

**- Ouverture vers le Monde de la Recherche et de l'Industrie -
Partenariat avec la brasserie artisanale 'Brasserie de la Naine'**

DÉBUTER DANS LA FABRICATION D'UNE BIÈRE ARTISANALE

Lycée polyvalent
Théophile Roussel



Classe de 1STL: Lola, Lubin, Pierre,
Alexis, Clément et Ilona



Gérants de la brasserie: monsieur GAUTIER
Florian et mademoiselle BOUTET Gwendoline

Année scolaire 2020 - 2021

Projet suivi par M. TETAZ Bruno, enseignant en physique chimie

Projet initié en 2019 - 2020 par Mme MEYER Agnès et M. TETAZ Bruno, enseignants en physique chimie et interrompu par le confinement printemps 2020

LES INGRÉDIENTS

90 % EAU !



**Céréales
maltées**



Houblon



**La cervoise, breuvage de nos ancêtres
les gaulois qui donne de la force, ne
contenait pas de houblon!**



Levures



Sucre (très peu)



LES INGRÉDIENTS

**9,0L
de
bière**

9,0L



Eau

2,25kg



**Céréales
maltées**

45g



Houblon

9g



Levure

Sirop

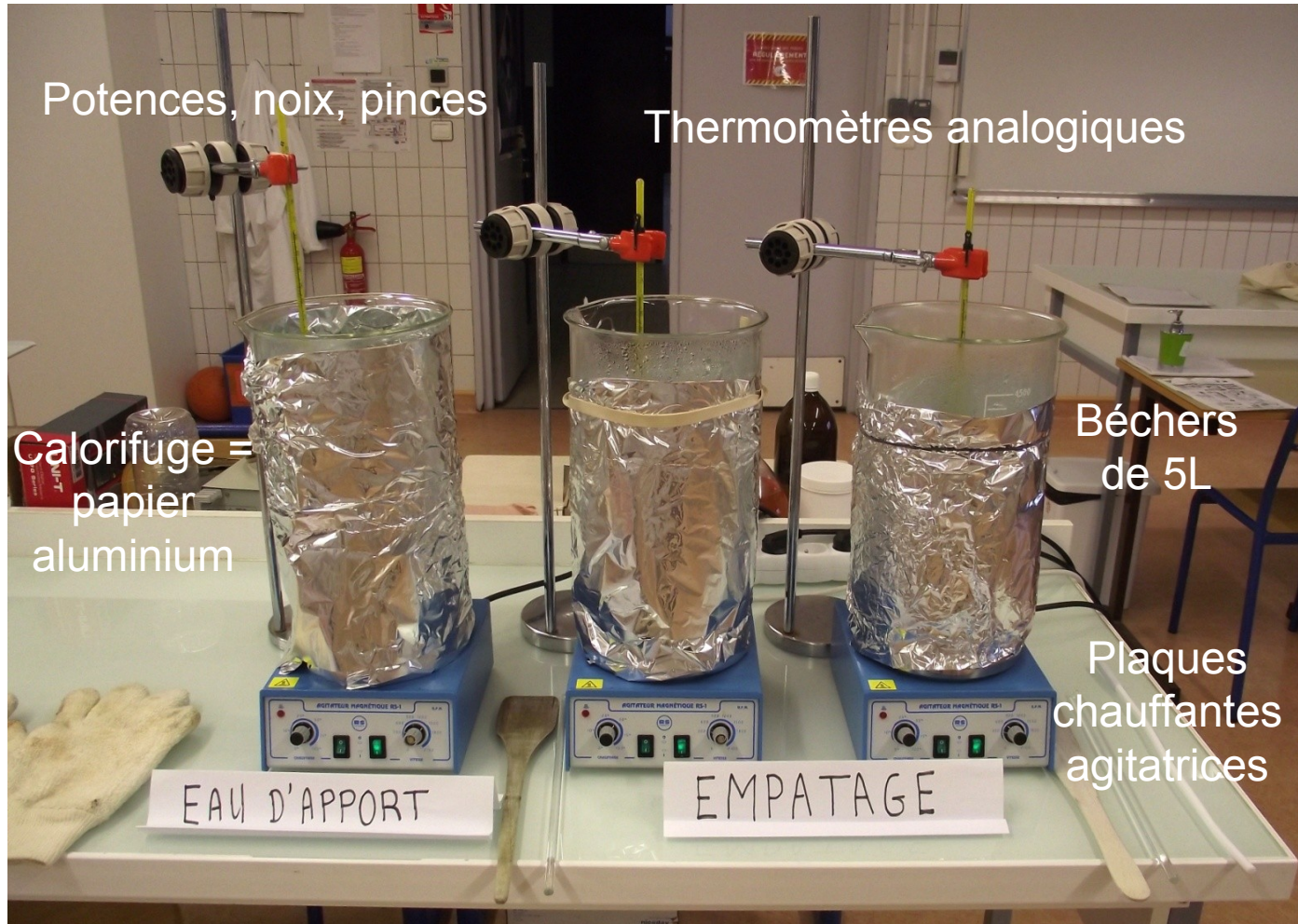


Sucre

EMPATAGE

**Eau d'apport
63°C à 65°C**

**2 béchers d'empatage
2 x 3 L à 72°C avant
introduction céréales**



EMPATAGE



**Introduction de
2 x 1,125 kg de
céréales maltées
concassées**

**Les céréales « froides »
font baisser la température
de 72°C à 65°C**

Les céréales maltées ont subi une **pré-germination**. Durant l'empatage, des enzymes couperont la molécule d'**amidon** en **sucres fermentescibles, dextrose et maltose**. D'autres sucres non fermentescibles donneront le **corps** et la **rondeur** à la bière.



