

PARTENAIRES :



# SILCOGREEN

Rapport final

*Réduction de la consommation de plastiques en agriculture :  
Couverture végétale des silos  
d'ensilage de maïs*

Avec  
le soutien de la



Wallonie



## Plan :

1	Remerciements .....	4
2	Introduction .....	5
3	Informations générales et identifications des différents objets testés en 2018 et en 2019	6
3.1	Objets testés à partir de septembre 2018 au Centre A. de Marbaix de Corroy-le-Grand	6
3.2	Objets testés à partir d'octobre 2019 à la ferme de Lauzelle à Louvain-la-Neuve	6
4	Couvertures testées .....	7
4.1	Couverture plastique .....	7
4.2	Couverture à base d'escourgeon.....	7
4.3	Couverture à base d'épluchures de pommes de terre.....	8
4.3.1	Composition chimique et valeurs nutritives des épluchures de pommes de terre	8
4.4	Couverture à base de pulpes de betteraves et d'escourgeon .....	9
4.4.1	Composition chimique des pulpes de betteraves.....	9
4.5	Couverture à base de Lithothamne .....	9
5	Essai réalisé dans un silo de taille réelle au Centre A. de Marbaix en 2018.....	10
5.1	Mise en place de l'essai .....	10
6	Essai réalisé dans des mini silos au Centre A. de Marbaix en 2018.....	13
6.1	Mise en place de l'essai .....	13
7	Essai réalisé à la ferme de Lauzelle en 2019 .....	15
7.1	Mise en place de l'essai .....	15
8	Informations générales et identifications des différents objets suivis chez des agriculteurs wallons .....	16
8.1	Objets suivis chez les différents agriculteurs .....	18
8.1.1	Purée de pommes de terre .....	18
8.1.2	Epluchures de pommes de terre .....	18
8.1.3	Radicelles de betteraves .....	19
8.1.4	Escourgeon directement sur l'ensilage de maïs.....	19
8.1.5	Escourgeon et pulpes de betteraves.....	19
8.1.6	Purée de carottes .....	19
8.1.7	Légumes déclassés (haricots verts – carottes- petits pois).....	20
9	Résultats obtenus dans les expérimentations et chez les agriculteurs .....	20

9.1	Evolution des températures .....	20
9.1.1	Evolution des températures à 1 m dans le silo au Centre A. de Marbaix en 2018.	20
9.1.2	Evolution des températures à 1 m dans le silo à la ferme de Lauzelle en 2019	21
9.2	Evolution qualitative des couvertures naturelles de silos testées .....	23
9.2.1	Evolution de la couverture dans le silo du Centre De Marbaix.....	23
9.2.2	Evolution de la couverture dans le silo à la ferme de Lauzelle .....	29
9.2.3	Evolution de la couverture dans les mini silos .....	32
9.2.4	Pertes de jus d'ensilage dans les mini silos.....	42
9.3	Evolution de la couverture chez les agriculteurs.....	43
9.3.1	Epluchures de pommes de terre .....	43
9.3.2	Escourgeon sur ensilage de maïs .....	46
9.3.3	Pulpes de betteraves et escourgeon.....	47
9.3.4	Radicelles de betteraves .....	50
9.3.5	Purée de pommes de terre .....	53
9.4	Caractérisation des espèces de champignons et des mycotoxines retrouvés dans les ensilages. ....	54
9.5	Moisissures détectées dans des ensilages de maïs présentant différentes couvertures.....	55
9.5.1	Analyses des moisissures .....	55
9.5.2	Mycotoxines détectées dans les silos. ....	57
9.6	Evolution de la teneur en matière sèche (en %) .....	58
9.6.1	Evolution de la teneur en matière sèche dans le silo du Centre De Marbaix à Corroy	58
9.6.2	Evolution de la teneur en MS dans le silo à la ferme de Lauzelle à Louvain-la-Neuve	58
9.6.3	Evolution de la teneur en matière sèche dans les mini silos (en %) .....	59
9.6.4	Evolution de la teneur en matière sèche chez les agriculteurs en 2018 -2019 (en %)	60
9.6.5	Evolution de la teneur en matière sèche chez les agriculteurs en 2019-2020 (en %)	61
9.7	Valeurs alimentaires dans le silo de Corroy en 2019 et à la ferme de Lauzelle en 2020.	64
9.7.1	Teneur en amidon (en %).....	64
9.7.2	Digestibilité de la matière organique (en %).....	65

9.7.3	Energie (en VEM/kg de MS) .....	66
10	Test d'appétence réalisé pendant l'hiver 2018-2019 .....	68
11	Analyse de la qualité .....	69
11.1	Qualité de la conservation dans le silo à Lauzelle .....	69
11.2	Evolution du pH .....	70
11.2.1	Evolution du pH à Corroy .....	70
11.2.2	Evolution du pH à la ferme de Lauzelle.....	70
12	Quantifications des pertes .....	71
13	Coûts.....	74
14	Avantages et inconvénients des différentes couvertures testées.....	75
15	Matériel utilisé .....	76
15.1	Matériel utilisé pour le prélèvement d'échantillons.....	76
15.2	Matériel utilisé pour les prises de températures .....	77
16	Conclusion .....	79

# 1 Remerciements

Le CIPF et la Clinique des plantes (Laboratoire de phytopathologie de la Faculté des bioingénieurs de l'UCL) remercient Mr René Collin, Ministre wallon de l'Agriculture, de la Nature, de la Forêt, de la Ruralité, du Tourisme et du Patrimoine. Nous remercions également la Direction de la Recherche et du Développement pour avoir mis à notre disposition les moyens financiers nécessaires pour mener à bien ces deux années d'expérimentation.

Que soient également remerciés :

- Les agriculteurs qui nous ont accueillis et ont permis le suivi de leurs silos ;
- Monsieur Hugues Falys, responsable des Fermes Universitaires de l'UCL ;
- Les autorités de l'UCL qui ont accepté et encouragé le développement de nos activités dans leurs locaux ;
- Tous ceux qui directement ou indirectement ont contribué au bon déroulement de ce projet.

## 2 Introduction

La seconde partie du 20<sup>e</sup> siècle a vu l'industrie des polymères connaître une croissance très rapide. Généralement issus de pétrole ou de gaz naturel, les polymères sont des molécules à longues chaînes, chaque chaîne conférant des propriétés physiques intéressantes. Le mot plastique est en fait un diminutif du terme « thermoplastique » qui désigne les matériaux polymères que l'on peut former et déformer grâce à la chaleur. Léger, résistant, inerte, multiforme, le plastique s'est imposé dans tous les domaines.

Cependant, un des problèmes liés à son utilisation, est qu'à peine produit, il devient rapidement un déchet. Rien que pour 2016, la Banque mondiale estime à 300 millions les tonnes de déchets plastiques produits dont 50% générés par les emballages.

Actuellement, on considère que 6% de tout le pétrole produit est utilisé pour fabriquer du plastique dont 35 à 45 % sera utilisé pour fabriquer divers emballages. Si l'attention est de plus en plus portée vers le recyclage, réduire la consommation est certainement un objectif à atteindre.

En agriculture, la conservation des fourrages par enrubannage ou par le bâchage des silos à l'aide de plastiques noirs recouverts de pneus usagés est une pratique courante qui permet de garantir la conservation sans passer par la déshydratation. Dans la perspective d'une agriculture propre et saine et de limiter l'impact environnemental de certaines pratiques, il est apparu important de rechercher d'autres moyens permettant une bonne conservation des silos sans augmenter les risques sanitaires pour le bétail ni réduire la qualité des aliments ingérés.

L'objectif du projet visait donc à réaliser des silos verts parfaitement intégrés dans le paysage et limitant de surcroît les risques et la pénibilité du travail qu'engendre l'opération de bâchage des silos. Plusieurs couvertures végétales sur ensilages de maïs ont été testées dans les fermes expérimentales de l'UCLouvain et chez les agriculteurs. Un suivi de la qualité physique et sanitaire des ensilages sous quatre types de couvertures a été réalisé.

C'est dans cette optique que le CIPF a débuté ce projet en 2018 en collaboration avec la Clinique des plantes (asbl CORDER). Celle-ci fait partie du laboratoire de phytopathologie rattachée à l'Earth and Life Institute et la Faculté des bioingénieurs de l'UCLouvain. Ce programme s'étend sur une période de 2 ans.

### 3 Informations générales et identifications des différents objets testés en 2018 et en 2019

Début septembre 2018, deux essais expérimentaux ont été mis en place au Centre A. de Marbaix à Corroy-le-Grand. Un essai de taille réelle et un essai dans des mini silos.

En 2019, le CIPF a également réalisé un essai dans un silo de taille réelle à la ferme de Lauzelle à Louvain-la-Neuve.

Parallèlement à ces silos expérimentaux, le CIPF a, pendant les hivers 2018-2019 et 2019-2020, suivi l'évolution de la conservation de 17 silos chez différents agriculteurs. La Clinique des plantes s'est chargée du prélèvement d'échantillons dans ces silos à différents endroits de ceux-ci.

#### 3.1 Objets testés à partir de septembre 2018 au Centre A. de Marbaix de Corroy-le-Grand

- Essai dans un silo de taille réelle avec 3 types de couvertures :
  - o Couverture plastique
  - o Couverture à base d'épluchures de pommes de terre
  - o Couverture constituée d'escourgeon
- Essai dans des mini silos d'1 m<sup>3</sup> avec 4 types de couvertures :
  - o Couverture plastique
  - o Couverture à base d'épluchures de pommes de terre
  - o Couverture composée d'escourgeon
  - o Couverture de pulpes de betteraves et d'escourgeon

Ces mini silos nous ont permis de réaliser des analyses avec plusieurs répétitions au cours du premier hiver. Mais, ces silos dépendent beaucoup trop des aléas climatiques et ne représentent pas assez la réalité d'un grand silo, leur surface et leur volume sont trop petits. C'est pourquoi le CIPF a décidé de ne pas reproduire un tel essai lors de la deuxième année du projet.

#### 3.2 Objets testés à partir d'octobre 2019 à la ferme de Lauzelle à Louvain-la-Neuve

Le silo expérimental a été mis en place à la ferme de Lauzelle à Louvain-la-Neuve. Ce silo se composait de 4 types de couvertures :

- o Couverture plastique
- o Couverture à base d'épluchures de pommes de terre et de lithothamne
- o Couverture à base d'épluchures de pommes de terre seules
- o Couverture de pulpes de betteraves et d'escourgeon.

## 4 Couvertures testées

### 4.1 Couverture plastique



Figure 1: Silo couvert par du plastique et des pneus.

Cette technique est utilisée chez la majeure partie des agriculteurs à l'heure actuelle.

Elle consiste à placer une ou plusieurs bâches plastique sur l'ensilage. Ces bâches doivent être lestées de pneus, graviers et/ou de sable afin que le silo soit fermé hermétiquement. Cette méthode est relativement pénible (bâches qui volent, pneus mouillés et lourds, ...), dangereuse (présence de fils en acier dans la tringle) et peu esthétique.

### 4.2 Couverture à base d'escourgeon

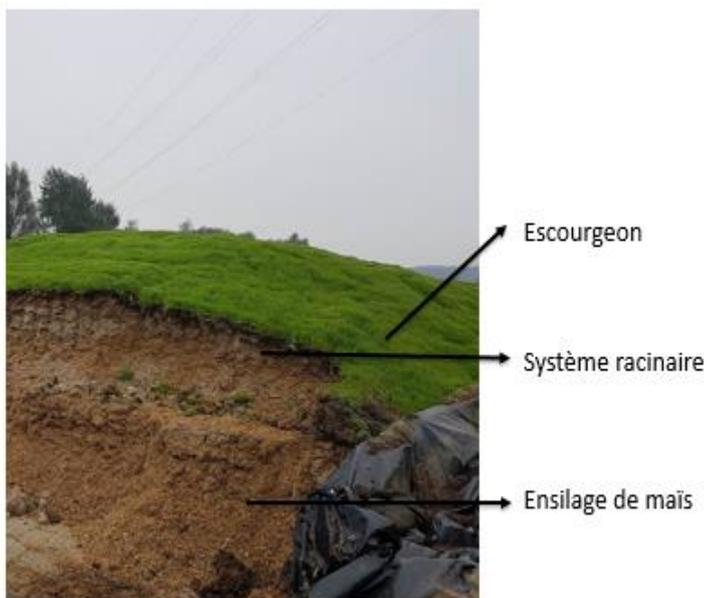


Figure 2: Silo recouvert par de l'escourgeon.

Cette technique consiste à semer à la main environ 2 kg/m<sup>2</sup> d'escourgeon directement sur l'ensilage de maïs.

La plante d'escourgeon et son système racinaire deviennent une "couverture" pour l'ensilage.

### 4.3 Couverture à base d'épluchures de pommes de terre



Figure 3: Projection d'épluchures sur un silo.

Cette technique consiste à projeter des épluchures de pommes de terre directement sur l'ensilage de maïs afin de le recouvrir.

Ces épluchures cuites à la vapeur proviennent d'usines de transformation et sont projetées par un camion-citerne. C'est la société Duynie, spécialisée dans la fourniture de co-produits de l'industrie alimentaire, qui nous a livré les épluchures.

#### 4.3.1 Composition chimique et valeurs nutritives des épluchures de pommes de terre

Les épluchures sont caractérisées par une teneur en protéines relativement élevée (15-19%), leur faible teneur en amidon (20% en moyenne).

MS (%)	MAT (%MS)	Cellulose (%MS)	Amidon (%MS)	Calcium (%MS)	Phosphore (%MS)	Potassium (%MS)
13.7	17.4	9.0	20.6	0.30	0.24	/

Tableau 1: Composition chimique moyenne des épluchures de pommes de terre. (Crédit : CRA-W)

Les épluchures ont une valeur alimentaire comparable à celle d'un bon ensilage de maïs soit 900 à 950 VEM par kg de matière sèche. La valeur protéique de ce co-produit est variable, plus les épluchures sont enrichies en purée, plus elles seront énergétiques et inversement.

VEM (/kgMS)	VEVI (/kgMS)	DVE (g/kg MS)	OEB (g/kg MS)	Energie (Kcal/kg)	Lysine dig. (%MS)	Méthionine dig. (%MS)
1040	1130	107	-10	2546	0.43	0.12

Tableau 2: Valeurs nutritives des épluchures. (Crédit: CRA-W)

#### 4.4 Couverture à base de pulpes de betteraves et d'escourgeon



Figure 4: Silo de maïs avec pulpes de betteraves.

Cette technique consiste à poser des pulpes surpressées sur l'ensilage de maïs.

Ensuite, il faut semer de l'escourgeon sur les pulpes. L'escourgeon ne met théoriquement que 2-3 jours pour germer grâce à la chaleur et l'humidité que dégagent les pulpes.

##### 4.4.1 Composition chimique des pulpes de betteraves

	Teneurs en g/kg MS		Teneurs en g/kg MS
MS	230 g	Sodium	0,4 g
Protéine brute	84 g	Potassium	4 g
Graisse brute	12 g	Chlorure	0,2 g
Cellulose brute	195 g	Lysine	6 g
Cendres brute	74 g	Magnésium	2 g
Sucres	36 g	Méthionine	1,5 g
Phosphore	1 g		
Calcium	9,5 g		

Tableau 3: Valeurs nutritives des pulpes de betteraves.

#### 4.5 Couverture à base de Lithothamne

Le lithothamne est une petite algue rouge de 2 cm, représenté par des bourgeons calcifiés réunis en amas, apporte notamment du calcium sous une forme très assimilable par les ruminants. Une fois séchée, elle ressemble à du corail blanc.

Selon certaines études, réalisées en Irlande notamment, le lithothamne serait plus efficace que le bicarbonate de sodium pour réguler le pH du rumen.

On peut notamment retrouver le lithothamne, en poudre, chez certains vendeurs d'aliments.

Composition : 34% de Calcium

2,4% de Magnésium



Figure 5: Silo recouvert par du lithothamne.



Figure 6: Lithothamne séchée (Crédit: Vital-Concept)

## 5 Essai réalisé dans un silo de taille réelle au Centre A. de Marbaix en 2018.

### 5.1 Mise en place de l'essai

L'ensilage de maïs a été réalisé le 6 septembre 2018.

La réalisation du silo s'est déroulée le 7 septembre 2018.

La variété de maïs est Es Metronom.

Le silo mesure 20 mètres de long sur 6 mètres de large.

Pour cet essai, il est divisé en 4 parties de 5 mètres.

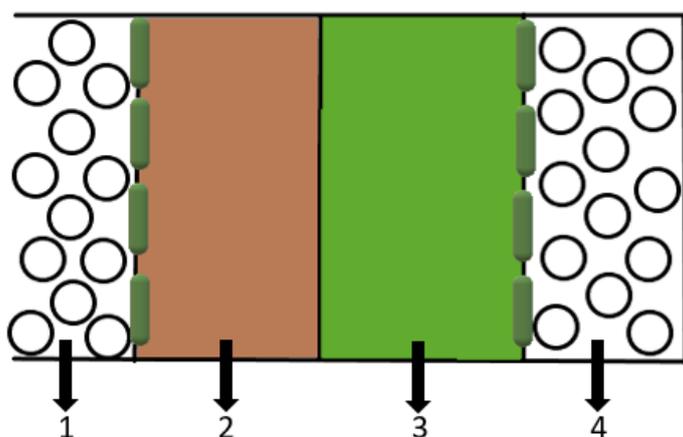


Figure 7: Schéma du silo au Centre A. de Marbaix.

1. Bâche plastique avec pneus usagés.
  2. Couverture avec épluchures de pommes de terre
  3. Couverture végétale formée d'escourgeon
  4. Bâche plastique avec pneus usagés.
- Les segments réalisés avec les pneus et les plastiques sont cloisonnés à l'aide de sacs de sable afin qu'il n'y ait pas de contact avec les autres segments.



Figure 8: Confection du silo au Centre de Marbaix.

Confection et tassement du silo à l'aide d'un Manitou.



Figure 9: Semis d'escourgeon sur silo.

Semis et recouvrement des semences d'escourgeon.  
Variété utilisée : Rafaela.  
Densité de semis :  $2 \text{ kg/m}^2$ .



Figure 10: Projection d'épluchures sur le silo.

Projection d'épluchures de pommes de terre sur le silo.  
Couche : environ 20 cm.



Vue d'ensemble du silo quelques jours après sa réalisation.

Figure 11: Vue d'ensemble du silo au Centre de Marbaix.

## 6 Essai réalisé dans des mini silos au Centre A. de Marbaix en 2018.

### 6.1 Mise en place de l'essai

La mise en place de cet essai a été réalisée en deux temps :

- Le 6 et 7 septembre 2018, 9 mini silos ont été réalisés :
  - 3 silos recouverts avec une bâche plastique,
  - 3 silos recouverts avec de l'escourgeon,
  - 3 silos recouverts avec des épiluchures de pommes de terre.
- Le 8 octobre 2018, 6 mini silos ont été réalisés :
  - 3 silos recouverts avec une bâche plastique,
  - 3 silos recouverts avec des pulpes de betteraves et de l'escourgeon.



Figure 12: Réalisation des mini silos le 7 septembre 2018.

Chaque mini silo a été confectionné à la main par le CIPF.



Figure 13: Pesée d'un mini silo début 2019.

Chaque mini silo a été pesé au départ à l'aide de la remorque peseuse Baural du CIPF. Lors de leur ouverture, ils ont également été pesés. Cela permet de voir d'éventuelles pertes par écoulement.



Figure 14: Vue d'ensemble des mini silos.

Vue d'ensemble des mini silos le 19 octobre 2018.

