Remplacement bouton arrêt d'urgence cassé par chariot élévateur	3	25
08/09/15	Citerne stockage vide (manque hexane)	14	0
08/09/15	Pas de pression d'azote : changement pressostat	5	50
08/09/15	Nettoyage fuite pompe transfert huile extraite	10	0
09/09/15	Réglage du débit d'appoint d'hexane vers extracteur	11	0
09/09/15	Dysfonctionnement capteur détection fermeture trou d'homme	7	0
09/09/15	Réunion	15	0
09/09/15	Nettoyage fuite pompe transfert huile extraite	5	0
10/09/15	Perte détection pression azote dans réacteur	10	0
10/09/15	Réglage du débit d'appoint d'hexane vers extracteur	8	0
10/09/15	Réunion	10	0
10/09/15	Citerne stockage vide (manque hexane)	5	0
10/09/15	Perte détection pression azote dans réacteur	10	0
10/09/15	Nettoyage fuite pompe transfert huile extraite	10	0

FICHE PRODUIT
n-HEXANE

C_6H_{14}

Masse moléculaire : 86,2 g/mol

Liquide et vapeurs très inflammables (H225)
Provoque une irritation cutanée (H315)
Susceptible de nuire à la fertilité ou au fœtus (H361)
Peut provoquer la somnolence ou des vertiges (H336)
Risque avéré d'effets graves pour les organes à la suite d'expositions répétées ou d'une exposition prolongée (H372)
Peut être mortel en cas d'ingestion et de pénétration dans les voies respiratoires (H304)



Propriétés physiques

Densité de vapeur (air = 1) : 2,97
Point de fusion : - 95,35 °C
Point d'ébullition : 68,73 °C
Tension de vapeur : 124 mm de Hg (16,5 kPa) à 20 °C

Données sur les risques d'incendie

Point d'éclair : - 22 °C Coupelle fermée (méthode non rapportée)
T° d'auto-ignition : 225 °C
Limites d'explosibilité : 1,1 % à 25 °C / 7,5 % à 25 °C

Données importantes
Aspect physique, apparence: liquide incolore, volatil, d'odeur caractéristique.

Dangers physiques : la vapeur est plus lourde que l'air et peut se propager au niveau du sol pouvant provoquer une inflammation à distance.

Dangers chimiques : réagit avec les oxydants forts en provoquant des risques d'incendie et d'explosion.