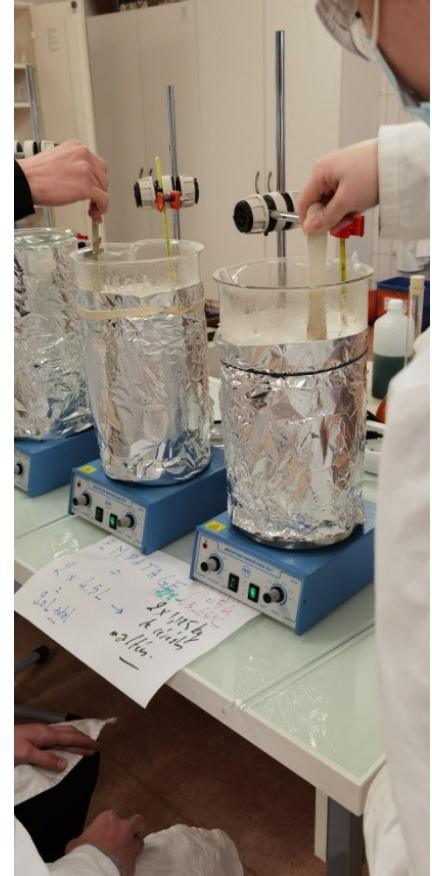
EMPATAGE

L'eau va **extraire** les différents **sucres** des céréales maltées.

est parti pour **1 heure**
d'homogénéisation +
régulation température
entre **63 à 65°C**



Pelle de Fourquet = spatule de cuisine !!!



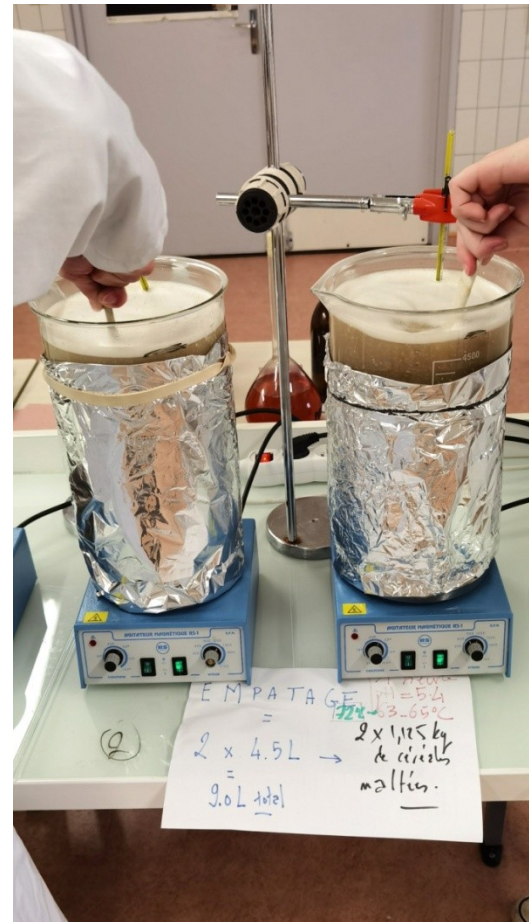
EMPATAGE



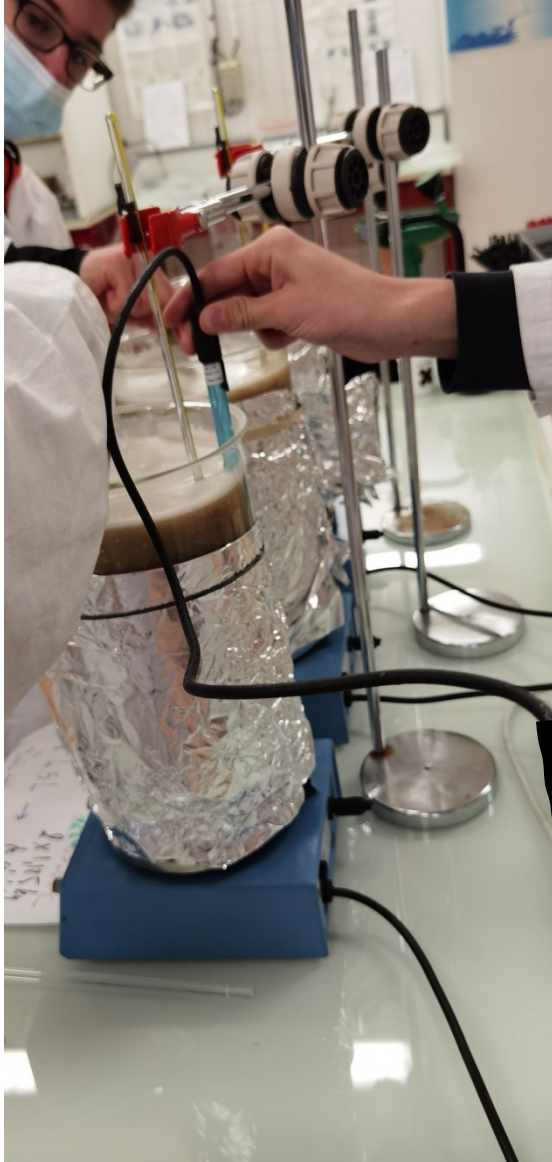
**Ajout de 2 x 1L
d'eau à 64°C pour
amener chaque
bécher à 4 L d'eau**

EMPATAGE

L'empatage se poursuit...attention à la température !!!