- 1) Mini silos avec escourgeon
- 2) Mini silos avec épiluchures
- 3) Mini silos avec plastique (2 dates)
- 4) Mini silos avec pulpes et escourgeon

## 7 Essai réalisé à la ferme de Lauzelle en 2019

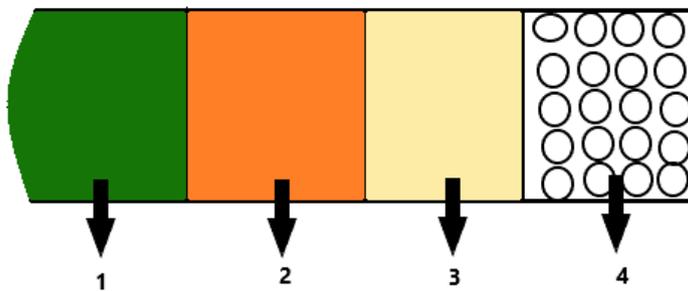
### 7.1 Mise en place de l'essai

Le silo mesure 20 mètres de long sur 5 mètres de large.

Pour cet essai, il est divisé en 4 parties de 5 mètres.

La récolte du maïs a eu lieu le 7 octobre 2019.

Le silo a été confectionné le 8 octobre 2019.



1. Couverture végétale composée de pulpes de betteraves et d'escourgeon.
  2. Couverture composée d'épluchures de pommes de terre.
  3. Couverture composée d'épluchures de pomme de terre et de lithothamne.
  4. Couverture plastique composée d'un sous film et d'un plastique ainsi que de pneus usagés.
- Des cloisons ont été réalisées afin qu'il n'y ait pas d'échange entre les différentes parties du silo.

Figure 15: Schéma du silo de Lauzelle.



Figure 16: Vue d'ensemble du silo à la ferme de Lauzelle.

1. Couverture végétale composée de pulpes de betteraves et d'escourgeon.
2. Couverture composée d'épluchures de pommes de terre.
3. Couverture composée d'épluchures de pomme de terre et de lithothamne.
4. Couverture plastique composée d'un sous film et d'un plastique ainsi que de pneus usagés.



Sous film qui épouse le relief du silo. Epaisseur : 40  $\mu\text{m}$ .

Digue se prolongeant jusqu'à +/- 30 cm dans le silo, servant de cloison entre les deux couches de surfaces.

Figure 17: Digue servant de cloison entre deux couches de surfaces.

## 8 Informations générales et identifications des différents objets suivis chez des agriculteurs wallons

Comme dit précédemment, le CIPF a mis en place des silos expérimentaux chez différents maïsiculteurs qui ont déjà opté pour des couvertures végétales ou pour des couvertures à base de coproduits de l'agro-industrie.

Le CIPF a suivi l'évolution de 17 silos sur les deux années chez 12 agriculteurs différents.

Lieu	Année	Type de couvertures
------	-------	---------------------

Liberchies	2018 et 2019	Escourgeon directement sur l'ensilage de maïs
Strée (Huy)	2018 et 2019	Purée de pommes de terre
Chastre	2018 et 2019	Pulpes de betteraves et escourgeon
Hannut	2018 2019	Radicelles de betteraves (2 silos) Légumes déclassés
Bolinne	2018	Purée de carottes
Chièvres	2018	Pulpes de betteraves et escourgeon
Harchies	2018	Epluchures de pommes de terre
Baisy-Thy	2018	Epluchures de pommes de terre
Perwez	2019	Pulpes de betteraves et escourgeon
Rosseignies	2019	Pulpes de betteraves et escourgeon
Eben-Emael	2019	Pulpes de betteraves et froment
Lathuy	2019	Radicelles de betteraves et escourgeon

Tableau 4: Liste des agriculteurs

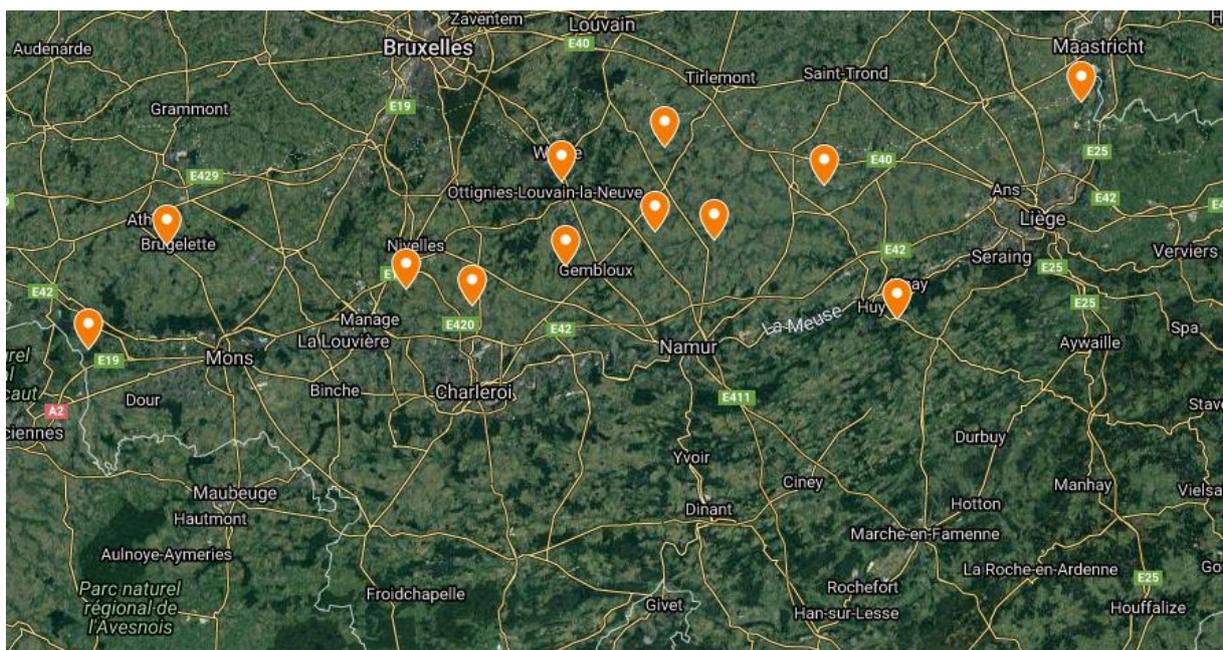


Figure 18: Localisation des agriculteurs en Wallonie.

## 8.1 Objets suivis chez les différents agriculteurs

### 8.1.1 Purée de pommes de terre

La purée est un produit dérivé de la transformation de la pomme de terre.

#### 8.1.1.1 Composition chimique et valeurs nutritives de la purée de pommes de terre

Il s'agit du co-produit de la pomme de terre dont la teneur en matière sèche est la plus élevée (26% en moyenne). Ce produit cuit a une composition chimique comparable à celle des tubercules crus (70% d'amidon, 3% de cellulose, 8 % de protéines). C'est un aliment énergétique, très digestible convenant bien à l'alimentation des porcs.

MS (%)	MAT (%MS)	Cellulose (%MS)	Amidon (%MS)	Calcium (%MS)	Phosphore (%MS)	Potassium (%MS)
26	8	3.0	72.5	0.06	0.06	0.9

Tableau 5: Composition chimique de la purée de pommes de terre. (Crédit : CRA-W).

La valeur énergétique de la purée de pommes de terre est comparable à celle d'un concentré et dépasse les 1000 VEM par kg de matière sèche. Dans les rations, ce type d'aliment nécessite un complément protéique. Un apport extérieur de fibres sera également indispensable pour assurer un bon fonctionnement du rumen.

VEM (/kgMS)	VEVI (/kgMS)	DVE (g/kg MS)	OEB (g/kg MS)	Energie (Kcal/kg)	Lysine dig. (%MS)	Méthionine dig. (%MS)
1112	1225	73	-14	2497	0.23	0.08

Tableau 6: Valeurs nutritives de la purée de pommes de terre. (Crédit : CRA-W)

### 8.1.2 Epluchures de pommes de terre

Voir point 3.3

#### 8.1.2.1 Composition chimique et valeurs nutritives des épluchures de pommes de terre

Voir tableau 1 et 2.

### 8.1.3 Radicelles de betteraves

Les radicelles de betteraves sont des produits issus de la transformation de la betterave. Elles sont composées de feuilles, de pétioles, de racines et d'éclats de betterave sucrières.

#### 8.1.3.1 Composition chimique et valeurs nutritives des radicelles de betteraves

	Teneurs en g/kg MS
MS	11 g
Protéine brute	113,5 g
Cendres brutes	142,6 g
Matières grasses	15,8 g
Sucres	28,2 g
Cellulose brute	140,8 g

Tableau 7: Composition chimiques des radicelles de betteraves. (Crédit : Subel)

VEM (/kgMS)	DVE (g/kg MS)	OEB (g/kg MS)
1120	8	-4

Tableau 8: Valeurs nutritives des pulpes de betteraves.

### 8.1.4 Escourgeon directement sur l'ensilage de maïs

#### 8.1.4.1 Composition chimique de l'escourgeon.

	Teneurs en g/kg MS
MS	872 g
Protéine brute	98 g
Cendres brutes	23
Matières grasses	17 g
Sucres	21 g
Cellulose brute	47 g

Tableau 9: Composition chimique de l'escourgeon.

### 8.1.5 Escourgeon et pulpes de betteraves

Les pulpes surpressées sont des lamelles de betteraves épuisées à l'eau et pressées.

#### 8.1.5.1 Valeurs nutritives des pulpes de betteraves

Voir tableau 3.

### 8.1.6 Purée de carottes

Produit dérivé de la transformation de carottes et riche en carotène, la purée a un effet positif sur la résistance et la fertilité des bovins.

#### 8.1.6.1 Composition chimique de la purée de carottes

	Teneurs en g/kg de MS		Teneurs en g/kg de MS
Matière sèche	8 % en frais	Sucres	50 g
Protéine brute	115 g	Calcium	8 g
Graisse brute	23 g	Phosphore	5,5 g

Cellulose brute	165 g	Sodium	5,5 g
Cendres brutes	150 g	Potassium	48 g
Amidon	5 g	Chlorure	8,5 g

Tableau 10: Valeurs nutritives de la purée de carottes. (Crédit : Fourrage De Rese)

### 8.1.7 Légumes déclassés (haricots verts – carottes- petits pois)

Les haricots verts de conserverie sont principalement issus des écarts de triage et de nettoyage en usine agroalimentaire, ils présentent un intérêt zootechnique pour les vaches laitières et viandeuses.

La disponibilité de ce type de produits (légumes déclassés) est relativement réduite et dépend de la période de récolte.

#### 8.1.7.1 Composition chimique des haricots verts

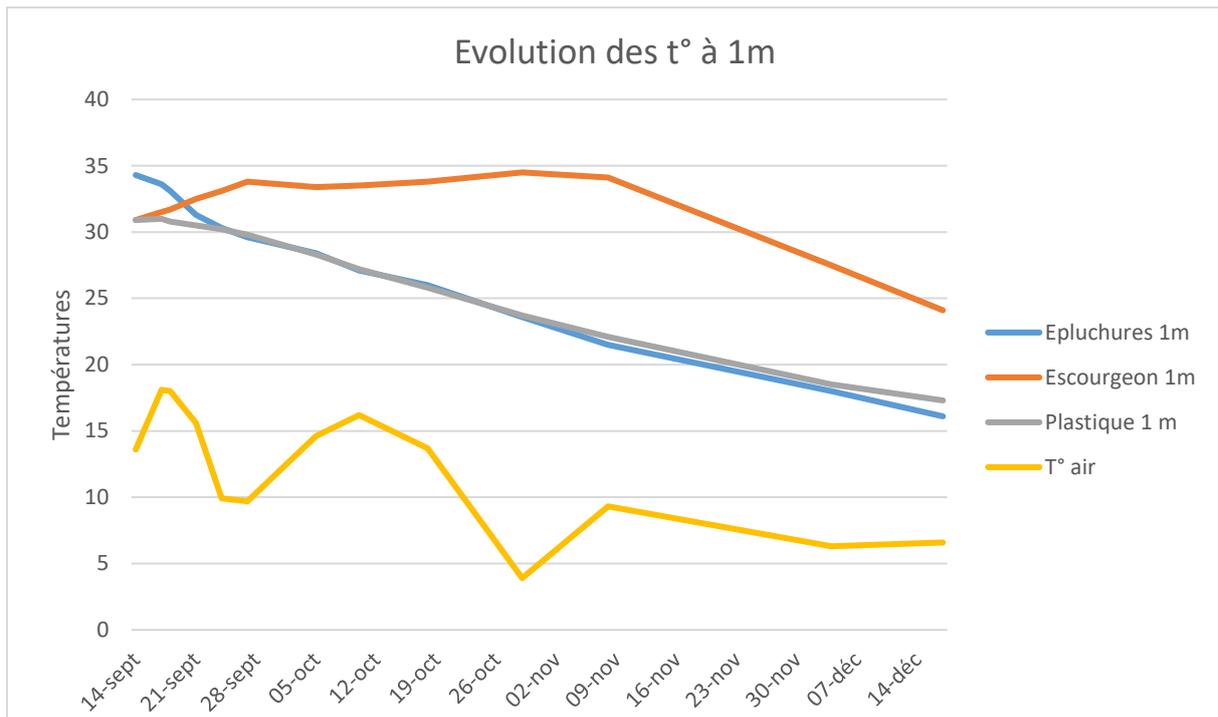
	Teneurs en % MS		Teneurs en g/kg de MS
Matière sèche	8 - 11 % en frais 17 – 25 % ensilé	Sucres	/
Matières minérales	13 %	Calcium	14 g
MAT	20 %	Phosphore	4 g
Cellulose brute	21 %	Sodium	/
Azote soluble	30 % N total	Potassium	/
Amidon	/	Chlorure	/

Tableau 11: Composition chimique des haricots verts

## 9 Résultats obtenus dans les expérimentations et chez les agriculteurs

### 9.1 Evolution des températures

#### 9.1.1 Evolution des températures à 1 m dans le silo au Centre A. de Marbaix en 2018.



Graphique 1: Evolution des températures à 1m silos à Corroy.

	Epluchures	Escourgeon	Plastique	Air
Moyennes	27,1	31,9	26,6	12

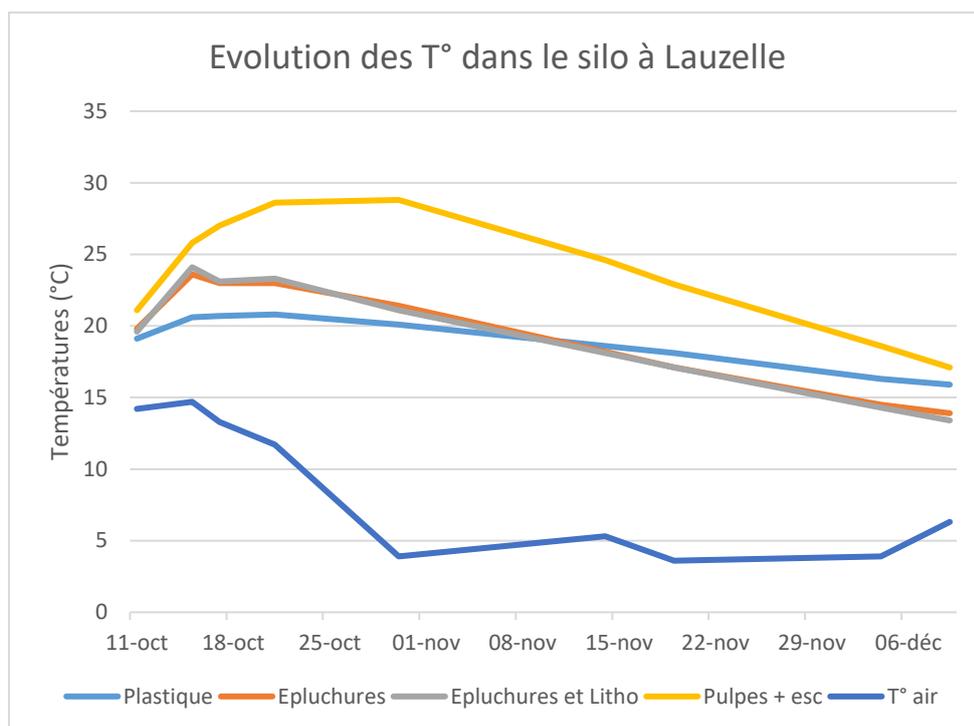
Tableau 12: T° moyennes à 1m.

En observant le graphique ci-dessus, on peut remarquer qu'à 1 mètre, le type de couverture intervient peu sur les températures des couvertures avec épluchures et plastique qui sont pratiquement les mêmes pendant les 3 mois.

Au contraire, l'escourgeon participe fortement à une hausse des températures. En effet, du 7 septembre au 29 octobre, les températures n'ont cessé d'augmenter pour pratiquement atteindre 35°C. Lors de l'arrêt des prises de températures, au mois de décembre, la température dans ce silo était de 24°C tandis que pour les deux autres silos, elles avoisinaient les 17°C.

En moyenne, la température à 1 mètre, dans le silo avec escourgeon est supérieure de 5°C par rapport aux deux autres.

### 9.1.2 Evolution des températures à 1 m dans le silo à la ferme de Lauzelle en 2019



Graphique 2: Evolution des t° dans le silo à Lauzelle.

	Plastique	Epluchures	Epluchures et Litho	Pulpes + esc	T° air
Moyennes	18,9	19,4	19,3	23,8	8,5

Tableau 13: Moyennes des températures dans le silo à Lauzelle.

En observant le graphique ci-dessus, on peut remarquer que dans le cœur du silo, le type de couverture intervient peu sur les températures des couvertures avec épluchures, avec lithothamne et plastique qui sont pratiquement les mêmes pendant les 3 mois.

Au contraire, les pulpes de betteraves et l'escourgeon participent fortement à une hausse des températures. Pendant une vingtaine de jours, du 11 octobre au 30 octobre, les températures n'ont cessé d'augmenter pour pratiquement atteindre les 30°C.

En moyenne, la température au cœur du silo avec pulpes et escourgeon est supérieure de 4 à 5°C par rapport aux autres.

Après l'ensilage, dans tous les silos, on remarque une augmentation plus ou moins forte de la température. Cette augmentation provient des cellules végétales qui, aussi longtemps qu'elles disposent d'oxygène, continuent à respirer entraînant également la production d'acide carbonique. On appelle cela la phase de respiration. Plus il y a d'air dans le silo, plus la respiration sera longue et plus il se dégagera de la chaleur.

Des températures supérieures à 30°C ne peuvent pas se produire dans un silo sous peine de pertes importantes. De telles températures n'ont pas été enregistrées dans le silo à la ferme de Lauzelle.

## 9.2 Evolution qualitative des couvertures naturelles de silos testées

### 9.2.1 Evolution de la couverture dans le silo du Centre De Marbaix

#### 9.2.1.1 *Epluchures de pommes de terre*



Figure 19: Epluchures le 7 septembre 2018.

Photo prise le 7 septembre 2018 lors de la confection du silo.  
L'ensilage de maïs est recouvert par environ 20 cm d'épluchures.

Apparition d'amas de couleur orangé. Les analyses indiquent un développement de levures. Des conidies de *Fusarium spp.* ont également été mises en évidence. (Fig. 22)



Figure 20: Amas de couleur orangé sur le silo le 27 novembre 2018.

Dans le même temps, nous avons remarqué la présence d'une tache d'une dizaine de centimètres composée d'une poudre verte et de mycélium blanc sur ce même silo.



Figure 21 : Poudre verte et mycélium blanc.

L'analyse de la poudre verte a pu montrer la présence de nombreuses conidies d'une espèce du genre *Penicillium* (Fig. 23) ainsi que quelques chaînes de conidies qui semblent appartenir à *Byssochlamys spp* (Fig. 24). Les observations sur le mycélium blanc montrent également la présence de conidies de *Fusarium spp* correspondant à l'espèce *F. solani*, un agent pathogène de la pomme de terre.