Valeur Moyenne d'exposition : VME = 50 ppm

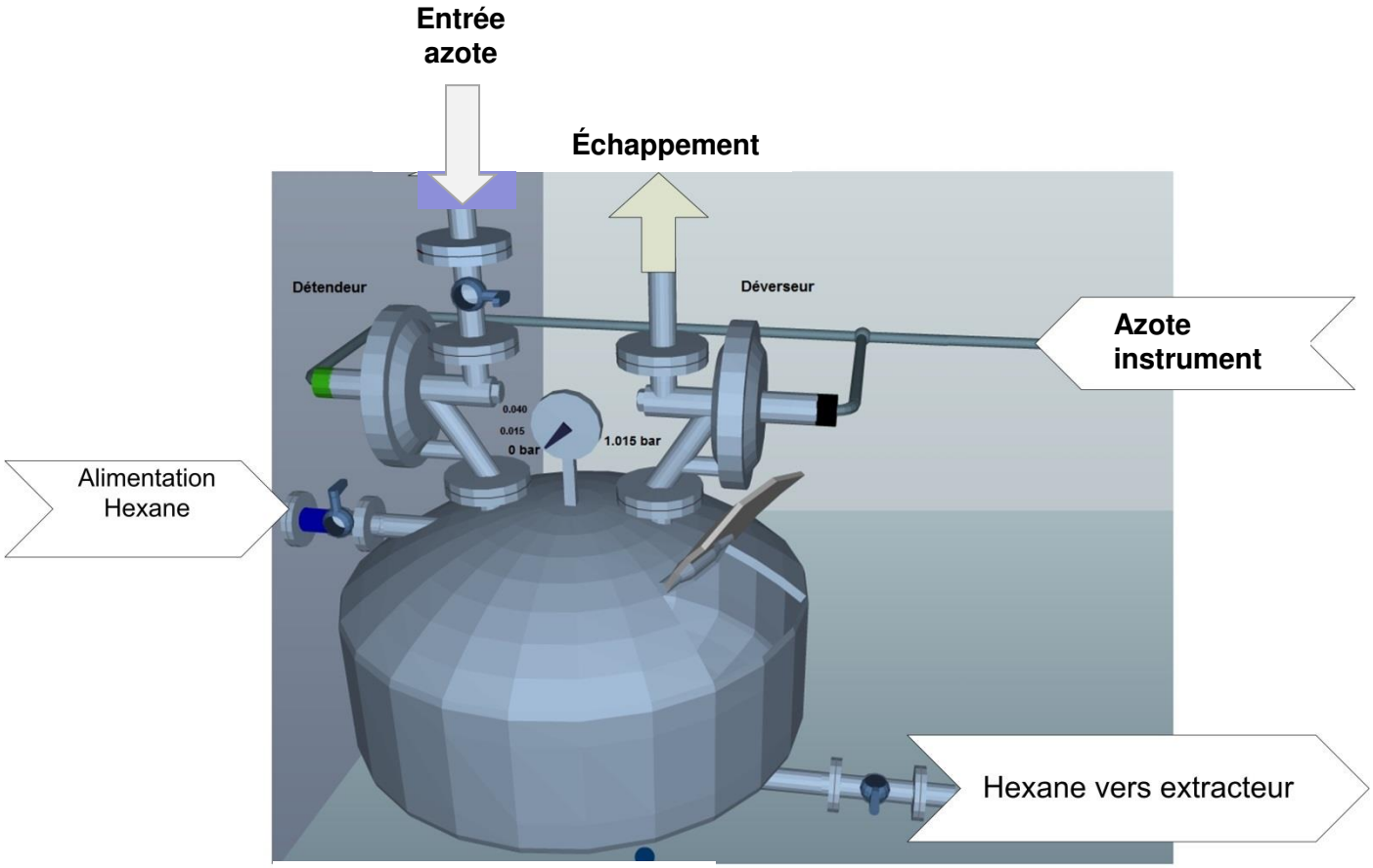
Voies d'exposition : la substance peut être absorbée par l'organisme par inhalation de ses vapeurs, à travers la peau et par ingestion.

Risque d'inhalation : une contamination dangereuse de l'air est rapidement atteinte lors de l'évaporation de cette substance à 20 °C.

Effets des expositions de courte durée : la substance est irritante pour les yeux ; l'ingestion du liquide peut entraîner une aspiration au niveau des poumons avec un risque de pneumopathie ; la substance peut avoir des effets sur le système nerveux central.

ÉTUDE DE L'INERTAGE ET DE LA PRESSURISATION DU RÉACTEUR CONTENANT L'HEXANE

Que ce soit au niveau de l'extraction ou au niveau de la distillation, l'hexane est utilisé comme solvant. La gestion de l'hexane est strictement règlementée aussi bien au niveau du stockage, des conditions d'utilisation que des résidus dans les huiles et tourteaux.
Les contenants recevant de l'hexane sont toujours équipés d'un système d'inertage.



Source : www.zuercher.com

Schéma du réacteur contenant l'hexane d'appoint destiné à l'extraction de l'huile dans les tourteaux

ÉTUDE DE L'INERTAGE ET DE LA PRESSURISATION DU RÉACTEUR CONTENANT L'HEXANE

(SUITE)

Présentation de l'azote (N_2) :



L'azote est un gaz de l'air (78 % d'N_2, 21 % d'O_2 et 1 % de CO_2, H_2O, gaz rares et impuretés).

L'azote est incolore, inodore, sans saveur.

L'azote est ininflammable.

L'azote ne permet, ni n'entretient la combustion.

Par contre, l'azote est très dangereux en cas de fuite car la teneur en dioxygène (O_2) va diminuer. Il y a danger si la proportion en O_2 est inférieure à 18 %.

