



Note explicative sur les silos trouvés au printemps 2018

Les campagnols terrestres stockent dans des chambres souterraines des quantités significatives de réserves, jusqu'à 30 espèces différentes de plantes ont été trouvées dans ces chambres (Airoidi, 1976). Il n'existe pas dans la littérature de description précise des fragments de végétaux stockés. Le but de cette note est d'apporter des informations sur les espèces stockées, leurs caractéristiques, la morphologie des fragments stockés et ainsi, mieux connaître le comportement d'approvisionnement du campagnol terrestre. Nous appellerons les chambres de réserves : des silos, en effet, les ressources ne sont pas stockées dans une chambre vide mais bien remplie de terre (facilitant probablement la conservation des racines à plus long terme, cf. photo 1).

Dans ces silos, on trouve majoritairement des racines : de pissenlit, de trèfle, de luzerne (Kopp 1988) et de *Crocus albiflorus* en montagne lorsque l'espèce est disponible (Airoidi, 1976). Les stocks de racines dans les silos sont créés durant l'automne pour être utilisés en hiver (Potapov et al. 2004).

Lors de nos séances d'échantillonnage, 6 silos, de différents volumes et masses, ont été trouvés de manière fortuite. Chacun d'entre eux a été prélevé. Après 2 à 3 jours de conservation en chambre froide, les fragments ont été pesés avec une balance de précision au centième de gramme, la longueur et le diamètre maximal étaient mesurés avec une précision au millimètre (Cf. Tableau 1).



Photo 1 : Excavation d'un silo.
De grosses racines de pissenlit sont
stockées (mars 2018)

SILO	MASSE	NOMBRE DE FRAGMENTS
1	1380,7 g	664
2	157,2 g	38
3	720,5 g	504
4	362,6 g	188
5	132,2 g	61
6	313,4 g	110

Tableau 1 : Masses et Nombre
de fragments de chaque silo

1) Inventaire des espèces stockées

Nous avons fait, dans un premier temps, l'inventaire des espèces de plantes dont les racines ont été stockées dans les silos et calculé leur proportion relative. Afin de savoir si les campagnols effectuent un choix dans le stockage des racines en fonction de la disponibilité de celles-ci dans la parcelle, nous avons comparé les espèces de racines disponibles dans les parcelles aux espèces stockées dans les silos. Les biomasses de racines disponibles dans les parcelles ont été mesurées après lavage de carottes de terre et séchage à l'étuve des racines issues de ces carottes.

- Les campagnols terrestres effectuent-ils un choix de stockage de racines de différentes espèces ? → Comparaison espèces stockées / espèces disponibles.

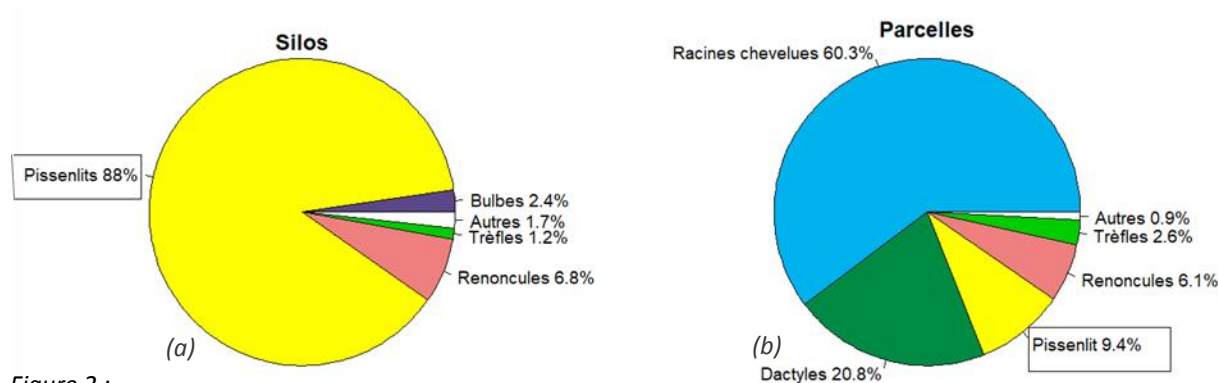


Figure 2 :

(a) Moyenne des biomasses des espèces présentes dans les 6 silos.

(b) Moyenne des biomasses des espèces présentes dans les 4 dernières parcelles où les silos ont été trouvés.

(Détails pour chaque parcelle et chaque silo en annexe 1)

On observe que les proportions de biomasse des racines qui sont disponibles dans une parcelle sont différentes de celles des silos.

Les campagnols terrestres stockent à 88% des pissenlits, viennent ensuite les racines de renoncles (6,8%), des bulbes (2,4%), les racines de trèfles (1,2%) et d'autres racines (1,7%). (Cf. figure 2). Les pissenlits représentent seulement 9,4% des espèces disponibles dans les parcelles échantillonnées. Un choix est certainement opéré par les campagnols. La différence observée entre stockage et disponibilité reflète probablement un comportement d'approvisionnement optimal. La dominance des racines de pissenlit dans les silos appuie cette supposition, en effet, elles font partie des plus grosses racines disponibles dans les prairies. L'état des racines de pissenlit prélevées (absence de moisissures, présence de repousses, cf. photo 2) laisse supposer que celles-ci peuvent se conserver longtemps dans les conditions présentes dans les silos.