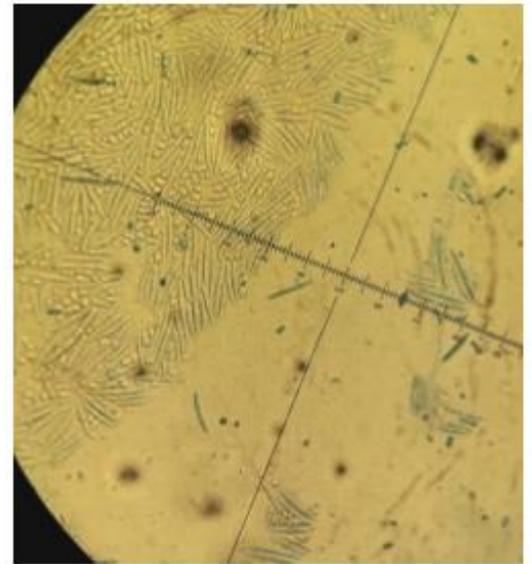


Figure 22: Conidies de *Fusarium spp*.

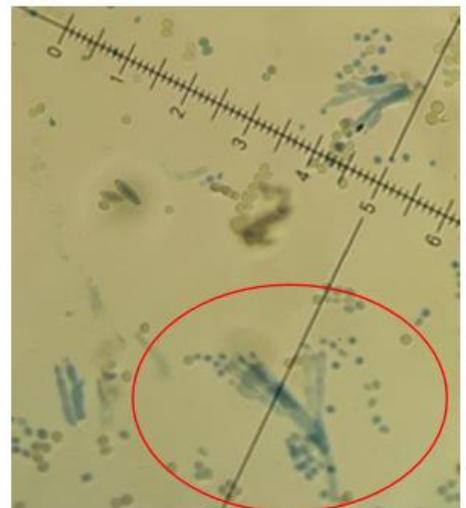


Figure 23: Conidiophore de *Penicillium spp*.

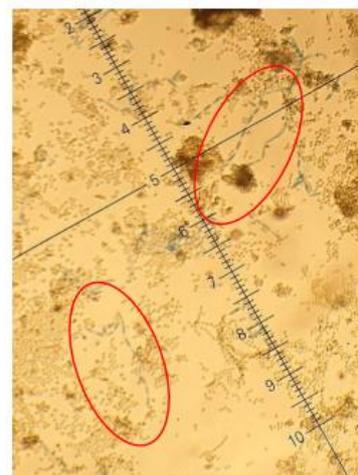


Figure 24: Chaînes de conidies, *Byssochlamys spp*.



Fin janvier 2019, l'épaisseur de la couche d'épluchures n'est plus que de 7 cm. L'ensemble de l'ensilage est distribué au bétail.

Figure 25: Coupe verticale du silo avec épluchures de pommes de terre.



Figure 26: Silo avec épluchures au début du mois de février.

### 9.2.1.2 Escourgeon sur ensilage de maïs



Figure 27: Vue rapprochée du silo d'escourgeon le 7 septembre 2018.

Vue rapprochée de la couche d'escourgeon le 7 septembre 2018 lors de la mise en place.

Sur cette photo, l'escourgeon semble être semé à une trop grande densité mais il a été mieux réparti et recouvert par la suite.



Figure 28: Escourgeon au mois de novembre 2018.

Durant le mois de novembre, le silo d'escourgeon commence à se détériorer.

L'escourgeon commence d'abord par jaunir puis il dessèche par endroit.



Figure 29: Etat de l'escourgeon le 18 janvier 2019.

Fin janvier, il ne reste plus que quelques plants d'escourgeon vivants.

Le système racinaire ainsi que les plants desséchés forment toujours une couche protectrice pour l'ensilage de maïs.

A cette date, nous avons prélevé, sur la surface de ce silo, un champignon de couleur beige. (Fig. 30). Les analyses microscopiques ont montré les ascospores de *Peziza communis* qui sont contenus dans des asques nus (Fig. 31). Ce champignon sans pied qui pousse sur les pailles pourrissantes et les terrains riches. Il ne présente pas de risque toxique lors de son ingestion toutefois il n'est pas conseillé de le donner aux animaux.



Figure 30: Champignon présent sur le silo avec escourgeon.

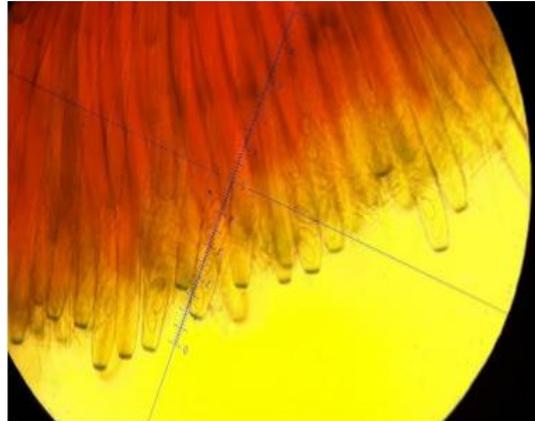


Figure 31: Asques contenant des ascospores de *Peziza communis*.

### 9.2.1.3 Couvertures plastique (témoins)



Figure 32: Silos à Corroy avec bâches et pneus.

Silo avec bâches et pneus usagés à Corroy.



Figure 33: Silos bâchés à Corroy.

Vue du silo bâché quelques jours après son ouverture.

## 9.2.2 Evolution de la couverture dans le silo à la ferme de Lauzelle

### 9.2.2.1 Pulpes et escourgeon



Figure 34: Silo recouvert de pulpes à Lauzelle

Vue du silo recouvert de pulpes de betteraves et d'escourgeon une quinzaine de jours après sa mise en place. L'escourgeon recouvre entièrement les pulpes. Un filet a dû être installé pour éviter au maximum les attaques de corvidés.

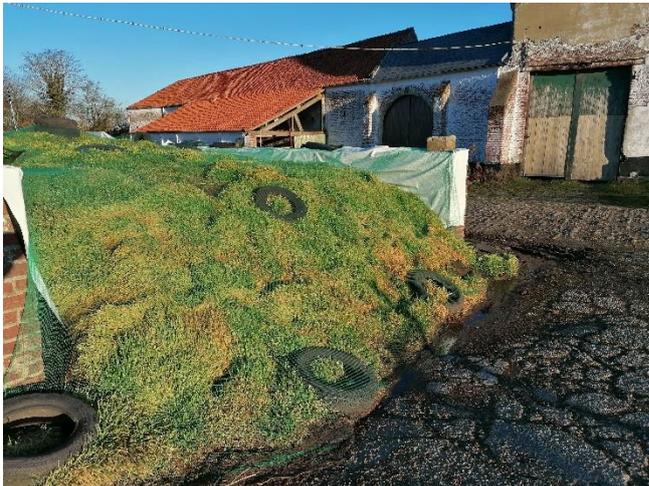


Figure 35: Silo recouvert de pulpes et d'escourgeon à Lauzelle début janvier.

Vue du même silo au début du mois de janvier. On peut remarquer le jaunissement de certaines plantes d'escourgeon. Ce jaunissement est dû à la forte concurrence entre les plantes d'escourgeon. Des galeries de rongeurs sont également apparues. (Chaleur et nourriture à disposition)



Figure 36: Silo recouvert de pulpes à Lauzelle, le 22 juillet 2020.

Photo du 22 juillet 2020. On peut constater que certaines plantes d'escourgeon sont arrivées à maturité mais la majorité d'entre elles sont mortes. Les résidus d'escourgeon et leur système racinaire forment toujours une protection pour l'ensilage.

### 9.2.2.2 Epluchures de pommes de terre



Figure 37: Vue du silo couvert d'épluchures de pommes de terre à Lauzelle.

Vue du silo recouvert d'épluchures de pommes de terre le jour de sa mise en place.

L'épaisseur de la couche est d'environ 20-25 cm.



Figure 38: Silo couvert d'épluchures de pommes de terre, début janvier 2020.

Le silo couvert d'épluchures de pommes de terre au début du mois de janvier, ici à droite de l'image. Sur le bord du silo, quelques attaques de corvidés ont eu lieu, laissant apparaître de l'ensilage de maïs.



Figure 39: Silo d'épluchures de pommes de terre, le 22 juillet 2020.

Vue du silo recouvert d'épluchures de pommes de terre le 22 juillet 2020.

La couche d'épluchures s'est complètement asséchée et laisse apparaître l'ensilage de maïs en dessous.

### 9.2.2.3 Epluchures de pommes de terre et lithothamne



Figure 40: Silo recouvert de lithothamne lors de sa mise en place.

Silo recouvert d'épluchures de pommes de terre et de lithothamne lors de la mise en place de celui-ci, le 7 octobre 2019. L'ensilage de maïs est recouvert par 20-25 cm d'épluchures de pommes de terre ainsi que d'environ 1 cm de poudre de lithothamne.



Figure 41: Silo recouvert de lithothamne pendant le mois de janvier 2020.

Sur la gauche de l'image suivante, on peut voir ce même silo au mois de janvier 2020. Des attaques de corvidés et de rongeurs sont également visibles sur le bord du silo. L'eau semble stagner au-dessus du silo.



Vue du silo recouvert par le lithothamne et les épluchures de pommes de terre au mois de juillet 2020.

La couche s'est complètement asséchée et laisse également apparaître l'ensilage de maïs.

Figure 42: Silo recouvert de lithothamne pendant le mois de juillet 2020.

### 9.2.3 Evolution de la couverture dans les mini silos

#### 9.2.3.1 Epluchures de pommes de terre

07/09/2018 : Mise en place d'une couche d'environ 20 cm.

24/09/2018 : Forte diminution de la couche (-10 cm).



Figure 43: Mini silo d'épluchures au départ et après 15-20 jours.

22/10/2018 : Noircissement de la couche supérieure et apparition de moisissures blanches et vertes.



Figure 44: Mini silo d'épluchures à +/- 2 mois.

De nombreuses structures fongiques ont été observées. Tout d'abord, un mycélium brun caractéristique de *Rhizoctonia sp.* (Fig.45) Associé aux taches noires présentes sur la pourriture et qui correspondent aux symptômes de ce champignon sur les pommes de terre. On retrouve également des conidies de *Penicillium spp.* et quelques spores rondes. Celles-ci peuvent correspondre à des ascospores de *Byssochlamys spp.* (Fig.47) Les structures de fructification (asques) de ce genre n'ayant pas été observées, nous ne pouvons pas, à ce stade, confirmer cette identification. Enfin, nous avons retrouvé de nombreuses structures du *Penicillium spp* associé à la poudre verte mais également du *Cladosporium sp.* (Fig 46), bien connu comme saprophyte.

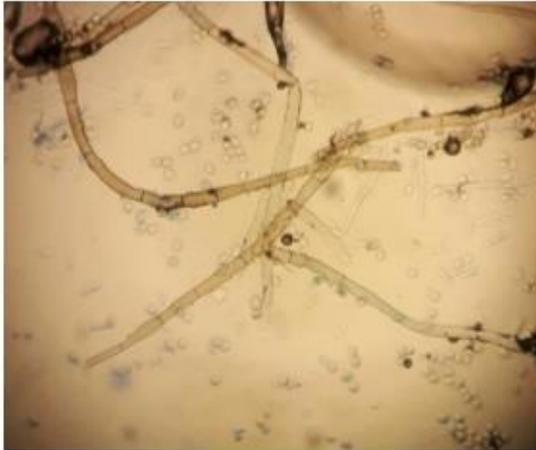


Figure 45: Mycélium de *Rhizoctonia spp.*



Figure 47: Spores ressemblants à *Byssochlamys spp.*

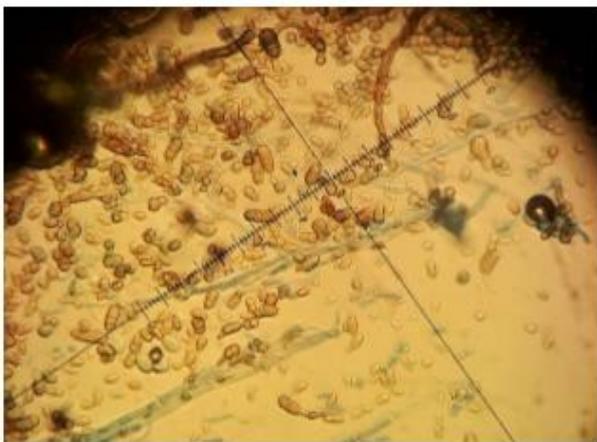


Figure 46: Structures fongiques de *Cladosporium spp.*

09/01/2019 : Ouverture du mini silo.

La couche d'épluchures est de 5 cm. On observe un mycélium blanc sous la forme de feutrage. Des conidies de *Fusarium spp.* sont détectées sur ce feutrage (Fig.49) et la mise en culture sur milieux de culture révèle la présence de moisissures de la famille des zygomycètes (*Mucor spp.*).

Pas de moisissure apparente dans l'ensilage de maïs.



Figure 48: Mini silo avec épluchures lors de son ouverture, en janvier.

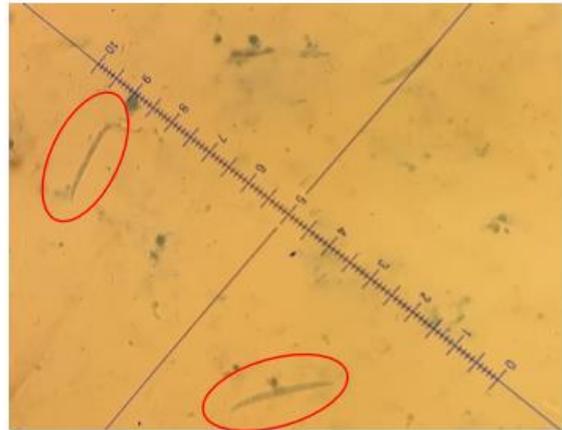


Figure 49: Conidies de *Fusarium spp.*

### 9.2.3.2 Escourgeon sur ensilage de maïs

07/09/2018 : Semis d'escourgeon directement sur l'ensilage de maïs (+ 2kg/m<sup>2</sup>).

10/09/2018 : Le germe d'escourgeon mesure environ 2 cm, 3 jours après la confection du silo.



Figure 50: Mini silo avec escourgeon sur l'ensilage lors de la mise en place.



Figure 51: Germe d'escourgeon après 3 jours.

24/09/2018 : 15-20 jours après la confection du silo,  
l'escourgeon recouvre entièrement l'ensilage.



Figure 52: Escourgeon recouvrant entièrement l'ensilage.



60 cm, haut du silo

20 cm qui sont moins appétents  
voir  
impropre pour la  
consommation des bovins.

40 cm, sous cette couche le maïs ne  
présente plus de moisissure.

Figure 53: Couches distinctes dans mini silo avec escourgeon  
lors de son ouverture.

Dans les 20 centimètres moins « bons », l'ensilage est très humide et remplis d'acariens comme nous le montre la figure 54 ci-après :



Figure 54: Acariens visibles sur le sachet plastique contenant l'échantillon.

Cette couche comprend également des boules blanches et brunes. Les analyses microscopiques ne confirment pas de moisissures précises. Les observations sur milieux de culture confirment la présence de *Geotrichum spp.* et de moisissures de la famille des zygomycètes (*Mucor spp.*) (Fig 55).



Figure 55: Sporangies (boules noires) et sporangiophores de zygomycètes sur milieu PDA.

### 9.2.3.3 Pulpes de betteraves et escourgeon



Figure 56: Mini silo de pulpes.

Mini silo couvert de pulpes et d'escourgeon lors de sa mise en place le 8 octobre 2018.



Figure 57: Mini silo de pulpes après 8 jours.

Le même silo après 1 semaine :  
l'escourgeon pointe péniblement malgré la chaleur des pulpes.  
Le CIPF a effectué un arrosage à 5 reprises afin d'assurer la levée de l'escourgeon.



Figure 58: Mini silo avec pulpes après 15 jours.

Après 15 jours, l'escourgeon mesure 5-6 cm et recouvre correctement l'ensilage.



Figure 59: Mini silo avec pulpes, divisé en couche.

Photo prise lors de l'ouverture du mini silo. On peut y remarquer 3 couches bien distinctes sous les 8 cm d'escourgeon :

- 1 couche plus sombre où le système racinaire s'est développé, celle présentait une forte odeur de moisi (3 cm),
- 1 couche de pulpes (+- 15 cm),
- 1 couche de maïs

Dans la couche sous l'escourgeon, au niveau macroscopique, on observe une poudre grise ainsi qu'un feutrage blanc (mycélium fongique). La poudre grise se révèle être de l'*Aspergillus spp.* (Fig. 60). Des chaînes de *Geotrichum spp.* ont également été observées.



Figure 60: Poudre grise correspondant à l'*Aspergillus spp.*

#### 9.2.3.4 Couverture plastique



Figure 61: Mini silo plastique à la mise en place.

Mini silos avec plastique lors de la mise en place. Ces silos sont recouverts par une seule bâche plastique maintenue par du sable.



Figure 62: Mini silo avec plastique lors de son ouverture.

Vue du mini silo de maïs lors de son ouverture le 9 janvier 2019. Nous avons pu y remarquer des moisissures sur les 15-20 premiers centimètres.



Figure 63: Moisissures dans le mini silo plastique.

Moisissures verdâtres et blanches dans les premiers centimètres.

Au macroscopie, l'échantillon prélevé dans les premiers centimètres, comprend des points blancs qui font penser à *Byssochlamys spp.* ainsi que de la poudre verte qui laisse suggérer un *Trichoderma spp.* Au microscope, les structures de *Byssochlamys spp.*, de *Monascus spp.* et de conidies rondes de *Trichoderma spp.* sont visibles. Des échantillons ont été mis sur milieux de culture afin de déterminer d'autres moisissures. Ces analyses confirment la présence de *Trichoderma spp.* Mais également d'un *Geotrichum*.

Sous la surface, tout comme dans les premiers centimètres, nous observons du mycélium, de la poudre verte et des boules blanches. Des zones rouges sont également observées (Fig.54). Les analyses microscopiques révèlent de nombreuses conidies et conidiophores de *Penicillium spp.* (Fig.65), des ascospores de *Byssochlamys spp.* (Fig 66) et des cléistothèces de *Monascus spp.* (Fig. 67) qui justifie la couleur rougeâtre de l'échantillon.



Figure 64: Points blancs et couleur rougeâtre de l'échantillon.

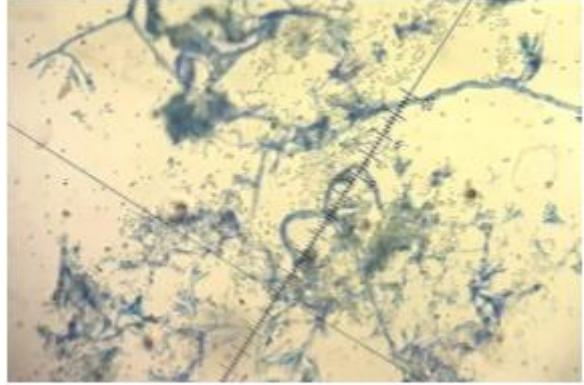


Figure 65: Conidies et conidiophores de *Penicillium* spp.



Figure 66: Ascospores (groupés par 8) de *Byssosclamyces* spp.



Figure 67: Cléistothèce de *Monascus* spp.

#### 9.2.4 Pertes de jus d'ensilage dans les mini silos

Chaque mini silo, ayant une couverture autre que le plastique, a été perforé dans le bas afin que nous puissions en récolter le "jus" qui pourrait en découler.

Par après, nous avons placé un bac d'une contenance de 10 litres sous chacun d'eux.



Jus d'ensilage qui coule après une averse le 4 décembre 2018.