Procédure réalisée lors de l'inertage et de la pressurisation du réacteur contenant l'hexane d'appoint :

Le réacteur doit être inerté et l'air ambiant doit être remplacé par un gaz inerte et non réactif, l'azote.

Étape 1 :
Fermeture du trou d'homme et ouverture de la tuyauterie d'azote (N_2).
Le détendeur injecte de l'azote jusqu'à l'obtention d'une surpression de 15 mbar.

Étape 2 :
Le détendeur injecte de l'azote jusqu'à l'obtention d'une surpression de 1 015 mbar.

Étape 3 :
Lorsque la pression dans le réacteur atteint 1015 mbar, le détendeur est coupé et le déverseur laisse échapper la surpression jusqu'à atteindre 40 mbar.
Le premier cycle est terminé, la teneur en oxygène dans le réacteur est réduite de 50 %.

Étape 4 :
Réenclenchement du détendeur, la pression du réacteur augmente jusqu'à 1 015 mbar.

Étape 5 :
Le détendeur est coupé et le déverseur laisse échapper la surpression jusqu'à atteindre 40 mbar.
Le second cycle est terminé, la teneur en oxygène dans le réacteur est réduite une nouvelle fois de 50 %.
Le réacteur est inerté et prêt pour la production, le détendeur et le déverseur sont en mode de pressurisation.

Étape 6 :
Le réacteur se remplit d'hexane et le processus de production commence. Le niveau et la pression augmentent dans le réacteur.
Le déverseur libère la pression dès que la pression dans le réacteur atteint 40 mbar.

Étape 7 :
Le réacteur est vidé à la fin du processus, La pression interne baisse en même temps que le niveau, dès que la pression baisse en dessous de 15 mbar, le détendeur injecte à nouveau de l'azote.

QUALITÉ DES GRAINES

Les graines de tournesol qui arrivent au sein de l'entreprise pour être triturées sont de deux types :

- les graines classiques qui contiennent 20 % d'acide oléique ;
- les graines oléiques qui contiennent entre 75 % et 90 % d'acide oléique.

L'acide oléique est un acide gras mono insaturé reconnu pour son rôle de réduction du cholesterol. De plus, la composition en acide gras de l'huile oléique permet l'estérification requise pour la production de biodiesel, contrairement à l'huile conventionnelle.

La formule semi développée de l'acide oléique est la suivante :

$$CH_3\text{-}(CH_2)_7\text{-}CH{=}CH\text{-}(CH_2)_7\text{-}COOH$$

Masses atomiques : H = 1 g/mol ; O = 16 g/mol ; C = 12 g/mol.