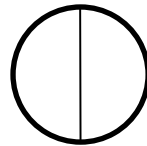


EMPATAGE

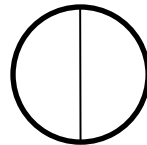


Vérification du pH auto-régulé à **pH = 5,4 ...et c'est le cas !**

5.4_{upH}



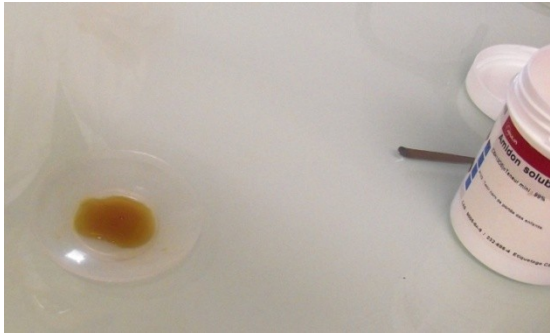
Etalonnage pH 7



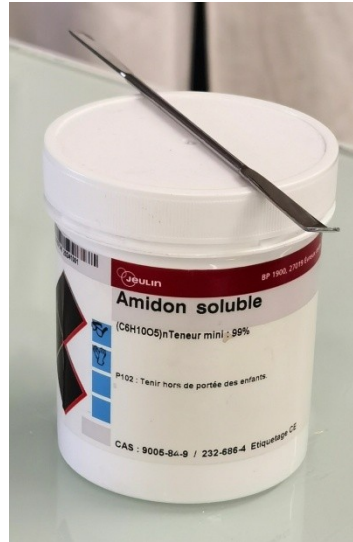
Etalonnage pH 4

EMPATAGE

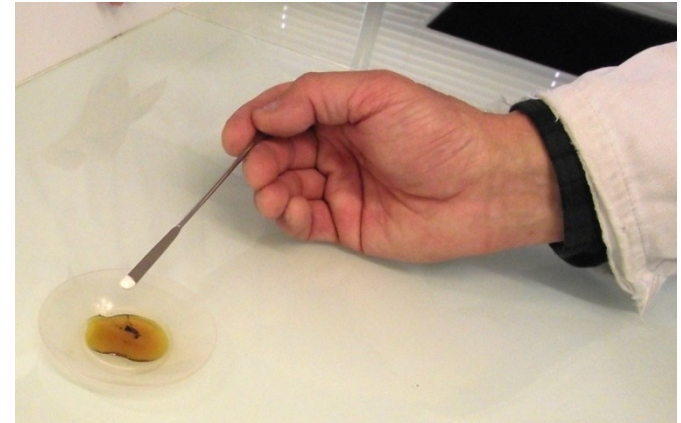
Comprendre le test au diiode...



+



=



I₂

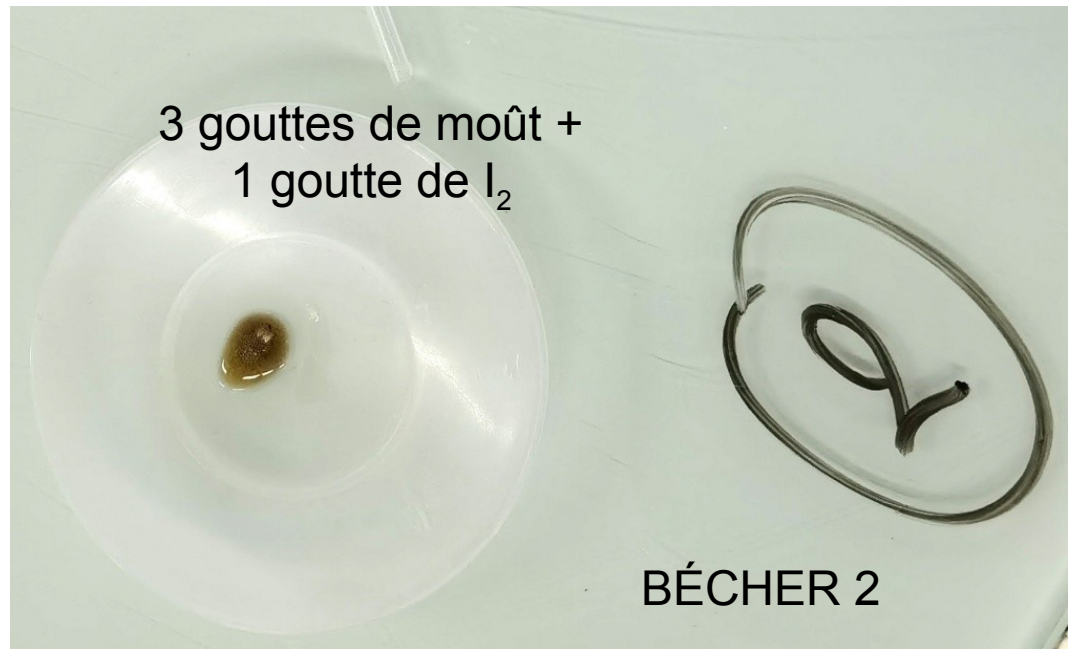
Amidon

TEST POSITIF
Couleur bleue nuit

EMPATAGE

DÉBUT EMPATAGE = TESTS POSITIFS

Tout l'amidon des céréales n'a pas été fractionné en sucres simples par processus enzymatique



EMPATAGE

FIN EMPATAGE (+1h) = TESTS NÉGATIFS

TOUT L'AMIDON A ÉTÉ FRACTIONNÉ EN SUCRES SIMPLES FERMENTISCIBLES, DEXTROSE ET MALTOSE, ET EN SUCRES NON FERMENTISCIBLES



RECIRCULATION = FILTRATION !!!

On désire extraire le maximum de sucres encore présents dans les céréales.

C'est parti pour la recirculation. Durée **1H30...**
première filtration



RECIRCULATION = FILTRATION !!!

Notre système de filtration semble fonctionner !



RECIRCULATION = FILTRATION !!!

Notre système de filtration semble fonctionner !



RECIRCULATION = FILTRATION !!!



**...mais cela
reste très lent !**



RECIRCULATION = FILTRATION !!!