Figure 68: Ecoulement des jus d'un mini silo.

Bac	Quantité (l)	Date arrêt
Epluchures bac 1	81	09-janv
Epluchures bac 2	115	19-févr
Epluchures bac 3	100	19-févr
Escourgeon1	26,25	09-janv
Escourgeon2	45,75	13-févr
Escourgeon3	33,5	19-févr
Pulpes + esc.	40	09-janv
Pulpes + esc.	56,5	13-févr
Pulpes + esc.	58	19-févr

Tableau 14: Tableau des pertes par écoulement des mini silos.

En observant le tableau ci-dessus, on s'aperçoit que les mini silos avec épluchures laissent s'écouler plus de jus que les mini silos avec escourgeon et pulpes. La couche d'épluchures est probablement moins imperméable que la couche formée par le système racinaire de l'escourgeon. Les mini silos sont trop dépendants des aléas climatiques. Leur surface et leur volume sont trop petits C'est pourquoi nous ne pouvons pas tirer de réelle conclusion au niveau de la conservation du fourrage. Par contre, ils représentent des échantillons de ce qui se passe dans des parties infiltrées par l'eau sur les bords de grands silos mal protégés.

## 9.3 Evolution de la couverture chez les agriculteurs

### 9.3.1 Epluchures de pommes de terre



Figure 69: Epluchures de pommes de terre à Baisy-Thy.

Milieu du silo à Baisy-Thy le 3 octobre 2018.

Les épluchures de pommes de terre étant relativement liquide (+/- 11% de MS), l'agriculteur a préféré n'en mettre qu'au milieu de son silo.

Il a donc créé des digues sur les bords avec des pulpes de betteraves afin que les épluchures ne s'écoulent pas en bas des pentes de celui-ci.

L'épaisseur de la couche est d'environ 10 cm.



Figure 70: Silo avec épluchures à Baisy-Thy le 20 novembre.

Même silo le 20 novembre, la couche d'épluchures n'est plus que d'environ 5 cm. On peut voir apparaître de l'ensilage par endroit.

Sur les bords de ce silo, nous avons remarqué la présence d'une poudre blanche (Fig. 71, B1) ainsi que de taches noires (Fig 71, B2).



Figure 71: Echantillons d'ensilage de maïs prélevés à Baisy-Thy.

Les analyses microscopiques au niveau de la poudre blanche B1 ont permis de révéler la présence de plusieurs moisissures telles que *Rhizopus spp.* (Fig. 72) et *Penicillium spp.* (Fig. 73).

Les analyses de l'échantillon noir B2 quant à elles, confirment les structures de *Byssochlamys spp.*, de *Geotrichum spp.*, de *Trichothecium spp.* et de *Mucor spp.* (Fig 74).



Figure 72: *Rhizopus spp.*

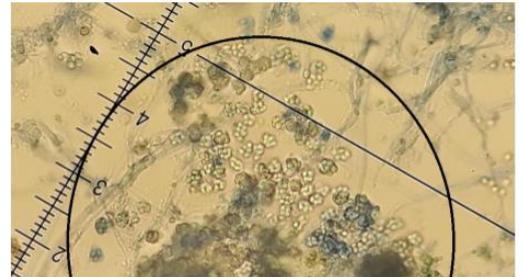


Figure 73: Ascospores de *Byssochlamys spp* groupés par 8.

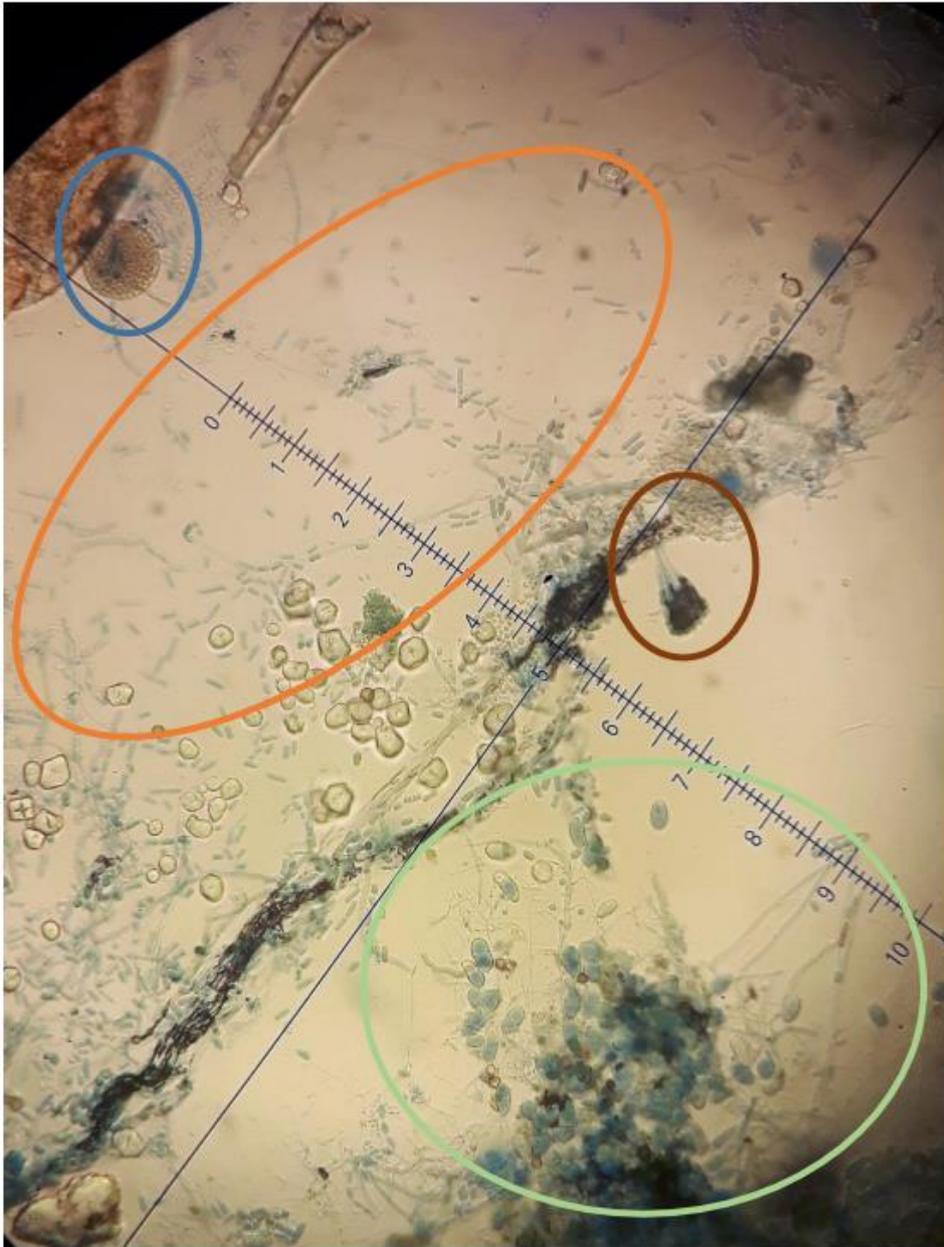


Figure 74: En bleu, *Mucor* spp./ en orange, *Geotrichum* spp. / en brun, *Penicillium* spp. / en vert, *Trichothecium* spp.

### 9.3.2 Escourgeon sur ensilage de maïs



Figure 75: Silo avec escourgeon à Liberchies le 19/10/2018.

Pratiquement 2 mois après sa mise en place, l'escourgeon n'est toujours pas bien développé et peine à recouvrir l'entièreté du silo. Ceci est dû au manque de précipitations pendant les mois de septembre et octobre 2018.



Figure 76: Silo avec escourgeon à Liberchies le 20/11/2018.

Photo prise le 20 novembre 2018. L'escourgeon n'a pas recouvert l'entièreté de l'ensilage et peine à pousser.

Différents échantillons ont été prélevés à cette date. Ces échantillons ont montré au binoculaire, une très forte population d'acariens et de larves. Les larves sont probablement celles de mouches de terreau, appelée aussi sciarides. Un champignon de type *Aspergillus spp.* a été observé au microscope (Fig. 77).

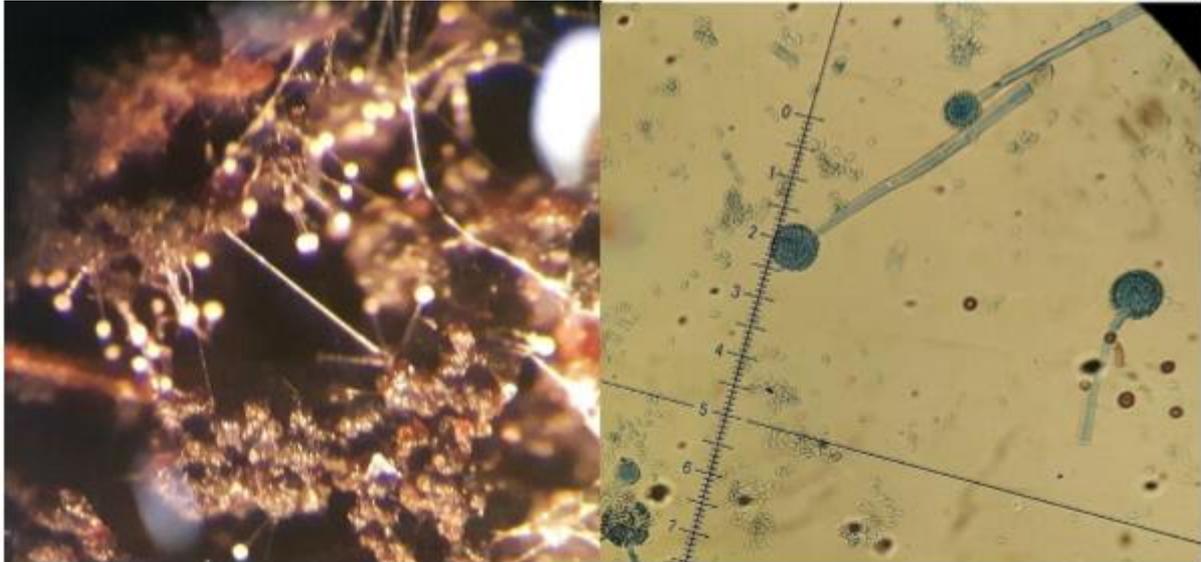


Figure 77: Conidiophores et conidies d'*Aspergillus* spp.

### 9.3.3 Pulpes de betteraves et escourgeon



Photo prise à la fin du mois de décembre, 4-5 jours après la mise en place des pulpes de betteraves et de l'escourgeon sur un silo de maïs. L'escourgeon n'a pas encore totalement recouvert le silo.

Figure 78: Silo avec pulpes à Chièvres.



Figure 79: Silo avec pulpes à Chièvres.



Figure 80: Tache sombre dans le silo à Chièvres.

Photo prise le 11 janvier à Chièvres. Le silo est totalement recouvert par l'escourgeon. L'agriculteur distribue l'ensemble de l'ensilage à ses bovins.

Sur le bord du silo, on peut remarquer une bande plus sombre.

En effet, la couche de pulpes n'étant pas assez épaisse à cet endroit, l'eau s'écoulant du haut du silo s'est infiltrée.

Un échantillon d'ensilage a été prélevé dans cette tache. L'analyse macroscopique (Fig. 81) relève la présence de mycélium. Les analyses microscopiques (Fig. 82) quant à elles montrent la présence de *Geotrichum spp.*, inoffensif mais qui altère le goût.

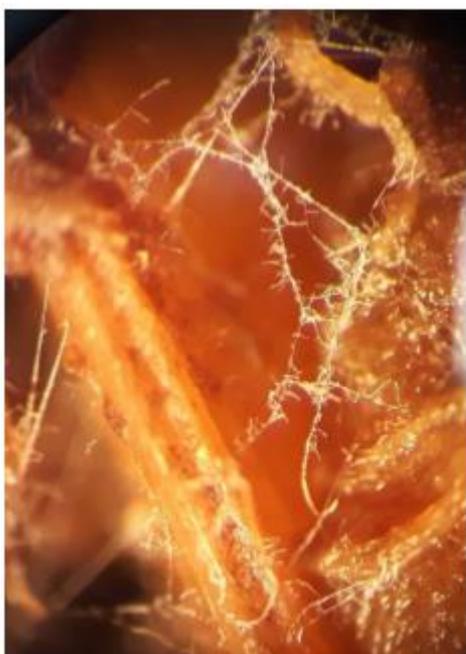


Figure 81: Mycélium de *Geotrichum* spp. (40X)

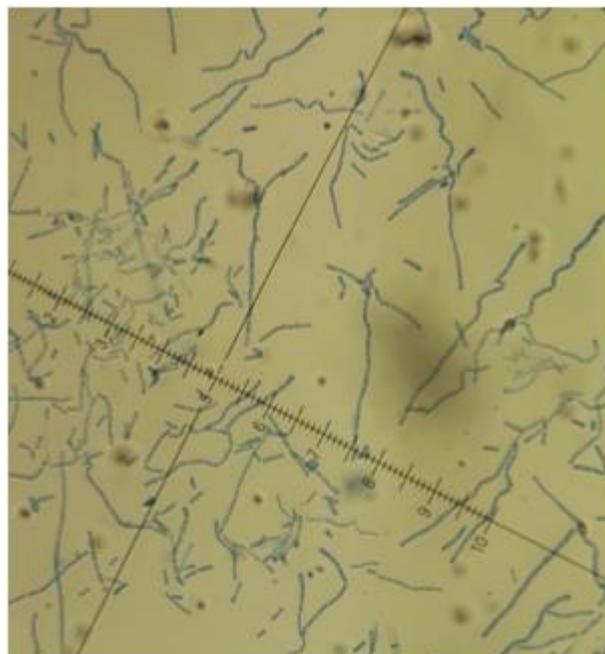


Figure 82: Mycélium de *Geotrichum* spp. (200X)

Lors des derniers prélèvements (06/03/2019), d'autres moisissures ont été trouvées dans ce silo. Il s'agit de *Verticillium* spp. (Fig. 83), *Alternaria* spp., *Olpidium* spp. (Fig. 84), de la carie et *Trichothecium roseum* (Fig. 85).



Figure 83: *Verticillium* spp.

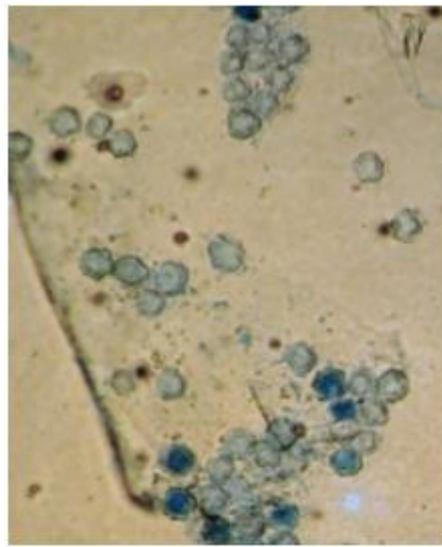


Figure 84: *Olpidium* spp.

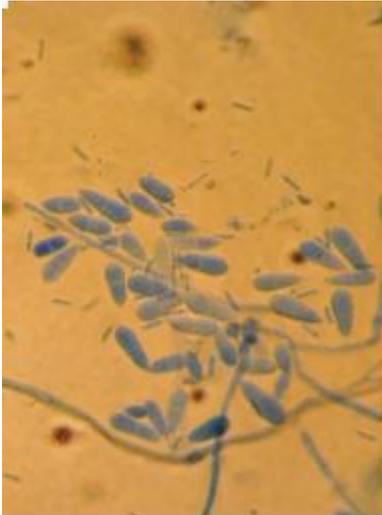


Figure 85: *Trichotheций roseum*.

#### 9.3.4 Radicelles de betteraves



Figure 86: Silo couvert de radicelles de betteraves à Hannut.

Photo du 27 septembre 2018, lors la mise en place des radicelles sur le silo à Hannut.

La couche est d'environ 30 cm.

L'agriculteur ne distribue pas l'entièreté de l'ensilage, il retire une couche de 10-15 cm.



Figure 87: Silo couvert de radicelles le 6/03/2019.

Photo prise le 6 mars 2019.  
Nous nous trouvons à la fin du silo.

Nous avons prélevé des échantillons pouvant contenir des moisissures. Dans ces différents échantillons, nous avons trouvé du *Fusarium spp.* (Fig. 88), du *Trichoderma spp.* (Fig. 89), du *Geotrichum spp.* (Fig. 90) ainsi que des zygomycètes. (Fig. 91)

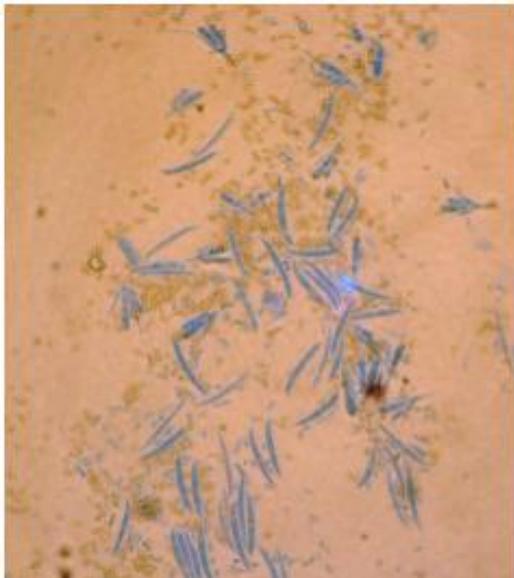


Figure 88: *Fusarium spp.*



Figure 89: *Trichoderma spp.*



Figure 90: *Geotrichum* spp.



Figure 91: Sac de spores d'un zygomycète.

D'autres moisissures ont été retrouvées à cette même date, de l'*Alternaria* (Fig. 92) et du *Trichothecium roseum* (Fig. 93).



Figure 92: *Alternaria* spp.

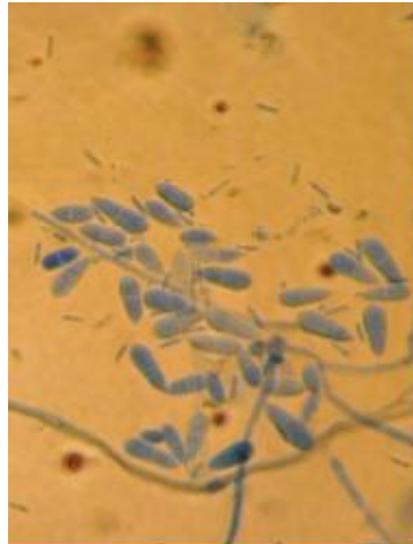


Figure 93: *Trichothecium roseum*.

### 9.3.5 Purée de pommes de terre



Figure 94: Purée de pommes de terre au début.

Silo d'ensilage de maïs recouvert par 20 cm de purée de pommes de terre, quelques jours après sa mise en place au mois de septembre. Le pourcentage de MS est d'environ 20%.



Figure 95: Purée de pommes de terre en novembre.

20 novembre 2018, la couche de purée est toujours d'une épaisseur de 20 cm. Sur les 5 premiers centimètres on peut remarquer une coloration rouge et de petits points noirs. Il y a également apparition de mycélium blanc.

Lors de l'analyse des derniers échantillons, au mois de mars, nous avons constaté la présence de *Fusarium spp.*, *Geotrichum spp.*, *Alternaria spp.*, *Trichothecium roseum* et des zygomycètes.