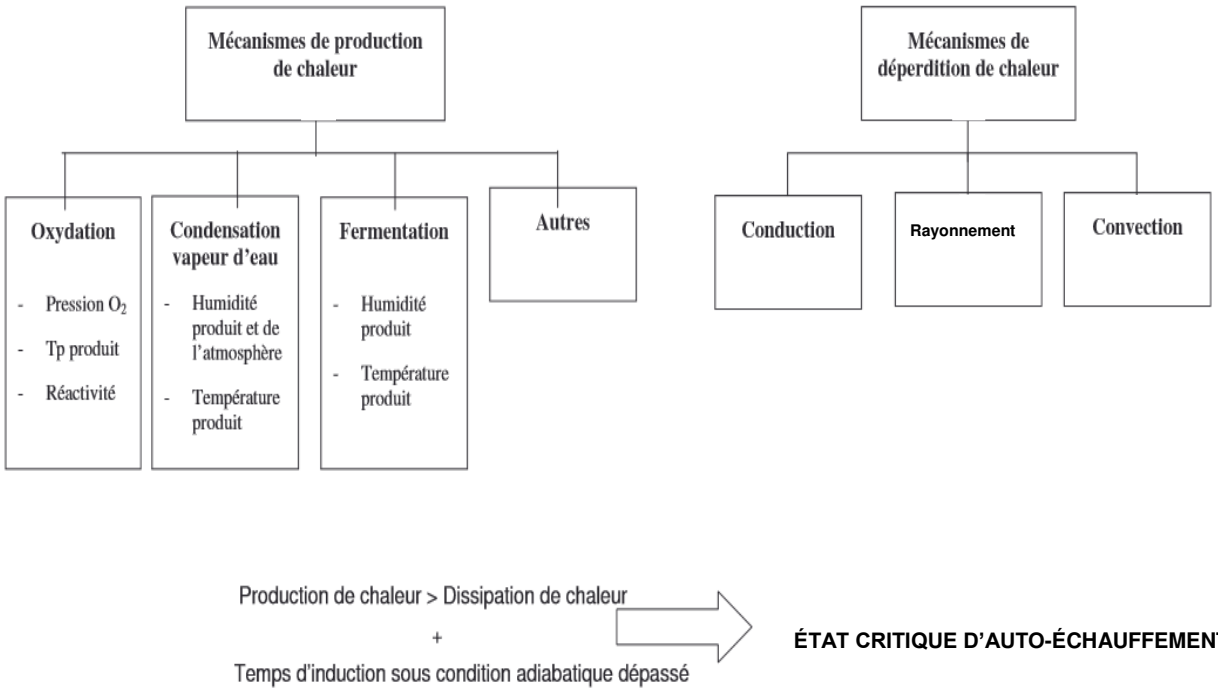
L'ensemble de ces graines est contrôlé à l'entrée de l'entreprise par le laboratoire responsable du contrôle qualité des matières premières. Un prélèvement d'échantillon est effectué dans la benne du camion puis des tests sont réalisés. Si les tests sont concluants, les graines sont stockées.

Les critères testés sont :

- <u>l'humidité</u>

  Si l'humidité est supérieure à 9 %, le stockage des graines n'est pas possible car il y a un risque d'autoéchauffement des silos.

Paramètres influant sur le phénomène d'auto-échauffement



QUALITÉ DES GRAINES

(SUITE)

- Le taux d'impureté

Si le taux est supérieur à 2 %, l'entreprise discute le prix de la graine ou la refuse.

- L'absence d'insectes vivants (passage des graines sur un tamis)

Si un seul insecte vivant est trouvé les graines sont refusées.
Les insectes engendrent une altération des grains et sont source de souillures et de contaminations : ce sont des vecteurs de germes. Malgré une lutte de plus en plus technique, leur éradication semble impossible. Les contrats commerciaux stipulent que tout lot de grain doit être refusé si un seul insecte vivant y est repéré.

- Test de présence de salmonelles

Si le test est positif, les graines sont refusées.
Les aliments contaminés par la bactérie *Salmonella* ne présentent pas nécessairement d'altération visible ni d'odeur suspecte. La consommation d'aliments contaminés par cette bactérie peut causer la salmonellose, une maladie d'origine alimentaire. Chez les jeunes enfants, les gens âgés et les personnes dont le système immunitaire est affaibli, la salmonellose peut causer des infections graves, parfois mortelles. Chez les personnes en bonne santé, la salmonellose peut se manifester par des symptômes de courte durée comme une forte fièvre, des maux de tête violents, des vomissements, des nausées, des douleurs abdominales et de la diarrhée. La salmonellose peut entraîner des complications à long terme comme une forme grave d'arthrite.

ÉCHANGE THERMIQUE
REFROIDISSEMENT DE L'HUILE

Données :

Fluides	Capacité thermique massique kJ/(kg.K)	Débit volumique m^3/h	Température entrée dans l'échangeur °C	Température sortie de l'échangeur °C
Eau	4,18	30	20	30
Huile	2	20	70	24,5

Rappels :

Les fluides ne changent pas d'état.