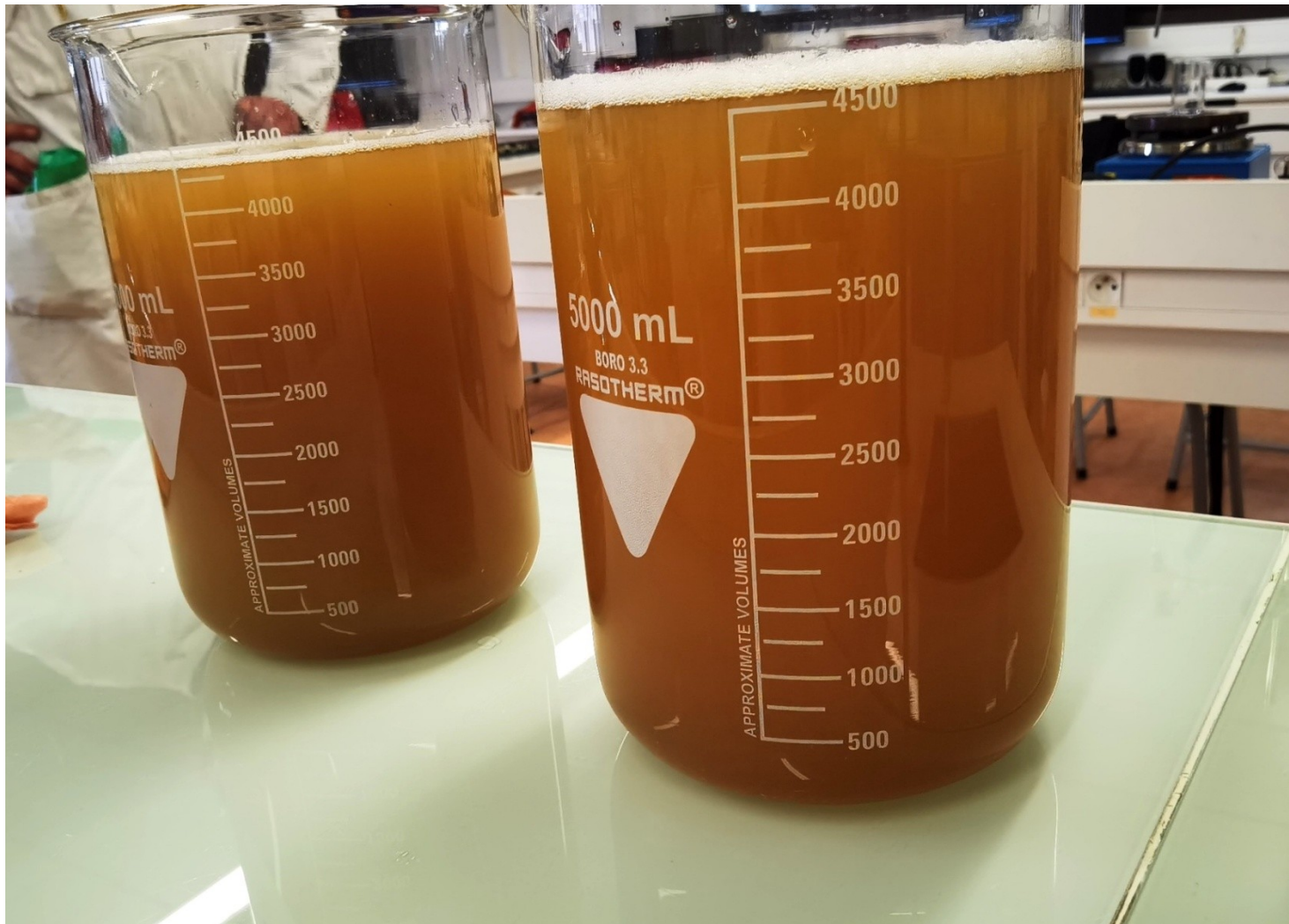


**Notre
recirculation
se transforme
en simple
filtration !!!**



FIN DE LA SÉANCE 1

Récupération du filtrat = MOÛT
2 x 4,5 L (on complète avec de l'eau)



FIN DE LA SÉANCE 1

FILMAGE POUR CONSERVATION AU RÉFRIGÉRATEUR PENDANT 1 SEMAINE



FIN DE LA SÉANCE 1

FIN DE LA PREMIÈRE SÉANCE



L'ÉQUIPE DE BRASSEURS 1STL

ÉBULLITION

Après une semaine
au réfrigérateur, le
moût est récupéré.
Le surnageant est
séparé de la partie
décantée



Ébullition pendant **1 heure** à **96°C**: 4 x 2,25L

L'ébullition
permettra de
stériliser le
moût et
d'effectuer le
houblonnage.



ÉBULLITION

Le houblon est une plante herbacée vivace grimpante. C'est la **lupuline**, substance jaunâtre produite par les plants femelles du houblon qui est utilisée par les brasseurs.



PELLETS DE HOUBLON

Pesée de 4 x 5,60 g = Premier houblon

Pesée de 4 x 5,60 g = Second houblon



ÉBULLITION

Début ébullition 攪 Ajout 1^{er} houblon

10 min avant fin ébullition 攪 Ajout 2nd houblon

1^{er} houblon
pour donner
l'**AMERTUME**
à la future
bière.

2nd houblon
pour donner
les **ARÔMES**
à la future
bière.



FILTRATION HOUBLON + REFROIDISS.

**Après une
heure
d'ébullition,
FILTRATION
DU HOUBLON**



FILTRATION HOUBLON + REFROIDISS.



**Le moût doit
rapidement passer
d'une température
élevée à environ 20 °C**



**Heureusement,
la nuit a été fraîche !**

FILTRATION HOUBLON + REFROIDISS.

Transvasements successifs pour faire chuter la température du moût à 20°C

(nous descendrons vers 30 °C)

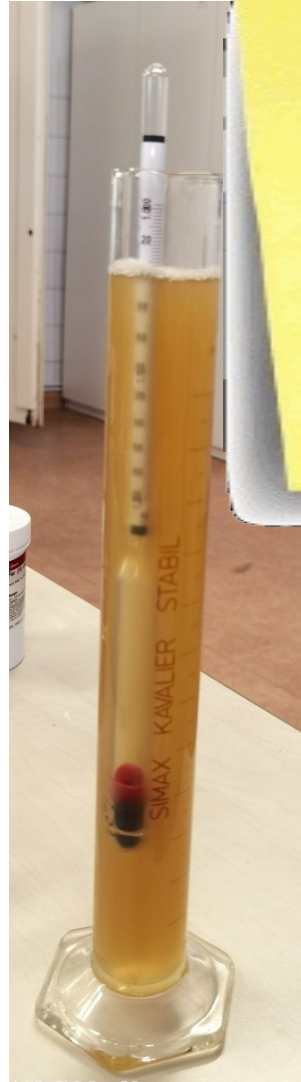
L'idéal aurait été de concevoir un échangeur thermique!



DENSITÉ AVANT FERMENTATION

MESURE DE DENSITÉ DU MOÛT PAR DENSIMÈTRE

La densité (par conséquent la masse volumique) dépend de la température



Cette mesure de densité avant et après fermentation nous permettra de calculer le **taux d'alcool** de notre bière.

$$T_{\text{mesure}} = 19,3 \text{ }^{\circ}\text{C}$$
$$\text{DENSITÉ} = 1,038$$

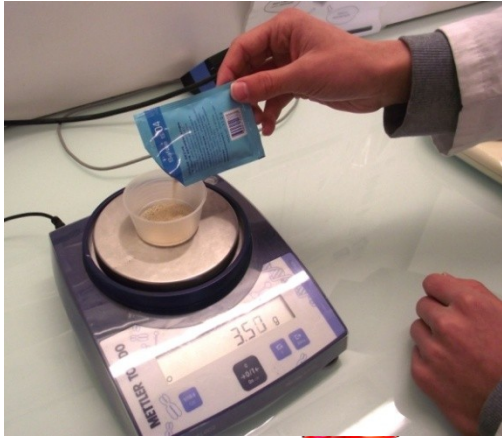
PREMIÈRE FERMENTATION

**LE MOÛT EST TRANSVASÉ DANS LA
CUVE DE FERMENTATION**



PREMIÈRE FERMENTATION

**LES LEVURES SONT ALORS
PESÉES (9 g pour 9L de moût)
ET AJOUTÉES À LA CUVE DE
FERMENTATION**



Les levures vont
permettre la
transformation des
sucres en alcool.