## 9.4 Caractérisation des espèces de champignons et des mycotoxines retrouvés dans les ensilages.

Les moisissures dans les ensilages font l'objet d'une attention particulière car bien qu'elles ne produisent pas toutes des mycotoxines, certaines d'entre-elles peuvent provoquer des effets indésirables sur la santé des animaux. Elles peuvent être responsables d'une diminution de la valeur nutritive ou de l'appétence mais également de troubles physiologiques majeurs. Une étude<sup>1</sup> sur ces moisissures, notamment menée en équipe avec le CIPF en 2005, avait pu mettre en évidence la présence de 8 genres principaux de champignons repris dans le tableau ci-dessous (Tab. 15) et que nous avons pu également retrouver dans les ensilages en 2019 et 2020.

Genres	Apparence macroscopique	Caractéristiques	Mycotoxines et conséquences
<b><i>Aspergillus</i></b>	Vert foncé, gris poudreux	Nombreuses espèces tolérantes à l'anaérobiose	Pas de modification de l'appétence mais toxicité dû aux mycotoxines comme l'aflatoxine, fumitoxine, orchratoxine, patuline, .... qui entraînent des troubles nerveux, avortements et troubles respiratoires.
<b><i>Penicillium</i></b>	Poussière bleue à verte	Souvent rencontré	Risque de toxicité par la production de patuline, roquefortine et de toxine PR associés qui induisent à fortes doses des troubles nerveux et avortements.
<b><i>Fusarium</i></b>	Blanc ou rose	Aspect cotonneux	Diminuent l'appétence et risque de toxicité par la sécrétion de mycotoxines (plus de 20 mycotoxines connues). Production de zéarélanone (activité oestrogénique) et de trichothécènes dont les plus connues sont le diacétoxyscripénol (DAS), dioxynivalénole (DON) ou la T2-toxine et entraînent des diarrhées, hémorragies intestinales et dermatoses.
<b><i>Trichoderma</i></b>	Vert, jaune ou blanche	Devient vert avec l'oxygène	Risque de toxicité par la production de trichothécènes, gliotoxine (immunosuppresseur) et isocyanide.
<b>Zygomycètes</b>	Blanc ponctué de boules noires	Filaments comme des cheveux	Reprend les genres <i>Mucor</i> et <i>Rhizopus</i> . Entraînent l'inappétence sans risque de toxicité.
<b><i>Byssosclamyces</i></b>	Feutrage blanc dense	Ne verdit pas à l'oxygène	Risque de toxicité par la sécrétion de patuline qui provoque des dysfonctionnements de la flore du rumen et entraîne des météorisations.
<b><i>Geotrichum</i></b>	Couleur blanche poudreuse	/	Inoffensif mais abaisse fortement l'ingestibilité par l'odeur de moisi et la saveur désagréable.
<b><i>Monascus</i></b>	Blanc / rouge	Rouge à la sporulation	Effet stimulant sur l'appétence et pas de toxicité connue. Une autre étude dit le contraire avec des effets d'inappétence.

Tableau 15: Liste des principales moisissures isolées et description des risques de toxicité associés.

<sup>1</sup> « Caractérisation des espèces de champignons et de mycotoxines contaminant des ensilages en Belgique » Héloïse Bastiaanse et François Van Hove, Mycothèque de l'UCL (BCCMTM/MUCL) projet de recherche C3/00/22.

D'autres genres de champignons ont pu être détectés mais sont moins couramment étudiés. On retrouve notamment : *Verticillium*, *Ustilago*, *Acremonium*, *Trichothecium*, *Alternaria*, *Rhizoctonia*, *Cladosporium*.... Quelques-uns peuvent être responsables d'effets indésirables qui sont repris ci-dessous (Tab. 16).

Espèces	Effets
<b>Les charbons</b>	Entraînent des pertes d'appétence
<b>Les caries</b>	Peuvent accumuler des spores riches en triméthylamines à odeurs et saveurs désagréables et entraîner ainsi des accidents digestifs et nerveux.
<b><i>Acremonium</i></b>	Peuvent produire des alcaloïdes.
<b><i>Alternaria</i></b>	Peuvent produire l'altenuene, alternariol et d'autres mycotoxines.
<b><i>Cladosporium</i></b>	Peuvent produire de l'acide cladosporique, l'émodin.
<b><i>Trichothecium</i></b>	Peuvent produire des trichothécènes.
<b><i>Verticillium</i></b>	Aucunes mycotoxines connues.

Tableau 16: Moisissures moins étudiées et description des risques de toxicité associés.

## 9.5 Moisissures détectées dans des ensilages de maïs présentant différentes couvertures.

### 9.5.1 Analyses des moisissures

#### 9.5.1.1 Analyses des zones colonisées par des agents fongiques à la loupe binoculaire

Les échantillons frais sont analysés directement ou mis en incubation dans une chambre humide pour favoriser la sporulation d'un éventuel pathogène fongique. De manière générale, les champignons affectionnent particulièrement les conditions humides et chaudes. La loupe binoculaire nous permet d'observer les zones colonisées par des agents fongiques avec un grossissement jusqu'à 40 fois. Les observations à la loupe binoculaire nous permettent d'identifier les endroits propices aux prélèvements servant ultérieurement pour la préparation des coupes microscopiques ou pour les isolements sur milieux de culture.

#### 9.5.1.2 Coupes microscopiques colorées au lactophénol

Les structures fongiques en développement sont prélevées et colorées au lactophénol bleu coton. Ce dernier est un colorant de la chitine qui est l'un des composants des parois cellulaires des champignons.

### 9.5.1.3 Mise en culture

De l'ensilage de maïs est placé sur papier Wattman légèrement humide. Des morceaux de maïs de la surface du silo et de l'intérieur du silo sont placés sur milieux pauvres type HAC contenant des antibiotiques afin d'éviter la prolifération de bactéries. Les boîtes de Pétri sont ensuite placées à 22°C. Si nécessaire, une sous-culture est réalisée afin de purifier l'isolat. Suite à la croissance du champignon, les structures sont observées au microscope optique et identifiées.

Le tableau ci-après, reprend les moisissures détectées tout au long du projet.

Le champignon *Trichothecium roseum* a été observé dans tous les silos hormis celui avec la bâche plastique. Ce dernier est un genre responsable de la production de trichothécènes tout comme le genre *Fusarium* ou *Trichoderma*. Le champignon du genre *Geotrichum* a quant à lui été observé dans tous les silos. Celui-ci est inoffensif mais s'il se développe trop, il peut abaisser fortement l'ingestibilité par l'odeur de moisi et la saveur désagréable.

Genres	Bâche et pneus	Epluchures et Litho	Epluchures	Pulpes et escourgeon	Radicelles	Purée de PDT
<i>Aspergillus</i>		X	X	X		
<i>Penicillium</i>	X			X		
<i>Fusarium</i>		X	X	X	X	X
<i>Trichoderma</i>		X		X	X	
<i>Zygomycètes</i>		X	X	X	X	X
<i>Byssochlamys</i>						
<i>Geotrichum</i>	X	X	X	X	X	X
<b>Autres</b>		<i>Alternaria, Trichothecium roseum, Ophiostoma, Scopulariopsis</i>	<i>Alternaria, Trichothecium roseum, Ophiostoma, Scopulariopsis, Botrytis</i>	<i>Alternaria, Trichothecium roseum, Cladosporium</i>	<i>Alternaria, Trichothecium roseum,</i>	<i>Alternaria, Trichothecium roseum,</i>

Tableau 17: Moisissures détectées dans les silos au cours du projet.

## 9.5.2 Mycotoxines détectées dans les silos.

Plusieurs mycotoxines ont été analysées dans les échantillons d'ensilages. Les mycotoxines recherchées sont : la deoxynivalenol, l'aflatoxine B1, B2, G1, G2 ainsi que leur somme, HT2 toxine, T2 toxine et la somme du T2/HT2, l'ochratoxine A, la fumonisine B1/B2/B3 et leur somme et enfin la zéaralenone. Des échantillons de 400 gr d'ensilage le plus représentatif des moisissures visuellement observées ont été envoyées. Elles sont séchées pendant 80 heures avant analyse.

### 9.5.2.1 La zéaralenone

Dans un des échantillons analysés dans le silo à Chastre en 2018 (pulpes et escourgeon), ainsi que dans le silo à la ferme de Lauzelle en 2020, des traces de mycotoxine ont été retrouvées. Il s'agit de la zéaralenone. Cette mycotoxine est produite principalement par des champignons du genre *Fusarium*.

De façon générale, cette mycotoxine induit des problèmes de reproduction. Elle provoque une diminution de la fertilité, une augmentation des résorptions embryolétales ou encore une diminution de la taille des portées. Chez les animaux domestiques, l'espèce qui semble la plus sensible à cette mycotoxine est l'espèce porcine.

Dans l'Union Européenne, la teneur maximale recommandée concernant les sous-produits de maïs pour cette mycotoxine est de 3000 µg/kg.

Concernant notre échantillon de 2018, la teneur en zéaralenone est de 171 µg/ kg.

Dans le silo de Lauzelle en 2020, le teneur en zéaralenone est de :

- 693 µg/kg dans le silo avec des bâches et pneus,
- 609 µg/kg dans le silo recouvert par des épluchures de pommes de terre,
- 717 µg/kg dans le silo recouvert par des épluchures et du lithothamne,
- 928 µg/kg dans le silo recouvert par des pulpes de betteraves et de l'escourgeon.

### 9.5.2.2 Toxine HT2

La toxine HT2 est produite par des champignons du genre *Fusarium*. Cette mycotoxine induit une réduction du poids corporel, une sensibilité accrue aux infections et des troubles de la reproduction. Les félins semblent être les animaux les plus sensibles à cette mycotoxine.

Dans l'Union Européenne, la teneur maximale recommandée concernant le maïs non transformé est de 200 µg/kg.

En ce qui concerne nos échantillons la teneur est de :

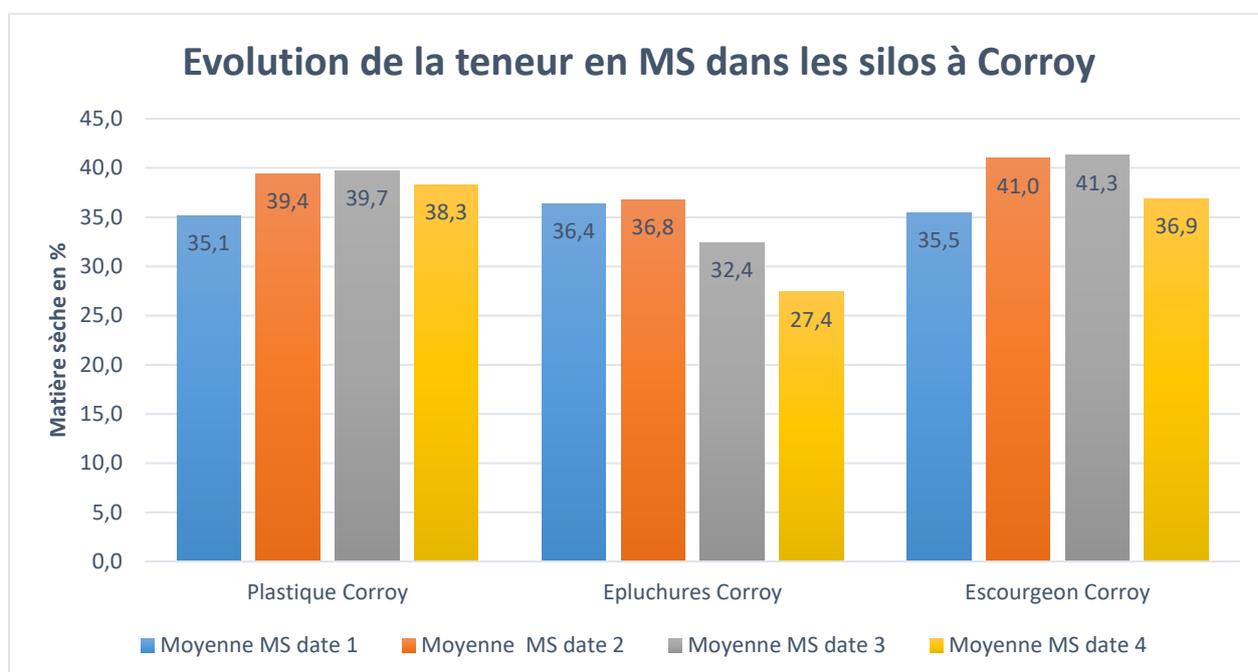
- 86 µg/kg dans le silo avec bâches et pneus,
- 74 µg/kg dans le silo recouvert par des épluchures de pommes de terre,
- 78 µg/kg dans le silo recouvert par des épluchures et du lithothamne,
- 73 µg/kg dans le silo recouvert par des pulpes de betteraves et de l'escourgeon.

## 9.6 Evolution de la teneur en matière sèche (en %)

### 9.6.1 Evolution de la teneur en matière sèche dans le silo du Centre De Marbaix à Corroy

En %	Moyenne MS date 1 (06/09)	Moyenne MS date 2 (20/09)	Moyenne MS date 3 (24/10)	Moyenne MS date 4 (14/01)	Perte ou gain de MS
Plastique Corroy	35,1	39,4	39,7	38,3	+3.2
Epluchures Corroy	36,4	36,8	32,4	27,4	-9
Escourgeon Corroy	35,5	41	41,3	36,9	+1.4

Tableau 18: MS moyenne dans les silos à Corroy.



Graphique 3: Evolution de la MS dans les silos à Corroy.

La teneur en matière sèche de ces 3 silos a été analysés à 4 reprises.

Entre le 6 septembre 2018 et le 14 janvier 2019, le silo couvert avec du plastique a gagné 3,2% de MS.

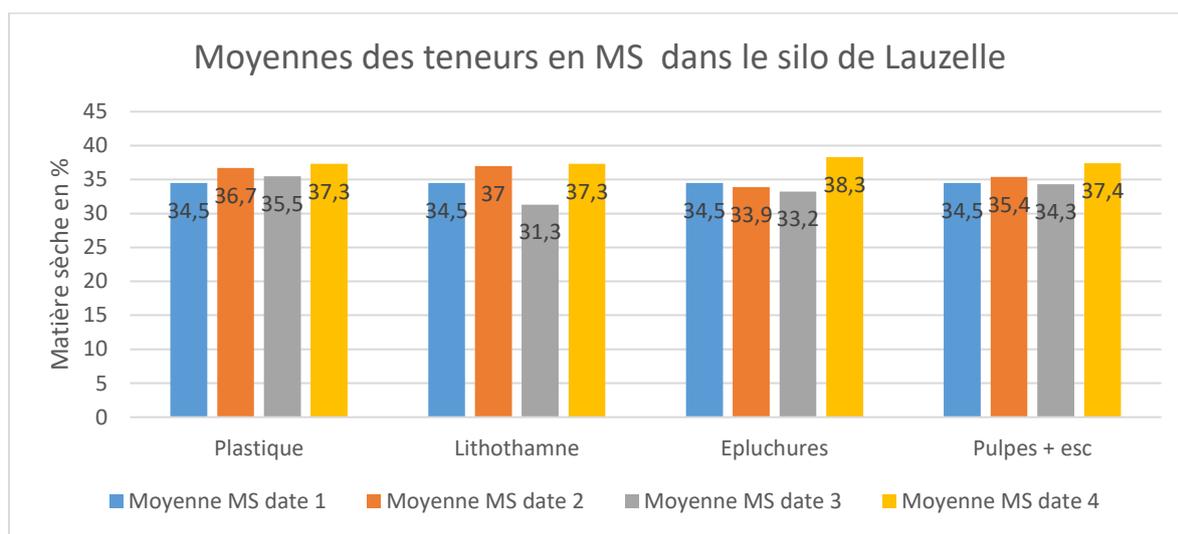
Le silo recouvert avec de l'escourgeon a gagné 1,4 % de MS tandis que le silo recouvert avec des épluchures a enregistré une perte de 9% de MS.

### 9.6.2 Evolution de la teneur en MS dans le silo à la ferme de Lauzelle à Louvain-la-Neuve

La teneur en matière sèche du silo à la ferme de Lauzelle a été analysée quatre fois du 07/10/2019 au 22/07/2020.

Couverture	07-10-19	19-11-19	13-02-20	22-07-20	Gain de MS après 9,5 mois de conservation
	Moyenne MS date 1	Moyenne MS date 2	Moyenne MS date 3	Moyenne MS date 4	
Plastique	34,5	36,7	35,5	37,3	2,8
Lithothamne	34,5	37	31,3	37,3	2,8
Epluchures	34,5	33,9	33,2	38,3	3,8
Pulpes + esc	34,5	35,4	34,3	37,4	2,9

Tableau 19: Moyennes et gain de MS dans le silo de Lauzelle.



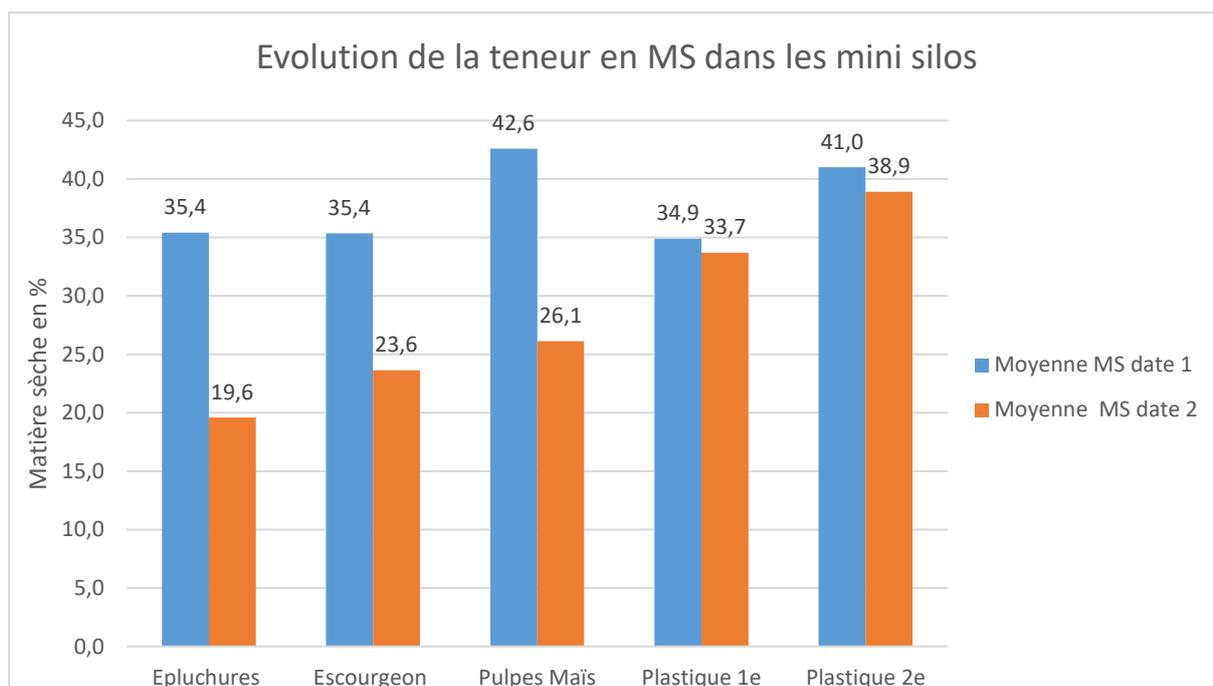
Graphique 4: Moyennes de MS dans le silo de Lauzelle.

En observant le graphique ci-dessus, on remarque qu'à la fin, la teneur en matière sèche n'est pas significativement différente en fonction du type de couverture. Mais, la teneur en matière sèche varie selon les conditions climatiques. En effet, on remarque qu'en hiver, (en gris sur le graphique), la teneur en matière sèche de l'ensilage de maïs diminue sous chacune des couvertures. À l'inverse, elle augmente partout pendant l'été (en jaune sur le graphique). Les températures plus clémentes et la diminution des précipitations engendrent une évaporation de surface.