Le flux de chaleur échangée est : $\Phi = Qm \times Cp \times \Delta T$

avec :

Φ : flux de chaleur en kJ/h
Qm : débit massique en kg/h
Cp : capacité thermique en kJ/(kg.K)
ΔT : variation de température en K ou en °C
Qv : débit volumique m^3/h
ρ : masse volumique en kg/m^3

1 kJ/s = 1 kW

Masse volumique de l'eau à 30 °C : **1 000 kg/m³**

Masse volumique de l'huile à 24,5 °C : **900 kg/m³**

$Qm = Qv \times \rho$

VÉRIFICATION DES SILOS

Caractéristiques du silo journalier

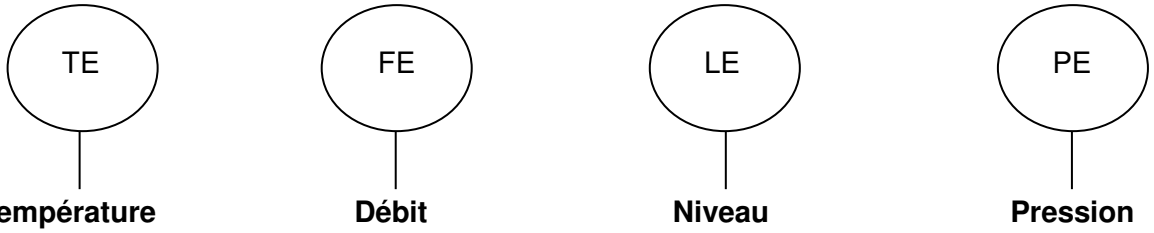
Hauteur : **28 m**
Base : **250 m²**
Volume du silo : V = Base x Hauteur

Caractéristiques des graines

Débit horaire moyen utilisé : **90 t/h**
Masse volumique : **420 kg/m³**
$Qm = Qv \times \rho$

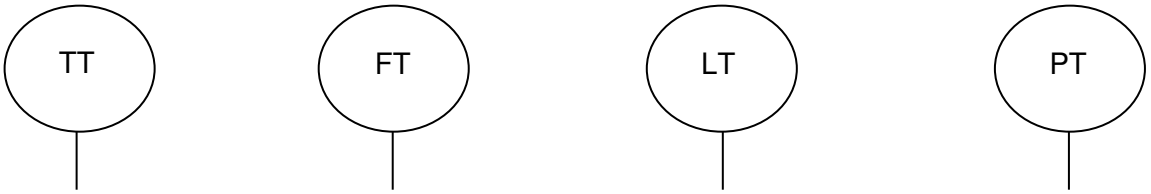
SYMBOLES D'INSTRUMENTATION

CAPTEURS

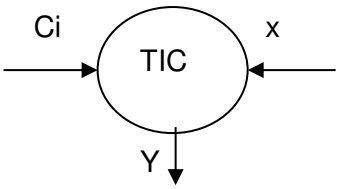


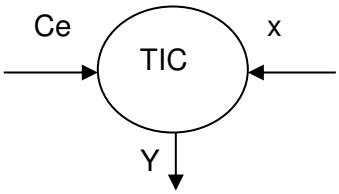
Température **Débit** **Niveau** **Pression**

TRANSMETTEURS



RÉGULATEURS

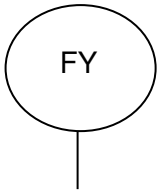




X : signal de mesure
Ci : consigne interne

Y : signal de sortie du régulateur
Ce : consigne externe

RELAIS DE CALCUL



ORGANES CORRECTEURS



TYPES DE LIAISON

Électrique

Numérique

Pneumatique

Copyright © 2026 FormaV. Tous droits réservés.

Ce document a été élaboré par FormaV© avec le plus grand soin afin d'accompagner chaque apprenant vers la réussite de ses examens. Son contenu (textes, graphiques, méthodologies, tableaux, exercices, concepts, mises en forme) constitue une œuvre protégée par le droit d'auteur.

Toute copie, partage, reproduction, diffusion ou mise à disposition, même partielle, gratuite ou payante, est strictement interdite sans accord préalable et écrit de FormaV©, conformément aux articles L.111-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. Dans une logique anti-plagiat, FormaV© se réserve le droit de vérifier toute utilisation illicite, y compris sur les plateformes en ligne ou sites tiers.

En utilisant ce document, vous vous engagez à respecter ces règles et à préserver l'intégrité du travail fourni. La consultation de ce document est strictement personnelle.

Merci de respecter le travail accompli afin de permettre la création continue de ressources pédagogiques fiables et accessibles.