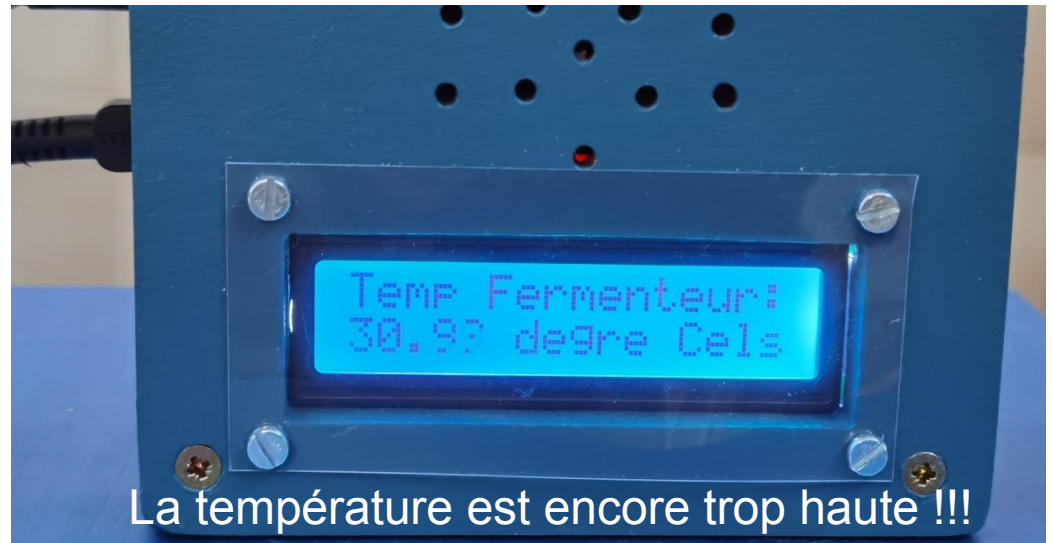


PREMIÈRE FERMENTATION

ARDUINO CONTRÔLE DE LA TEMPÉRATURE PAR CTN



**RELAIS + ALARME
= ALERTE SI T
TROP HAUTE
Consigne: $T < 20\text{ °C}$**



PREMIÈRE FERMENTATION

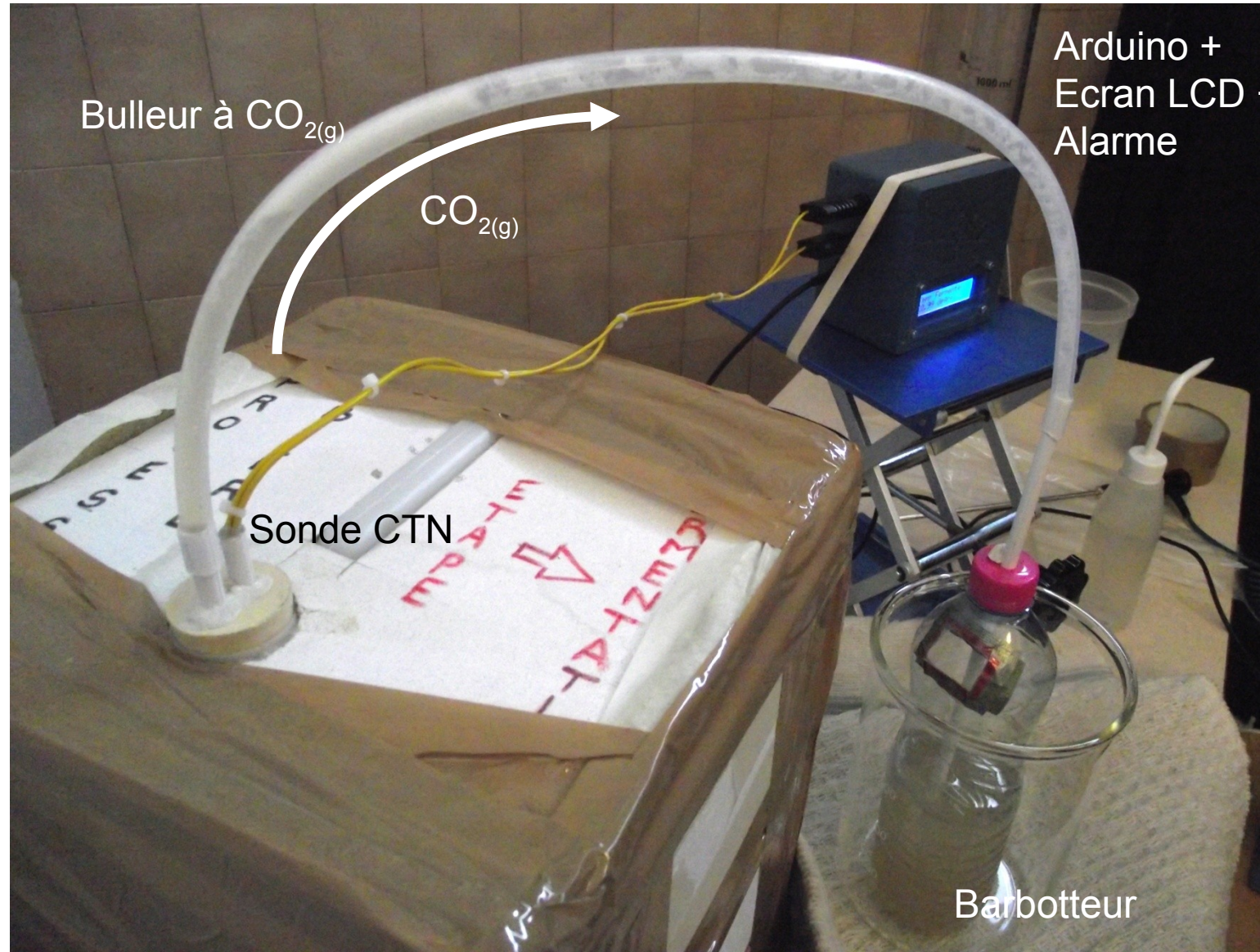
C'EST PARTI POUR **UNE SEMAINE** = PREMIÈRE FERMENTATION
(SURVEILLANCE **TEMPÉRATURE < 20°C** et **DÉGAGEMENT CO2**)