### 9.6.3 Evolution de la teneur en matière sèche dans les mini silos (en %)

	Moyenne MS date 1	Moyenne MS date 2	Perte de MS
Epluchures 1	35,4	19,6	-15,8
Escourgeon 1	35,4	23,6	-11,7
Pulpes Maïs	42,6	26,1	-16,5
Plastique 1	34,9	33,7	-1,2
Plastique M1	41,0	38,9	-2,1

Tableau 20: MS moyenne dans les mini silos



Graphique 5: Evolution de la MS dans les mini silos.

En observant le tableau et le graphique ci-dessus, on remarque que dans le mini silo recouvert par les épluchures de pommes de terre, la teneur en matière sèche diminue d'environ 16% entre le 06 septembre et le 9 janvier (4 mois). Dans le silo couvert avec de l'escourgeon, la MS diminue d'environ 12% entre ces deux dates. Le silo couvert avec des pulpes de betteraves et de l'escourgeon perd plus de 16 % de MS entre le 8 octobre et le 9 janvier (3 mois). Concernant les témoins plastiques des deux dates, leur perte en matière sèche avoisine les 1 %.

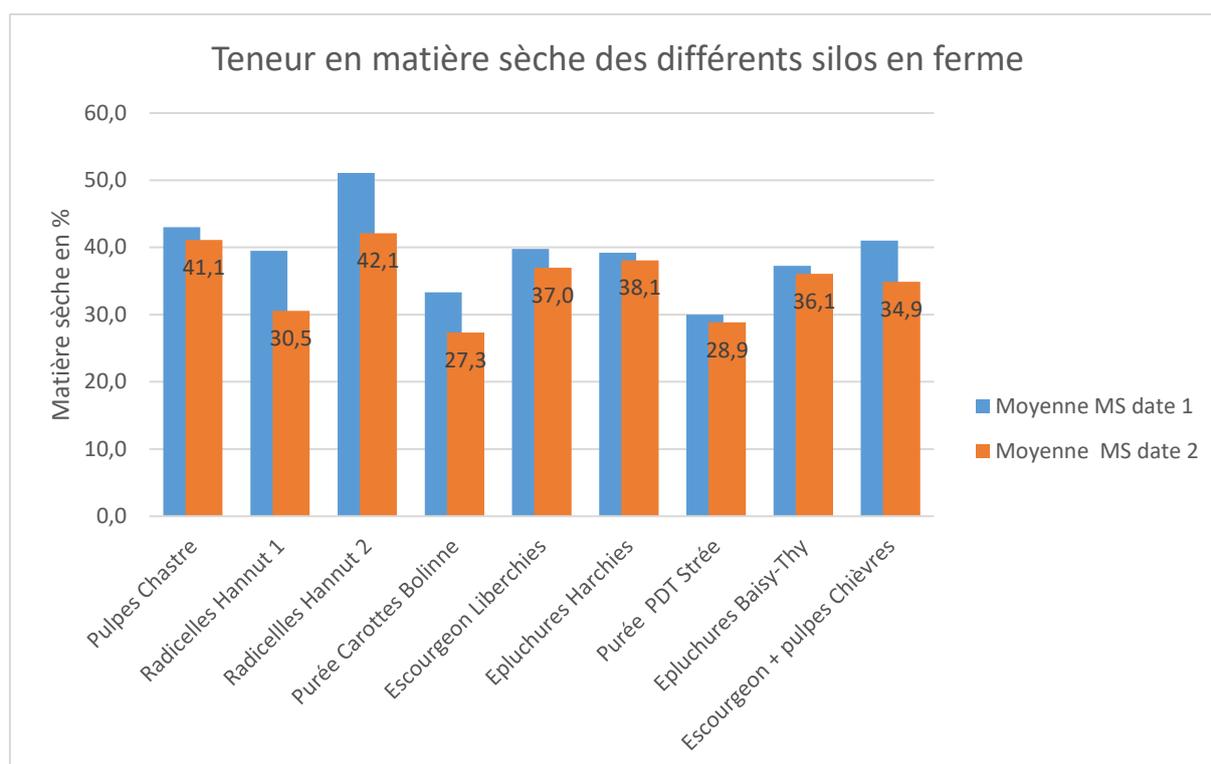
#### 9.6.4 Evolution de la teneur en matière sèche chez les agriculteurs en 2018 -2019 (en %)

La teneur en matière sèche des différents silos a été analysée à deux reprises.

Un premier prélèvement a été effectué fin septembre – début octobre et le deuxième a été réalisé fin novembre pour chaque silo à part celui de Chièvres. Pour ce silo, un premier prélèvement a été effectué fin décembre et un deuxième vers le 15 janvier 2019.

	Moyenne MS du maïs date 1 (%)	Moyenne MS du maïs date 2 (%)	Perte MS (%)
Escourgeon + pulpes Chastre	43,0	41,1	-1,9
Radicelles Hannut 1	39,5	30,5	-8,9
Radicelles Hannut 2	51,1	42,1	-9,0
Purée Carottes Bolinne	33,3	27,3	-6,0
Escourgeon Liberchies	39,8	37,0	-2,8
Epluchures Harchies	39,2	38,1	-1,1
Purée PDT	30,0	28,9	-1,2
Epluchures Baisy-Thy	37,3	36,1	-1,2
Escourgeon + pulpes Chièvres	41,0	34,9	-6,2

Tableau 21: MS moyenne dans les silos chez les agriculteurs.



Graphique 6: Evolution de la MS dans les silos chez les agriculteurs.

Les plus fortes pertes de teneur en matière sèche ont été observées dans les silos recouverts par des radicelles de betteraves. Ces deux silos perdent approximativement 9% de MS. Concernant les deux silos avec pulpes et escourgeon à Chastre et à Chièvres, ils perdent respectivement 1,9 % et 6,2 %.

Le silo couvert avec de l'escourgeon à Liberchies perd 2,8% de MS.

Les deux silos recouverts avec des épluchures de pommes de terre ainsi que celui recouvert avec de la purée de pommes de terre perdent environ 1% de MS entre les deux dates.

Le silo recouvert par de la purée de carottes perd quant à lui 6% de MS.

#### 9.6.5 Evolution de la teneur en matière sèche chez les agriculteurs en 2019-2020 (en %)

La teneur en matière sèche des silos chez les différents agriculteurs a été analysée à deux ou trois reprises pendant l'hiver 2019-2020.

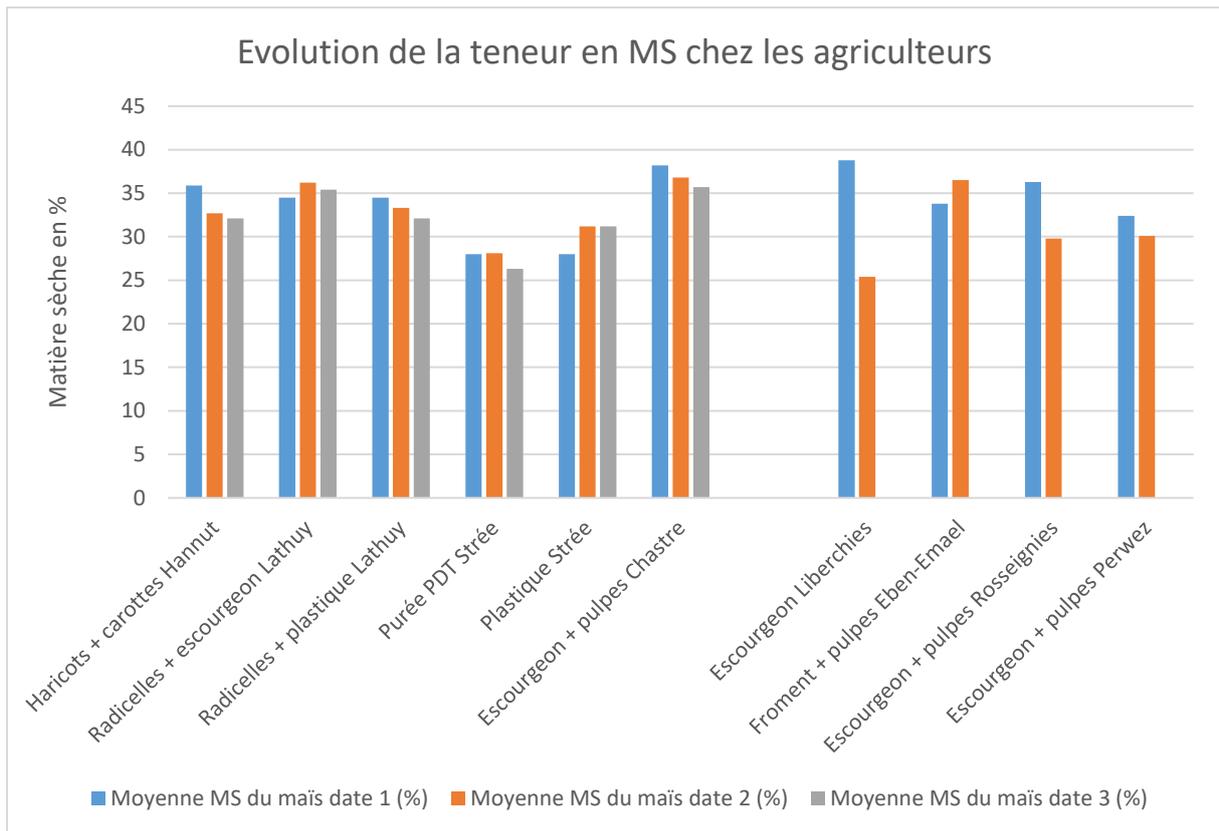
Deux silos, à Lathuy et à Strée ont pu être scindés en deux. Une partie sous plastique servant de témoin et une autre partie recouverte d'une couverture végétale.

	Moyenne MS du maïs date 1 (%)	Moyenne MS du maïs date 2 (%)	Moyenne MS du maïs date 3 (%)	Perte ou gain MS (%)
Haricots + carottes Hannut	35,9	32,7	32,1	-3,8
Radicelles + escourgeon Lathuy	34,5	36,2	35,4	0,9
Radicelles + plastique Lathuy	34,5	33,3	32,1	-2,4
Purée PDT Strée	28	28,1	26,3	-1,7
Plastique Strée	28	31,2	31,2	3,2
Escourgeon + pulpes Chastre	38,2	36,8	35,7	-2,5
Escourgeon Liberchies	38,8	25,4	/	-13,4
Froment + pulpes Eben-Emael	33,8	36,5	/	2,7
Escourgeon + pulpes Rosseignies	36,3	29,8	/	-6,5
Escourgeon + pulpes Perwez	32,4	30,1	/	-2,3

Tableau 22: Moyenne des MS dans les silos chez les agriculteurs.

	Date 1	Date 2	Date 3
Hannut	4 octobre 2019	16 décembre 2019	7 février 2020
Lathuy	10 octobre 2019	16 décembre 2019	21 février 2020
Strée	10 octobre 2019	16 décembre 2019	21 février 2020
Chastre	30 octobre 2019	7 février 2020	24 février 2020
Liberchies	17 octobre 2019	7 février 2020	/
Eben-Emael	19 octobre 2019	23 janvier 2020	/
Rosseignies	20 novembre 2019	7 février 2020	/
Perwez	21 novembre 2019	7 février 2020	/

Tableau 23: Date de prélèvement



Graphique 7: Evolution de la teneur en MS chez les agriculteurs.

On remarque que la couverture vivante d'escourgeon du silo de Lathuy exporte de l'eau durant les premiers mois, ce qui augmente la teneur en matière sèche du silo. Par contre, à Liberchies, il s'agit d'un très grand silo constitué de maïs provenant de divers champs avec des teneurs en MS différentes. L'escourgeon de couverture s'est moins bien développé sur ce silo (verdissement par tâches, voir photo ci-dessous) et les pluies y ont pénétré, ce qui contribue aussi à expliquer la chute des teneurs en matière sèche.



Figure 96: Verdissement par tâches dans le silo de Liberchies.

## 9.7 Valeurs alimentaires dans le silo de Corroy en 2019 et à la ferme de Lauzelle en 2020.

Différents points nous permettant de suivre l'évolution des valeurs alimentaires, ont également été analysés. Il s'agit de la teneur en amidon, de la digestibilité de la matière organique ainsi que l'énergie présente dans les différents silos. En 2018-2019, ces analyses ont été réalisées à 4 dates pour les silos situés à Corroy et 3 dates pour les silos chez les agriculteurs. Pendant l'hiver 2019-2020, des prélèvements ont été réalisés à 4 reprises dans le silo situé à la ferme de Lauzelle et à 3 reprises chez les agriculteurs.

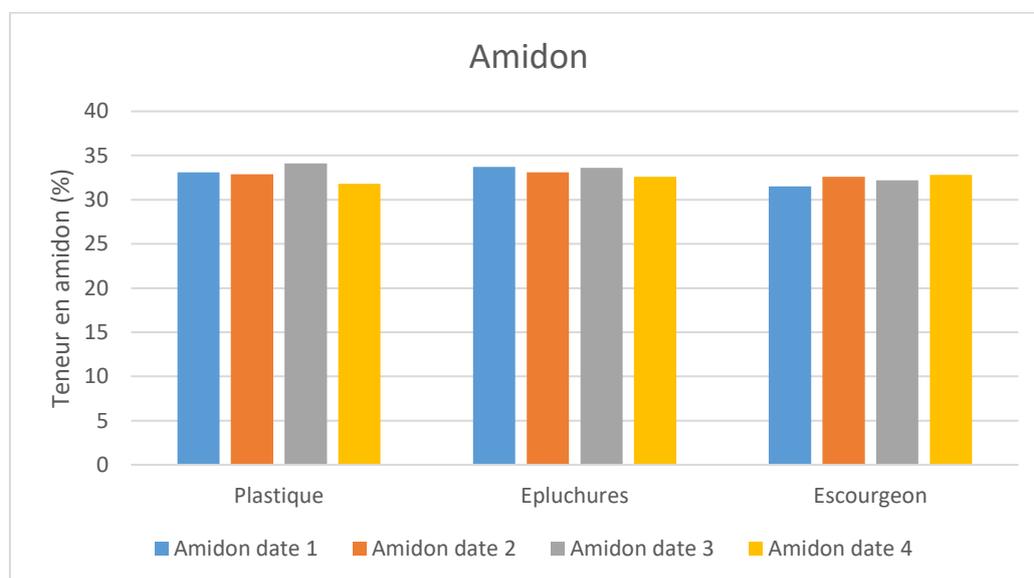
### 9.7.1 Teneur en amidon (en %)

- À Corroy :

Concernant les silos à Corroy, la teneur moyenne en amidon du silo avec épluchures est supérieure de 0,3 % par rapport au témoin avec plastique. Cette teneur est également supérieure de 1 % par rapport à celle du silo avec escourgeon. Dans ce cas-ci, la couverture du silo n'agit que faiblement sur la teneur en amidon de l'ensilage.

	Plastique	Epluchures	Escourgeon
Moyennes	33	33,3	32,3

Tableau 24: Teneurs moyennes en amidon silos Corroy.



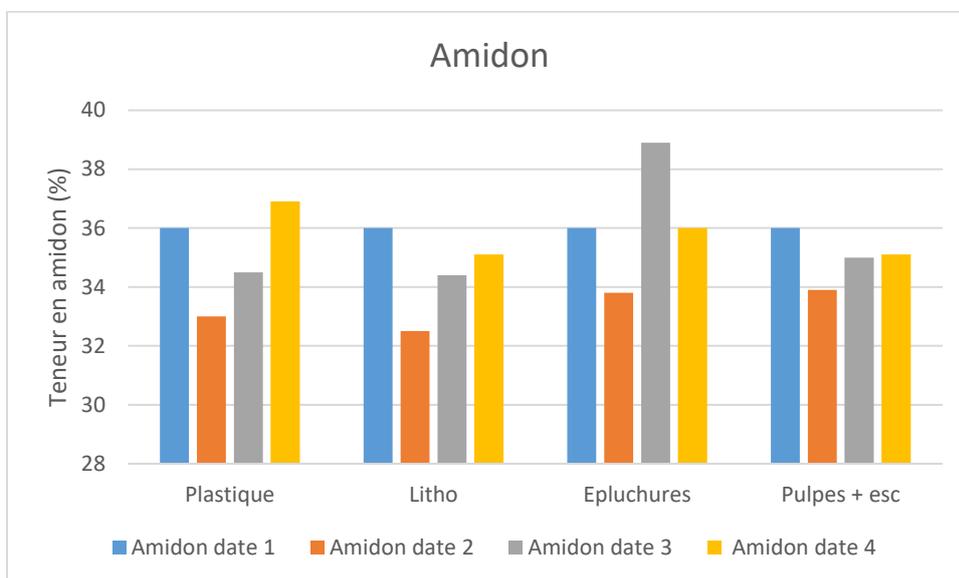
Graphique 8: Teneur en amidon dans les silos à Corroy.

- À la ferme de Lauzelle :

Dans les différents silos à Lauzelle, la teneur moyenne en amidon varie de 34,5% à 36,2%. Dans ce cas-ci, la couverture du silo n'agit que faiblement sur la teneur en amidon de l'ensilage de maïs. Le teneur en amidon un peu plus élevée dans le maïs sous épluchures de pommes de terre peut être due à de l'apport complémentaire de la couche de surface.

	Plastique	Lithothamne	Epluchures	Pulpes + esc
Moyennes	35,1	34,5	36,2	35,0

Tableau 25: Teneurs moyennes en amidon à Lauzelle.

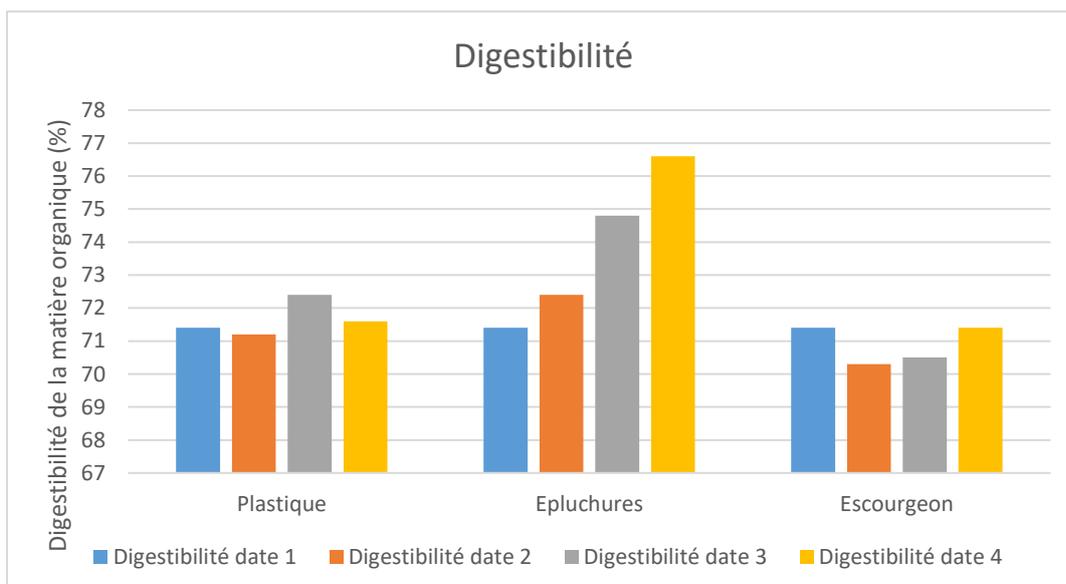


Graphique 9: Teneur en amidon à Lauzelle.

### 9.7.2 Digestibilité de la matière organique (en %)

#### - À Corroy :

Pour le silo témoin (plastique) et le silo couvert d'escourgeon, la digestibilité de la matière organique reste pratiquement inchangée au cours des 4 analyses. Par contre, concernant le silo couvert avec des épluchures de pommes de terre, on peut observer une augmentation de plus de 5%.