La température diminue..on
se rapproche des 20 °C

PREMIÈRE FERMENTATION

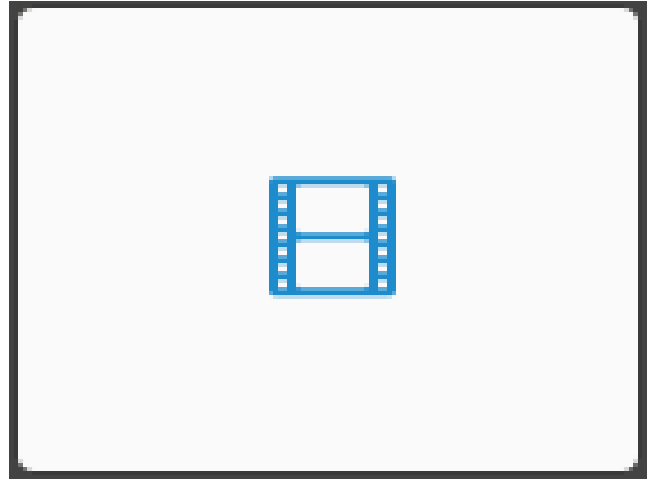
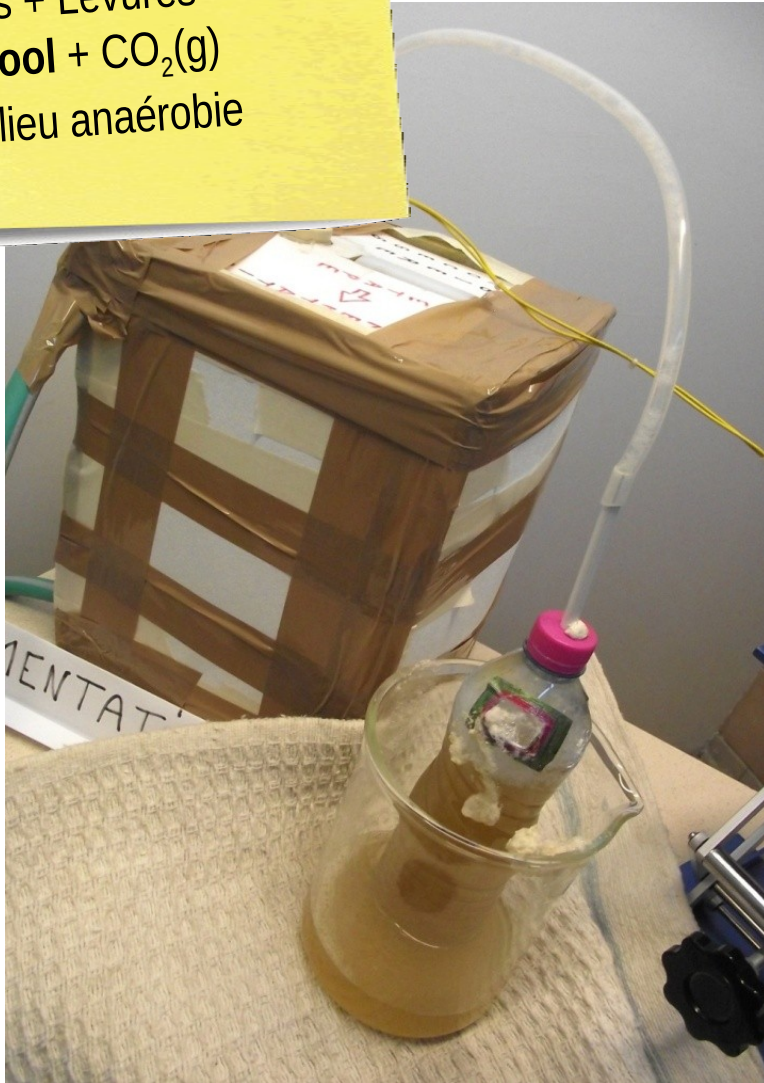
C'EST PARTI POUR **UNE SEMAINE** = PREMIÈRE FERMENTATION
(SURVEILLANCE **TEMPÉRATURE < 20°C** et **DÉGAGEMENT CO_{2(g)}**)



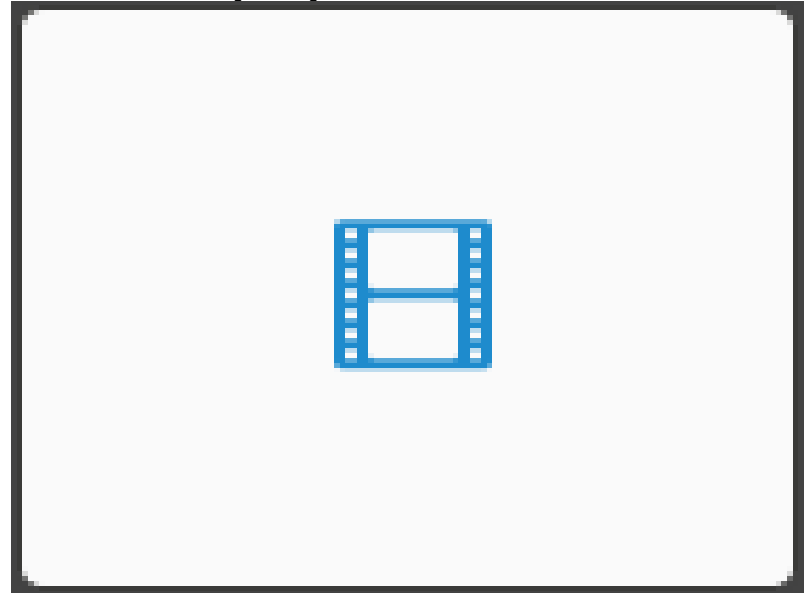
PREMIÈRE FERMENTATION

La fermentation est très active dans les premières 48^{ières} heures

Sucres + Levures
⇒ **Alcool** + $\text{CO}_2(\text{g})$
En milieu anaérobie



VIDÉO - Cliquer pour débuter la lecture



SECONDE FERMENTATION

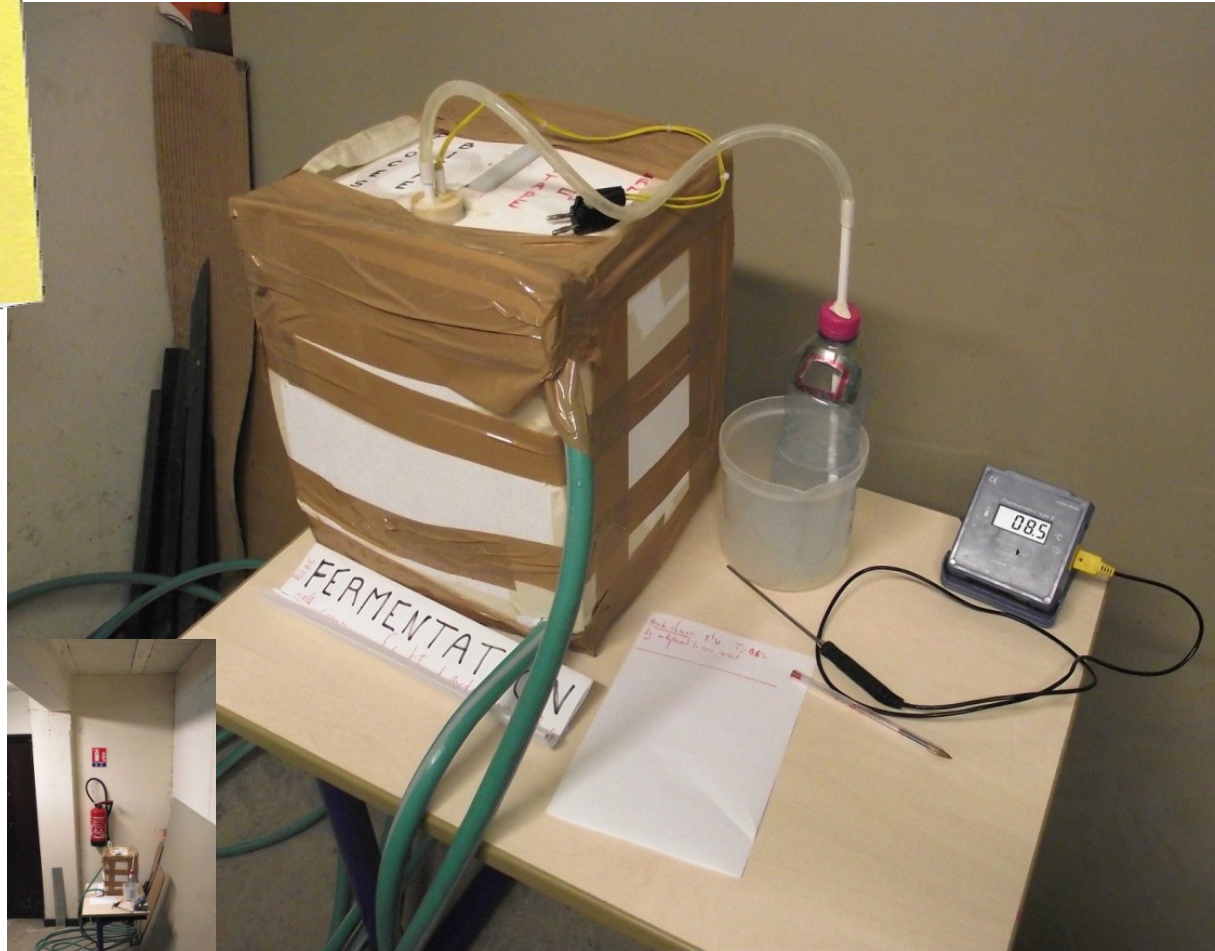
La fermentation de garde permet aux levures de terminer leur travail et d'affiner les goûts de la bière.

FERMENTATION DE GARDE: **UNE SEMAINE**
à température **T comprise entre 7 et 8°C**

METEO SAINT-CHELY-D'APCHER (48200) ★



La météo est de notre côté, la semaine s'annonce froide.



Nous déplaçons le fermenteur dans une zone froide et à l'abri du lycée

FIN DE FERMENTATION DE GARDE



**APRÈS LES 2 SEMAINES DE
FERMENTATION, LE FERMENTEUR
RETROUVE LE LABORATOIRE.**

**ON ENLÈVE L'ISOLANT ET LE TUYAU
SERVANT D'ÉCHANGEUR**



CETTE PARTIE DÉCANTÉE NE SERA PAS

FIN DE FERMENTATION DE GARDE



**LA BIÈRE EST RÉPARTIE EN
3 x 2,7 L (environ 8 L) DANS
3 BÉCHERS DE 5 L POUR LE
ON GARDE UN VOLUME D'ENVIRON
250 mL POUR LA MESURE DE
DENSITÉ DANS UNE ÉPROUVETTE.**

MESURE DE DENSITÉ APRÈS FERMENTATION

Cette mesure de densité avant et après fermentation nous permettra de calculer le **taux d'alcool** de notre bière.



$T_{\text{mesure}} = 20,0 \text{ }^{\circ}\text{C}$
DENSITÉ
=
1,002



MESURE DE DENSITÉ APRÈS FERMENTATION



Tmesure = 19,3 °C

DENSITÉ AVANT
FERMENTATION
=

1,038

Tmesure = 20,0 °C

DENSITÉ APRÈS
FERMENTATION
=

1,002

Attention, ce pourcentage
d'alcool **ABV** augmentera
légèrement **(+0,5%)** après
l'étape de resucrage

$$\%ABV = \frac{(Densité\ initiale - Densité\ finale) \times 1,05}{Densité\ finale} \times 100$$

0,795

**ALCOOL BY
VOLUME:
4,7 %**

RESUCRAGE

Resucrer permet de réactiver les levures pour produire le $\text{CO}_{2(g)}$ qui se formera en bouteille et qui donnera les bulles à la bière au débouchage de la bouteille. Attention, le pourcentage d'alcool Alcool By Volume ABV va augmenter de 0,5%. C'est finalement la 3^{ème} fermentation!