Graphique 10: Digestibilité de la MO dans les silos à Corroy.

	Plastique	Epluchures	Escourgeon
Moyennes	71,7	73,8	70,9

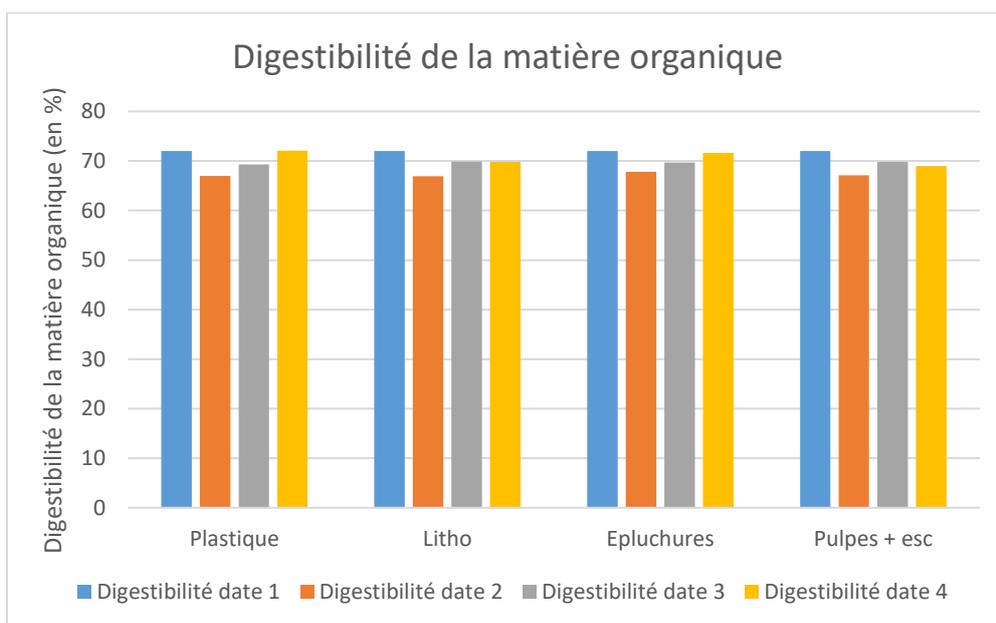
Tableau 26: Moyennes digestibilité dans silos à Corroy.

- A la ferme de Lauzelle :

Dans les 4 silos suivants, la digestibilité de la matière organique est restée pratiquement la même au cours des différentes dates d'analyse. Les différences ne sont pas significatives.

	Plastique	Lithothamne	Epluchures	Pulpes + esc
Moyennes	70,1	69,7	70,3	69,5

Tableau 27: Digestibilité moyenne dans le silo à Lauzelle.



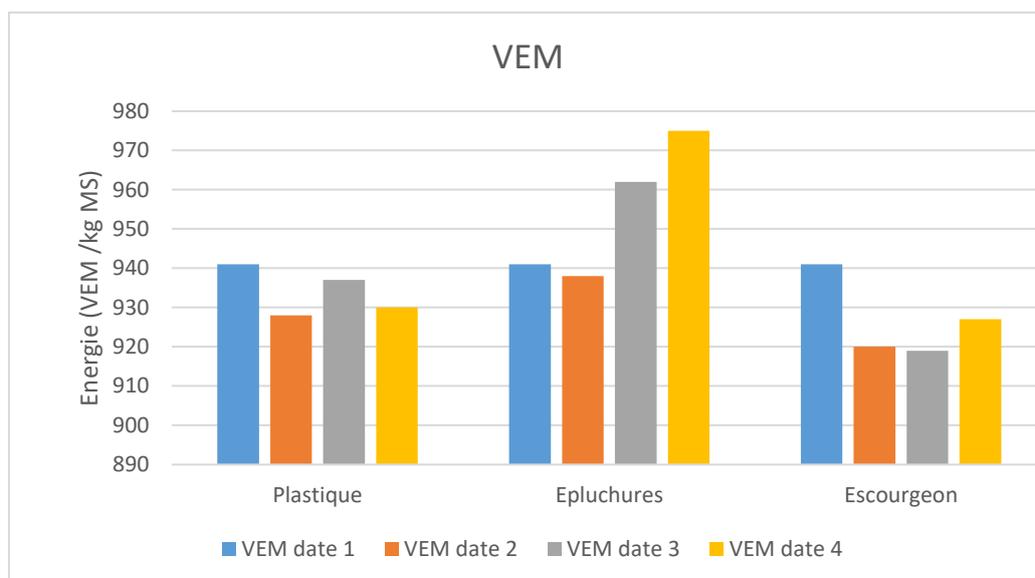
Graphique 11: Digestibilité de la MO dans le silo à Lauzelle.

### 9.7.3 Energie (en VEM/kg de MS)

- À Corroy :

En moyenne, on retrouve la plus faible teneur en VEM dans le silo recouvert avec de l'escourgeon (927 VEM/kg de MS).

Dans le silo avec épluchures, on remarque une augmentation de 34 VEM par kg de MS entre le début (maïs seul) et la fin de la prise des mesures (maïs + infiltration d'amidon de la purée).



Graphique 12: Energie dans les silos à Corroy.

	Plastiques	Epluchures	Escourgeon
<b>Moyennes</b>	<b>934</b>	<b>954</b>	<b>927</b>

Tableau 28: Teneurs moyennes en VEM à Corroy à 4 dates. (Le 6 septembre, le 20 septembre, le 24 octobre et le 14 janvier)

- À la ferme de Lauzelle :

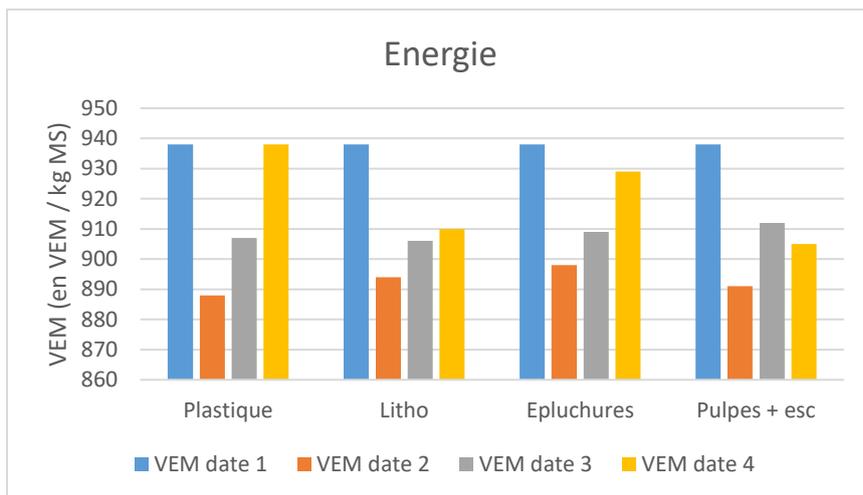
En moyenne, on retrouve la plus faible teneur en VEM dans le silo recouvert avec le lithothamne ainsi que celui recouvert avec les pulpes de betteraves (912 VEM/kg de MS).

Mise à part dans la partie du silo recouverte par le plastique, on remarque une diminution des VEM dans tout le silo entre le premier et le dernier prélèvement.

La diminution des VEM est de 28 VEM par kg de MS dans le silo recouvert par le lithothamne, de 9 VEM par kg de MS dans le silo recouvert avec les épluchures et de 33 VEM par kg de MS dans le silo recouvert avec les pulpes de betteraves et l'escourgeon.

	Plastique	Lithothamne	Epluchures	Pulpes + esc
<b>Moyennes</b>	<b>918</b>	<b>912</b>	<b>919</b>	<b>912</b>

Tableau 29: Energie moyenne à Lauzelle.



Graphique 13: Energie dans le silo à Lauzelle.

## 10 Test d'appétence réalisé pendant l'hiver 2018-2019

Un test d'appétence a été réalisé au Centre A. de Marbaix. Chaque début de semaine, le CIPF mettait à disposition de 4 génisses un mini silo d'ensilage. Ce test nous permet de voir si la couverture du silo a une influence sur l'appétence de l'ensilage.

Test appétence mini silos				
Couvertures	Date Début	Date Fin	Nbre de jours	Reste (kg)
Pulpes + esc	13-févr	17-févr	4	80
Epluchures	19-févr	23-févr	4	0
Plastique 2 <sup>e</sup> date	25-févr	27-févr	2	75
Escourgeon	04-mars	06-mars	2	124
Plastique 1 <sup>e</sup> date	12-mars	14-mars	2	100



Figure 97: Test d'appétence.

## 11 Analyse de la qualité

Pour pouvoir déterminer la qualité d'un ensilage, le premier paramètre à définir est le pH (l'acidité).

Au sein d'un silo, 3 types de production se présentent, la fermentation lactique (bonne) et la production d'acide acétique et butyrique (néfaste). Lors d'une analyse, ils sont dosés par distillation à l'aide de l'appareil de Lepper – Flieg. Le dosage de ces acides (points Flieg) est combiné avec le rapport azote ammoniacal sur azote total (état de dégradation des protéines). Plus ce rapport est bas, aux mieux l'ensilage est conservé.

Différents échantillons ont été analysés nous permettant ainsi d'en évaluer la réussite de conservation de l'ensilage.

Ces échantillons ont été analysés par le Centre Provincial de l'Agriculture et de la Ruralité (CPAR) de La Hulpe.

### 11.1 Qualité de la conservation dans le silo à Lauzelle

Couverture + date	pH (acidité)	Acide lactique (%)	Acide acétique (%)	Acide butyrique (%)	Rapport N-NH3 / Azote total	Points Flieg attribués sur 100	Niveau de conservation
Tout le silo 07/10/19	5,2	25	75	0	10	66	Bonne conservation
Plastique 19/11/19	4	73	27	0	4,1	98	Très bonne conservation
Litho 19/11/19	3,7	69	31	0	4,5	98	Très bonne conservation
Epluchures 19/11/19	3,7	72	28	0	4,1	98	Très bonne conservation
Pulpes 19/11/19	3,8	76	24	0	5,5	96	Très bonne conservation
Plastique 17/02/20	3,9	67	33	0	4,8	97	Très bonne conservation
Litho 17/02/20	3,7	63	37	0	3,6	95	Très bonne conservation
Epluchures 17/02/20	3,6	68	32	0	3,8	98	Très bonne conservation
Pulpes 17/02/20	3,8	69	31	0	5	95	Très bonne conservation

Plastique 22/07/20	4	64	36	0	5,9	92	Très bonne conservation
Litho 22/07/20	3,7	66	34	0	5,8	94	Très bonne conservation
Epluchures 22/07/20	3,7	69	31	0	5,8	95	Très bonne conservation
Pulpes 22/07/20	3,7	48	49	3	3,9	85	Très bonne conservation

Tableau 30 Evolution de la qualité de conservation dans le silo de Lauzelle.

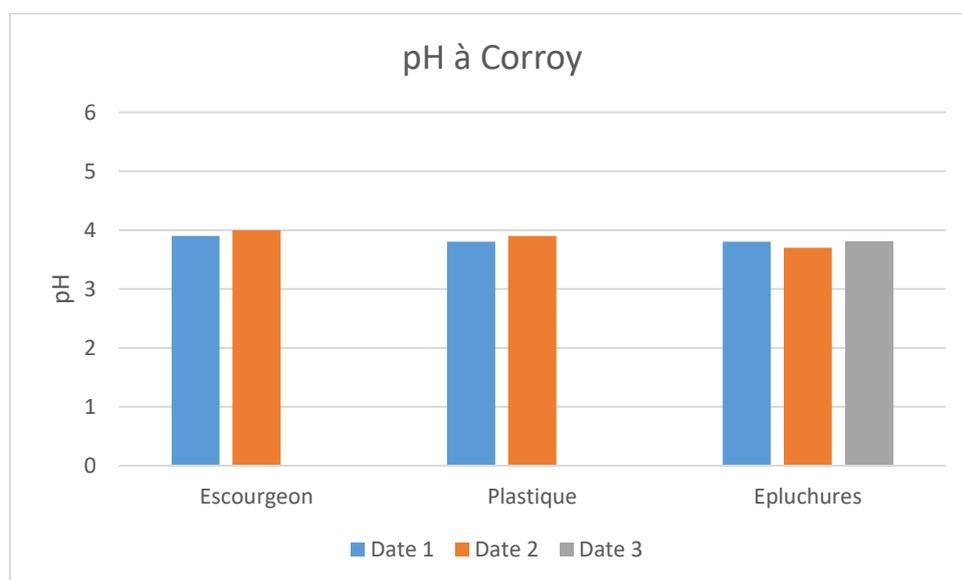
En regardant le tableau ci-dessus, on observe qu'au 07/10/19, la fermentation lactique démarre seulement. Par la suite, on peut remarquer que la conservation de l'ensilage de maïs dans les différents silos est toujours très bonne au cours des prélèvements.

On découvre seulement la présence d'acide butyrique (3%) dans le silo recouvert avec des pulpes et de l'escourgeon lors du prélèvement du 22 juillet 2020, ce qui constitue une date de consommation un peu tardive pour ce type de silo.

En se basant sur les points Flieg attribués, l'ensilage de maïs qui conserve le mieux est celui recouvert avec les épluchures de pommes de terre.

## 11.2 Evolution du pH

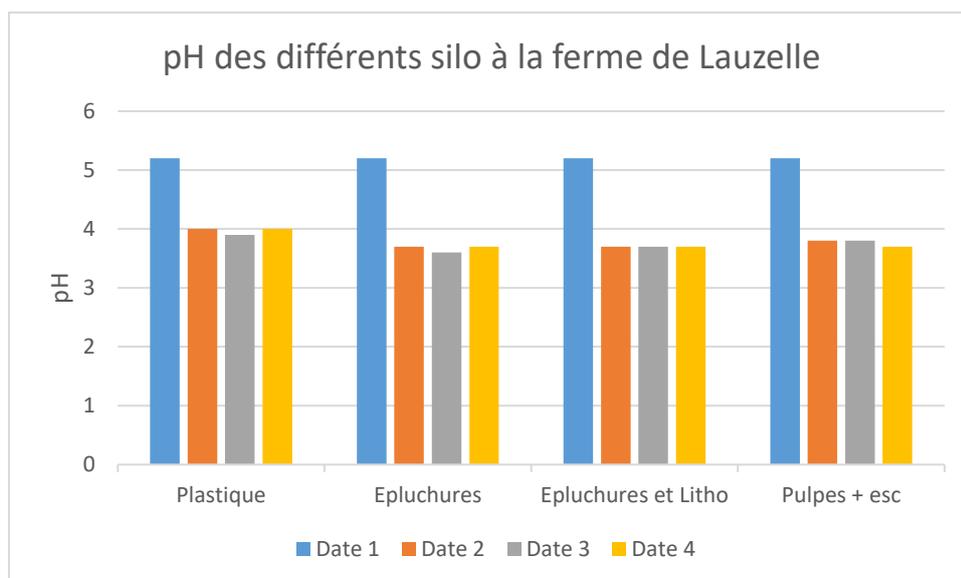
### 11.2.1 Evolution du pH à Corroy



Le graphique ci-dessus montre l'évolution du pH dans les 3 silos à Corroy en 2018-2019.

L'acidification de ces silos s'est correctement réalisée. Lors de tous les prélèvements, le pH était inférieur ou égal à 4 ce qui démontre que le silo est parfaitement stable.

### 11.2.2 Evolution du pH à la ferme de Lauzelle



Graphique 14: Evolution du pH dans le silo à Lauzelle.

Le graphique précédant montre le pH des différents silos à différentes dates.

Le 7 octobre, lors de l'ensilage, le pH du silo est de 5,2, ceci est normal car l'acidification du silo n'a pas encore eu lieu.

Lors des trois autres prélèvements, le pH de tous les silos est descendu en-dessous de 4. Cela signifie que la production d'acide lactique est suffisante et que le silo s'est correctement stabilisé.

## 12 Quantifications des pertes

Les pertes réelles d'un silo sont souvent difficiles à quantifier mais il existe des pertes visuelles (moisissures) mais aussi des pertes de valeurs.

Dans un silo, ces pertes peuvent provenir de plusieurs facteurs : récolte à une teneur en matière sèche trop faible (perte par les jus) ou trop élevée (tassement plus difficile, risques de moisissures), tassement insuffisant, mauvais recouvrement, vitesse d'avancement trop lente (surtout en été), mauvais désilage, apparition de nuisibles (rongeurs, corvidés, ...)

Certaines pertes de valeurs sont incompressibles. En effet, la perte de matière sèche due à la respiration de l'ensilage et à la production de gaz lors de la fermentation est inévitable. Cette perte est de l'ordre de 3 à 5%.

Dans les silos que nous avons suivis, la hauteur de couche de surface enlevée (considérée comme non consommable) varie fortement. En effet, la couche enlevée change en fonction de l'appréciation de l'agriculteur et de ce qu'il juge être bon ou mauvais pour son bétail. Certains agriculteurs distribuent entièrement leur silo à l'aide d'une mélangeuse et n'ont aucune perte d'ensilage. D'autres préfèrent enlever une couche de quelques centimètres.



Figure 98: Silo ouvert à Strée.

Strée : silo recouvert de purée de pommes de terre, l'intégralité du silo est distribuée. Utilisation d'une mélangeuse. Perte estimée : proche de 0 %.



Figure 99: Silo ouvert à Rosseignies.

Rosseignies : silo couvert d'une importante couche de pulpes et d'escourgeon, l'intégralité du silo est distribuée. Perte estimée : proche de 0%.



Figure 100: Silo ouvert à Eben-Emael.

Eben-Emael : silo recouvert de pulpes de betteraves et de froment. La totalité du silo est distribuée. Utilisation d'une mélangeuse. Perte estimée : proche de 0%.



Figure 101: Début du silo à Perwez.

Perwez : silo recouvert de pulpes de betteraves et d'escourgeon. L'agriculteur enlève l'escourgeon et une couche de pulpes (10-15 cm) afin d'éviter la présence de spores butyriques dans le lait de ses vaches.

Dimension du silo :  $25 \times 6 \times 3,5 = \sim 525 \text{ m}^3$   
 Pertes estimées :  $25 \times 6 \times 0,15 = \sim 22,5 \text{ m}^3$   
 soit environ 4,2 % du silo initial.



Figure 102: Vue de la couche supérieure du silo à Hannut.

Hannut : silo recouvert de légumes déclassés. L'agriculteur enlève une couche de 5 cm afin de distribuer l'ensilage au bétail.

Dimensions du silo :  $35 \times 8 \times 3 = \sim 840 \text{ m}^3$   
 Pertes estimées :  $35 \times 8 \times 0,05 = \sim 14 \text{ m}^3$   
 soit environ 1,6 % du silo de départ.



Figure 103: Vue du front du silo à la ferme de Lauzelle.

Louvain-la-Neuve :

Dimensions du silo :  $5 \times 5 \times 2 = \sim 50 \text{ m}^3$

- Dans la partie recouverte avec des pulpes et de l'escourgeon, nous avons retiré une couche de 20 à 25 cm, jugée impropre à la consommation du bétail.

Pertes estimées :  $5 \times 5 \times 0,25 = \sim 6,25 \text{ m}^3$   
 soit environ 12,5 % du silo de départ.

- Dans les parties recouvertes avec les épiluchures et le lithothamne, nous avons retiré une couche de 15 cm.

Pertes estimées :  $5 \times 5 \times 0,15 = \sim 3,75 \text{ m}^3$   
 soit environ 7,5 % du silo de départ.

- Dans la partie témoin, sous le plastique, quelques taches sont visibles là où nous avons perforé le plastique pour les prélèvements. Nous n'avons donc pas pris ces pertes en compte.