**LE SIROP SUCRÉ EST OBTENU EN
SOLUBILISANT DU SUCRE (56 g POUR 8
L DE BIÈRE) DANS ENVIRON 200 mL
D'EAU**

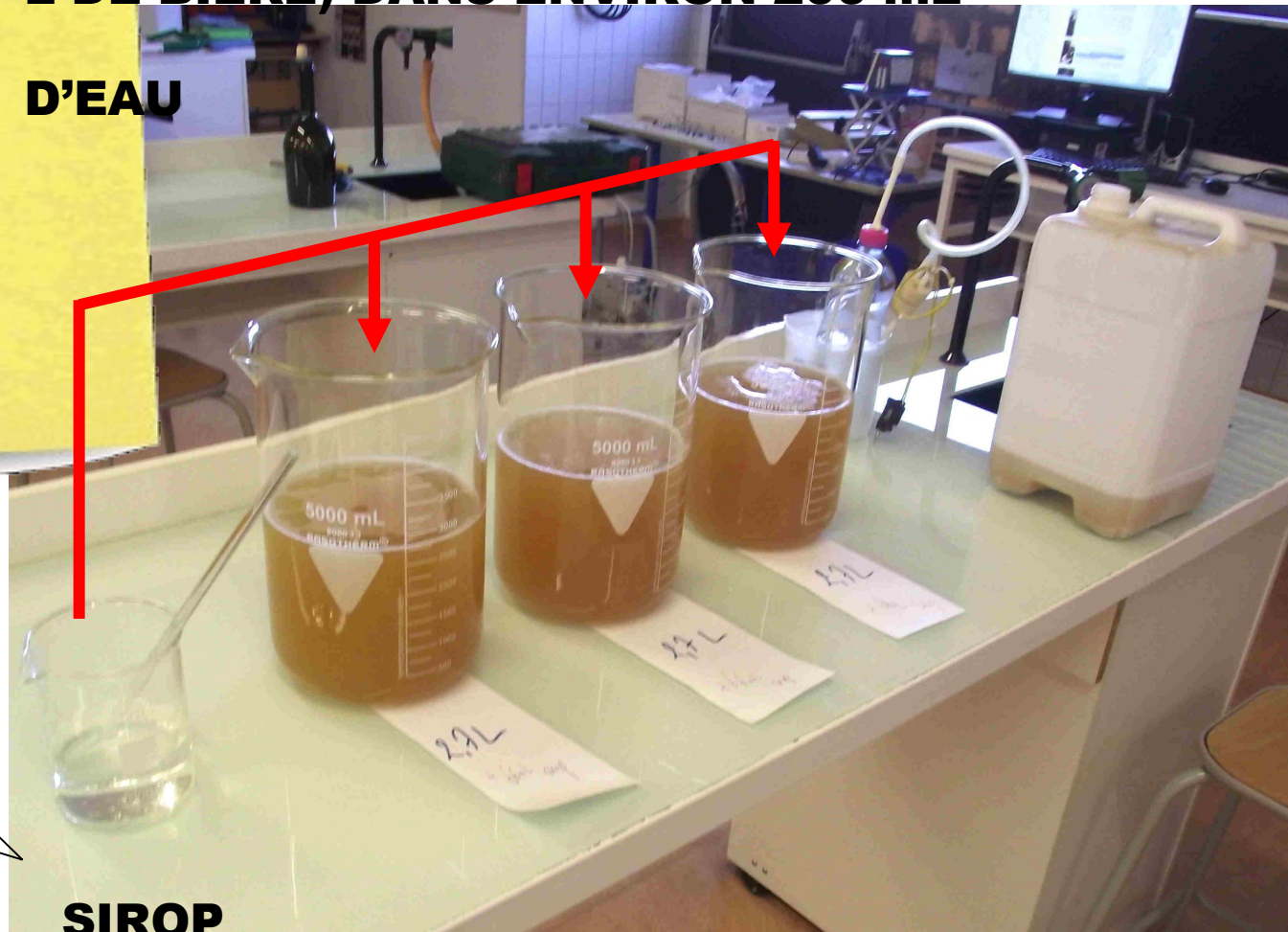
Porter à ébullition 200mL d'eau

Laisser refroidir à 80 °C

Ajouter le sucre 7g/L de bière

Homogénéiser

Laisser refroidir à 25°C



SIROP

MISE EN BOUTEILLES



MISE EN BOUTEILLES

Des bouteilles fumées
permettront de ne pas
détruire le houblon
assurant une
conservation de la bière
sans adjonction de
conservateurs chimiques.



Attention à la pression !

On prend nos précautions...

CARACTÉRISATION DU PRODUIT FINAL



APRÈS 4 SEMAINES DE 3^{ème} FERMENTATION EN BOUTEILLES, DEUX D'ENTRE ELLES SONT OUVERTES POUR CARACTÉRISER LA BIÈRE OBTENUE. LE CO_{2(g)} PRODUIT LORS DE CETTE ULTIME FERMENTATION SE LIBÈRE ET LA BIÈRE SE RÉVÈLE.

CARACTÉRISATION DU PRODUIT FINAL



CARACTÉRISTIQUES	
ODEUR	Très bonne odeur de bière. On sent l'alcool produit.
VISUEL - MOUSSE	Belle mousse. Très fines bulles de $\text{CO}_{2(g)}$ dues à la faible minéralisation de l'eau de St Chély d'Apcher.
VISUEL - COULEUR	C'est une bière blonde avec une robe jaune pâle. Nous donnons un indice de couleur EBC (European Brewery Convention) de 4 (bière de type Pale Lager).
GOÛT - ARÔMES	Impossible à juger puisque nous ne l'avons pas goûtée. Les brasseurs utilisent une roue des saveurs pour qualifier les arômes du produit obtenu.
GOÛT - AMERTUME	Impossible à juger puisque nous ne l'avons pas goûtée. Les brasseurs utilisent un indice d'amertume IBU(International Bitterness Unit).
ALCOOL	% ABV = 5,2 % Vol

LA BIÈRE DE THÉOPHILE



**UN GRAND MERCI A Mlle BOUTET
GWENDOLINE et M. GAUTIER FLORIAN,
GÉRANTS DE LA BRASSERIE ARTISANALE
LA NAINA A SAINT CHÉLY D'APCHER**

LA BIÈRE DE THÉOPHILE



**L'ÉQUIPE DE PREMIÈRE STL
VOUS REMERCIE DE VOTRE ATTENTION**