Notons aussi que dans la partie du silo recouvert par les pulpes, la couche retirée n'est pas de l'ensilage de maïs à l'inverse des deux autres parties du silo. Contrairement aux autres

silos qui ont été consommés de 1 à 7 mois après leur confection, le silo de Louvain-la-Neuve est resté en place jusqu'à 11 mois après sa réalisation.

## 13 Coûts

Pour un silo de 150 m<sup>2</sup> (25\*6) avec une couverture de 50 cm.

<b>Plastique</b>	Film d'ensilage 115µm + sous film à vide 40µm = 81€
<b>Epluchures de PDT</b> (VEM 1040 ; VEVI 1130 ; DVE 107 ; OEB -10)	Prix pour une tonne :22,5€/t. Couche : 50 cm 0,5 x 150 x 22,5 = 1687,5 €
<b>Purée de PDT</b> (VEM 1112 ; VEVI 1225 ; DVE 73 ; OEB -14)	Prix pour une tonne : 37 €/t. Couche : 50 cm 0,5 x 150 x 37 =2775 €
<b>Radicelles</b> (VEM 821 ; VEVI 852 ; DVE 8 ; OEB -4)	Prix pour une tonne : 3,5 €/t. Couche : 50 cm 0,5 x 150 x 3,5 = 262,5 €
<b>Pulpes et escourgeon</b> (VEM 1040 ; VEVI 1114 ; DVE 101 ; OEB -68)	Pulpes : 20 €/t Couche : 50 cm 0,5 x 150 x 20= 1500€ Escourgeon : Prix au 01-01-20 : 153€/t. Densité : 2 kg par m <sup>2</sup> 2 x 150 = 300 kg. 153 x 0,3 = 45,9€ Total: 45,9 + 1500 =1545,9€
<b>Haricots – carottes</b>	Prix pour une tonne : 6 €/t. Couche : 50 cm 0,5 x 150 x 6 = 450 €

Tableau 31: Liste des coûts.

Les coûts liés à la mise en place d'un silo ne sont pas fixes. En effet, ils peuvent varier selon l'épaisseur souhaitée de la couche végétale.

Le coût du film plastique est le moins conséquent mais il peut varier fortement selon l'épaisseur du plastique.

Certes, le coût des couvertures végétales paraît être relativement élevé, mais le gain de main d'œuvre et le gain de temps lors de la mise en place et du désilage par rapport à un silo bâché doivent être pris en compte également.

Les sous-produits apportent également un supplément alimentaire au maïs fourrage.

A noter que du plastique est encore nécessaire pour la protection des murs du silo.

## 14 Avantages et inconvénients des différentes couvertures testées

	<b>Avantages</b>	<b>Inconvénients</b>
Plastique et pneus	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Si c'est bien réalisé, il y a peu de perte</li> <li>- Coût</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- L'aspect environnemental</li> <li>- Déchets pas ou peu recyclables</li> <li>- Pénibilité de la mise en place</li> <li>- Présence de corps étrangers dans le fourrage</li> <li>- Besoin de personnel lors de la mise en place</li> </ul>
Epluchures de PDT	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Disponibilité</li> <li>- Pas de déchet lors du désilage</li> <li>- Facilité de mise en place</li> <li>- 1 personne suffit pour la mise en place</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Produit liquide</li> <li>- Difficile à mettre en place dans les pentes des silos</li> </ul>
Purée de PDT	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pas de déchet lors du désilage</li> <li>- Facilité de mise en place</li> <li>- 1 personne suffit pour la mise en place</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Coût</li> </ul>
Pulpes et escourgeon	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Intégration paysagère</li> <li>- Escourgeon provient souvent de l'exploitation</li> <li>- Pas de déchets lors du désilage</li> <li>- Facilité de mise en place</li> <li>- 1 personne suffit pour la mise en place</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pas toujours disponible lors de la confection des silos</li> <li>- Apprécié par certains nuisibles</li> </ul>
Radicelles	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Coût</li> <li>- Facilité de mise en place</li> <li>- Déchets limités lors du désilage</li> <li>- Pas de déchets lors du désilage</li> <li>- 1 personne suffit pour la mise en place</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pas toujours disponible lors de la confection des silos</li> </ul>
Déchets de conserverie, légumes déclassés	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Coût</li> <li>- Facilité de mise en place</li> <li>- Pas de déchets lors du désilage.</li> <li>- 1 personne suffit pour la mise en place</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Disponibilité</li> </ul>

Tableau 32: Avantages et inconvénients des différentes couvertures de silo.

## 15 Matériel utilisé

### 15.1 Matériel utilisé pour le prélèvement d'échantillons



Figure 104: Sondes pour échantillonnage.

Pour nous permettre de prélever des échantillons dans les différents silos, le CIPF a fait fabriquer deux sondes en aluminium. Une de 1,30 m et une de 2 m. Ces sondes sont à attacher à une tarière thermique afin de faciliter le carottage.



Figure 105: Carottage dans le silo d'escourgeon.

Carottage dans le silo d'escourgeon à l'aide de la tarière.

## 15.2 Matériel utilisé pour les prises de températures



Figure 106: Boitier de lecture des températures.

Ce boitier permet la lecture de températures comprises entre  $-10^{\circ}$  et  $+85^{\circ}\text{C}$ . Il permet de lire les températures de 4 sondes différentes.



Figure 107: Sonde semi-mobile.

Sonde semi-mobile placée dans le silo à une profondeur d'1m. Elle est reliée aux deux autres sondes installées dans les silos attenants.



*Figure 108: Sonde mobile.*

Sonde mobile  
utilisée pour la  
lecture des  
températures dans  
les mini silos et les  
silos des  
agriculteurs.

## 16 Conclusion

La réduction de la pénibilité est probablement l'argument principal de telles pratiques. L'intégration paysagère et l'absence de déchets non recyclables sont également des arguments importants à l'heure actuelle. Les coûts de récupération des bâches plastiques usagées sont le plus souvent à charge de l'agriculteur et le montant demandé par les intercommunales n'a fait que croître au cours des dernières années, ce qui incite certains agriculteurs à rechercher d'autres solutions.

Les couvertures végétales sont plus adaptées à des silos de courte durée destinés à être consommés pendant l'hiver. En été, certaines couvertures auront tendance à sécher et à se crevasser, d'autres à mourir et du coup à laisser apparaître l'ensilage de maïs.

Cette technique est plutôt conseillée pour des silos couloirs d'une hauteur importante afin de limiter les pertes. Les couvertures végétales trop liquides sont plus difficiles à mettre en place, surtout dans les pentes des silos.

Les conditions de récolte et le tassement du silo doivent être particulièrement soignés.

Ce projet a permis d'identifier les moisissures rencontrées dans les parties les moins bien conservées du fourrage. Si des infiltrations d'eau trop importantes (bord mal tassé contre les murs par ex.) engendrent des pourritures, moisissures, l'agriculteur écartera généralement cette partie. Des dosages de mycotoxines ont été réalisés sur certaines parties des silos présentant des moisissures. Les valeurs fournies restent inférieures aux normes.

Les données de conservation fournies par le laboratoire provincial de La Hulpe indiquent une très bonne conservation pour les échantillons analysés. Certaines couvertures telles que les pulpes de betteraves, lithothamne constituent également un apport de calcium utile.

Ce projet a donc permis d'assurer un suivi d'agriculteurs pionniers dans leur technique de conservation de leurs ensilages de maïs fourrage et de leur apporter des informations sur la qualité de la conservation.

Les données produites par le projet SilCoGreen permettent d'assurer un début de communication vers d'autres agriculteurs. Toutefois, si l'on souhaite voir se développer ces techniques à plus large échelle, il est indispensable de poursuivre cet encadrement et de tester d'autres techniques de couvertures de ses silos afin d'offrir différentes options. En effet, les dates de réalisation des silos de maïs ne sont pas toujours en phase avec la disponibilité des pulpes surpressées ou des légumes déclassés.

La mise au point d'une couverture comestible qui durcirait et réduirait par ruissellement l'infiltration d'eau serait également une option digne d'intérêt.

L'utilisation du lithothamne est une première option mais d'autres semblent envisageables.

Les agriculteurs suivis dans ce projet n'ont constaté aucune incidence négative sur leur troupeau.



## Liste des figures :

Figure 1: Silo couvert par du plastique et des pneus.	7
Figure 2: Silo recouvert par de l'escourgeon.	7
Figure 3: Projection d'épluchures sur un silo.	8
Figure 4: Silo de maïs avec pulpes de betteraves.	9
Figure 5: Silo recouvert par du lithothamne.	10
Figure 6: Lithothamne séchée (Crédit: Vital-Concept)	10
Figure 7: Schéma du silo au Centre A. de Marbaix.	11
Figure 8: Confection du silo au Centre de Marbaix.	11
Figure 9: Semis d'escourgeon sur silo.	12
Figure 10: Projection d'épluchures sur le silo.	12
Figure 11: Vue d'ensemble du silo au Centre de Marbaix.	13
Figure 12: Réalisation des mini silos le 7 septembre 2018.	13
Figure 13: Pesée d'un mini silo début 2019.	14
Figure 14: Vue d'ensemble des mini silos.	14
Figure 15: Schéma du silo de Lauzelle.	15
Figure 16: Vue d'ensemble du silo à la ferme de Lauzelle.	16
Figure 17: Digue servant de cloison entre deux couches de surfaces.	16
Figure 18: Localisation des agriculteurs en Wallonie.	17
Figure 19: Epluchures le 7 septembre 2018.	23
Figure 20: Amas de couleur orangé sur le silo le 27 novembre 2018.	23
Figure 21 : Poudre verte et mycélium blanc.	24
Figure 22: Conidies de <i>Fusarium</i> spp.	24
Figure 23: Conidiophore de <i>Penicillium</i> spp.	24
Figure 24: Chaines de conidies, <i>Byssochlamys</i> spp.	24
Figure 25: Coupe verticale du silo avec épluchures de pommes de terre.	25
Figure 26: Silo avec épluchures au début du mois de février.	25
Figure 27: Vue rapprochée du silo d'escourgeon le 7 septembre 2018.	26
Figure 28: Escourgeon au mois de novembre 2018.	26
Figure 29: Etat de l'escourgeon le 18 janvier 2019.	27
Figure 30: Champignon présent sur le silo avec escourgeon.	27
Figure 31: Asques contenant des ascospores de <i>Peziza communis</i> .	27
Figure 32: Silos à Corroy avec bâches et pneus.	28
Figure 33: Silos bâchés à Corroy.	28
Figure 34: Silo recouvert de pulpes à Lauzelle	29
Figure 35: Silo recouvert de pulpes et d'escourgeon à Lauzelle début janvier.	29
Figure 36: Silo recouvert de pulpes à Lauzelle, le 22 juillet 2020.	29
Figure 37: Vue du silo couvert d'épluchures de pommes de terre à Lauzelle.	30
Figure 38: Silo couvert d'épluchures de pommes de terre, début janvier 2020.	30
Figure 39: Silo d'épluchures de pommes de terre, le 22 juillet 2020.	30
Figure 40: Silo recouvert de lithothamne lors de sa mise en place.	31
Figure 41: Silo recouvert de lithothamne pendant le mois de janvier 2020.	31
Figure 42: Silo recouvert de lithothamne pendant le mois de juillet 2020.	32
Figure 43: Mini silo d'épluchures au départ et après 15-20 jours.	32
Figure 44: Mini silo d'épluchures à +/- 2 mois.	33
Figure 45: Mycélium de <i>Rhizoctonia</i> spp.	33
Figure 46: Structures fongiques de <i>Cladosporium</i> spp.	33
Figure 47: Spores ressemblants à <i>Byssochlamys</i> spp.	33
Figure 48: Mini silo avec épluchures lors de son ouverture, en janvier.	34
Figure 49: Conidies de <i>Fusarium</i> spp.	34

Figure 50: Mini silo avec escourgeon sur l'ensilage lors de la mise en place.	34
Figure 51: Germe d'escourgeon après 3 jours.	34
Figure 52: Escourgeon recouvrant entièrement l'ensilage.	35
Figure 53: Couches distinctes dans mini silo avec escourgeon lors de son ouverture.	35
Figure 54: Acariens visibles sur le sachet plastique contenant l'échantillon.	36
Figure 55: Sporangies (boules noires) et sporangiophores de zygomycètes sur milieu PDA.	36
Figure 56: Mini silo de pulpes.	37
Figure 57: Mini silo de pulpes après 8 jours.	37
Figure 58: Mini silo avec pulpes après 15 jours.	38
Figure 59: Mini silo avec pulpes, divisé en couche.	38
Figure 60: Poudre grise correspondant à l' <i>Aspergillus</i> spp.	39
Figure 61: Mini silo plastique à la mise en place.	39
Figure 62: Mini silo avec plastique lors de son ouverture.	40
Figure 63: Moisissures dans le mini silo plastique.	40
Figure 64: Points blancs et couleur rougeâtre de l'échantillon.	41
Figure 65: Conidies et conidiophores de <i>Penicillium</i> spp.	41
Figure 66: Ascospores (groupés par 8) de <i>Byssochlamys</i> spp.	41
Figure 67: Cléistothèce de <i>Monascus</i> spp.	41
Figure 68: Ecoulement des jus d'un mini silo.	42
Figure 69: Epluchures de pommes de terre à Baisy-Thy.	43
Figure 70: Silo avec épluchures à Baisy-Thy le 20 novembre.	43
Figure 71: Echantillons d'ensilage de maïs prélevés à Baisy-Thy.	44
Figure 72: <i>Rhizopus</i> spp.	44
Figure 73: Ascospores de <i>Byssochlamys</i> spp groupés par 8.	44
Figure 74: En bleu, <i>Mucor</i> spp./ en orange, <i>Geotrichum</i> spp. / en brun, <i>Penicillium</i> spp. / en vert, <i>Trichothecium</i> spp.	45
Figure 75: Silo avec escourgeon à Liberchies le 19/10/2018.	46
Figure 76: Silo avec escourgeon à Liberchies le 20/11/2018.	46
Figure 77: Conidiophores et conidies d' <i>Aspergillus</i> spp.	47
Figure 78: Silo avec pulpes à Chièvres.	47
Figure 79: Silo avec pulpes à Chièvres.	48
Figure 80: Tache sombre dans le silo à Chièvres.	48
Figure 81: Mycélium de <i>Geotrichum</i> spp. (40X)	49
Figure 82: Mycélium de <i>Geotrichum</i> spp. (200X)	49
Figure 83: <i>Verticillium</i> spp.	49
Figure 84: <i>Olpidium</i> spp.	49
Figure 85: <i>Trichothecium roseum</i> .	50
Figure 86: Silo couvert de radicelles de betteraves à Hannut.	50
Figure 87: Silo couvert de radicelles le 6/03/2019.	51
Figure 88: <i>Fusarium</i> spp.	51
Figure 89: <i>Trichoderma</i> spp.	51
Figure 90: <i>Geotrichum</i> spp.	52
Figure 91: Sac de spores d'un zygomycète.	52
Figure 92: <i>Alternaria</i> spp.	52
Figure 93: <i>Trichothecium roseum</i> .	52
Figure 94: Purée de pommes de terre au début.	53
Figure 95: Purée de pommes de terre en novembre.	53
Figure 96: Verdissement par taches dans le silo de Liberchies.	63
Figure 97: Test d'appétence.	68
Figure 98: Silo ouvert à Strée.	72
Figure 99: Silo ouvert à Rosseignies.	72
Figure 100: Silo ouvert à Eben-Emael.	72
Figure 101: Début du silo à Perwez.	73

Figure 102: Vue de la couche supérieure du silo à Hannut.	73
Figure 103: Vue du front du silo à la ferme de Lauzelle.	73
Figure 104: Sondes pour échantillonnage.	76
Figure 105: Carottage dans le silo d'escourgeon.	76
Figure 106: Boitier de lecture des températures.	77
Figure 107: Sonde semi-mobile.	77
Figure 108: Sonde mobile.	78

## Liste des tableaux :

Tableau 1: Composition chimique moyenne des épluchures de pommes de terre. (Crédit : CRA-W)	8
Tableau 2: Valeurs nutritives des épluchures. (Crédit: CRA-W)	8
Tableau 3: Valeurs nutritives des pulpes de betteraves.	9
Tableau 4: Liste des agriculteurs	17
Tableau 5: Composition chimique de la purée de pommes de terre. (Crédit : CRA-W).	18
Tableau 6: Valeurs nutritives de la purée de pommes de terre. (Crédit : CRA-W)	18
Tableau 7: Composition chimiques des radicles de betteraves. (Crédit : Subel)	19
Tableau 8: Valeurs nutritives des pulpes de betteraves.	19
Tableau 9: Composition chimique de l'escourgeon.	19
Tableau 10: Valeurs nutritives de la purée de carottes. (Crédit : Fourrage De Rese)	20
Tableau 11: Composition chimique des haricots verts	20
Tableau 12: T° moyennes à 1m.	21
Tableau 13: Moyennes des températures dans le silo à Lauzelle.	22
Tableau 14: Tableau des pertes par écoulement des mini silos.	42
Tableau 15: Liste des principales moisissures isolées et description des risques de toxicité associés.	54
Tableau 16: Moisissures moins étudiées et description des risques de toxicité associés.	55
Tableau 17: Moisissures détectées dans les silos au cours du projet.	56
Tableau 18: MS moyenne dans les silos à Corroy.	58
Tableau 19: Moyennes et gain de MS dans le silo de Lauzelle.	59
Tableau 20: MS moyenne dans les mini silos	59
Tableau 21: MS moyenne dans les silos chez les agriculteurs.	61
Tableau 22: Moyenne des MS dans les silos chez les agriculteurs.	62
Tableau 23: Date de prélèvement	62
Tableau 24: Teneurs moyennes en amidon silos Corroy.	64
Tableau 25: Teneurs moyennes en amidon à Lauzelle.	65
Tableau 26: Moyennes digestibilité dans silos à Corroy.	66
Tableau 27: Digestibilité moyenne dans le silo à Lauzelle.	66
Tableau 28: Teneurs moyennes en VEM à Corroy à 4 dates. (Le 6 septembre, le 20 septembre, le 24 octobre et le 14 janvier)	67
Tableau 29: Energie moyenne à Lauzelle.	67
Tableau 30 Evolution de la qualité de conservation dans le silo de Lauzelle.	70
Tableau 31: Liste des coûts.	74
Tableau 32: Avantages et inconvénients des différentes couvertures de silo.	75

## Liste des graphiques :

Graphique 1: Evolution des températures à 1m silos à Corroy.	21
Graphique 2: Evolution des t° dans le silo à Lauzelle.	22
Graphique 3: Evolution de la MS dans les silos à Corroy.	58
Graphique 4: Moyennes de MS dans le silo de Lauzelle.	59

<i>Graphique 5: Evolution de la MS dans les mini silos. ....</i>	<i>60</i>
<i>Graphique 6: Evolution de la MS dans les silos chez les agriculteurs. ....</i>	<i>61</i>
<i>Graphique 7: Evolution de la teneur en MS chez les agriculteurs. ....</i>	<i>63</i>
<i>Graphique 8: Teneur en amidon dans les silos à Corroy. ....</i>	<i>64</i>
<i>Graphique 9: Teneur en amidon à Lauzelle. ....</i>	<i>65</i>
<i>Graphique 10: Digestibilité de la MO dans les silos à Corroy. ....</i>	<i>65</i>
<i>Graphique 11: Digestibilité de la MO dans le silo à Lauzelle. ....</i>	<i>66</i>
<i>Graphique 12: Energie dans les silos à Corroy. ....</i>	<i>67</i>
<i>Graphique 13: Energie dans le silo à Lauzelle. ....</i>	<i>68</i>
<i>Graphique 14: Evolution du pH dans le silo à Lauzelle. ....</i>	<i>71</i>