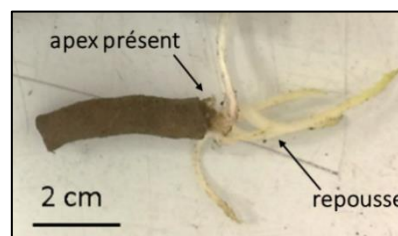


Photo 2 : Racine de pissenlit stockée dans un silo

Les campagnols terrestres discriminent également les petites racines chevelues des autres. En effet, celles-ci sont fines, ne possèdent donc pas de réserves et sont uniquement utilisées par la plante pour transporter les nutriments (Roumet et al. 2006).

2) Le pissenlit : *Taraxacum officinale*

Nous nous sommes intéressés à l'espèce végétale la plus représentée dans les silos : le pissenlit. Une étude morphologique de ces racines stockées a été entreprise.

- Comment les campagnols stockent-ils les racines de pissenlit ?

Nous disposons de 1377 fragments de racines de pissenlit stockés dans les 6 silos.

La longueur moyenne des racines de pissenlit stockées est de 5.4 cm pour un diamètre moyen de 0.8 cm. Les campagnols terrestres choisissent donc de grosses racines pour le stockage. Avec un modèle de mélange il a été observé deux distributions de longueurs de fragments stockés, significativement différentes (Cf. figure 3).

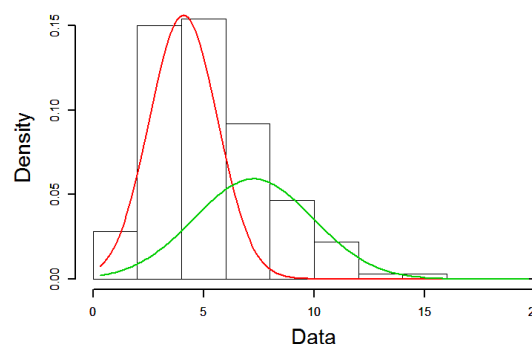


Figure 3: Distributions des longueurs des fragments de pissenlit

On observe une distribution de fragments dits « courts » de longueur moyenne : $4,4 \pm 1,5$ cm, ainsi qu'une distribution de fragments dits « longs » de longueur moyenne : $7,5 \pm 2,6$ cm. Les campagnols choisissent donc les racines selon un critère morphologique. Le diamètre d'une galerie fait environ 4,5 cm de diamètre ce qui pourrait correspondre aux fragments de la 1^{ère} distribution.

Il est possible qu'ils adaptent la taille des fragments transportés au diamètre de leurs galeries.

- Le diamètre

Le diamètre moyen des fragments de racines issus d'une distribution n'est pas différent du diamètre moyen des fragments de l'autre distribution (p -value = 0.07). En effet, les fragments courts ont un diamètre moyen de 0.84 cm, les fragments longs ont un diamètre moyen de 0.82 cm. **Cela pourrait indiquer que le campagnol ne décide pas de la longueur d'une racine à transporter selon son diamètre.**

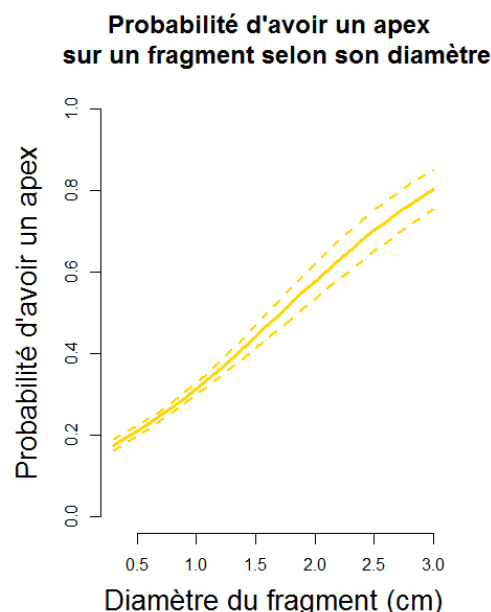
- L'apex

C'est l'extrémité d'une racine ou d'une tige (cf. photo 2). La présence ou non de l'apex sur les fragments permet de savoir dans quels cas le campagnol creuse jusqu'à la surface pour récupérer toute la racine, apex compris, et dans quels cas il coupe la racine disponible sans creuser vers la surface. On va par la suite se demander quels sont les paramètres qui incitent le campagnol à aller chercher l'apex de la racine en surface.

Un modèle linéaire généralisé montre que plus le diamètre d'une racine est élevé plus la probabilité d'avoir un apex est élevée (Cf. figure 4, $p\text{-value} = 5,05 \cdot 10^{-15}$, coefficient $\text{diamètre maximal} = 1.09 \pm 0.14$).

Lorsque le campagnol trouve une racine de grand diamètre il va souvent chercher l'apex en surface.

Figure 4: Probabilité d'avoir un apex sur un fragment de pissenlit stocké, en fonction de son diamètre



Ensuite, on teste si la longueur d'un fragment de racine a un impact sur la probabilité d'avoir un apex. On observe une relation quadratique : entre 2 cm et 9 cm de longueur, plus un fragment sera court plus la probabilité qu'il comporte un apex sera élevée ($p\text{-value} = 0,004$, coefficient $\text{longueur} = -0.24 \pm 0.08$).

A partir de 9 cm de longueur de fragment et plus, la probabilité d'avoir un apex augmente ($p\text{-value} = 0.04$, coefficient $1 (\text{longueur}^2) = 0.01 \pm 0.006$). (Cf. figure 5)

Lorsqu'un campagnol trouve une longue racine il y a de fortes chances qu'il aille chercher l'apex de celle-ci.

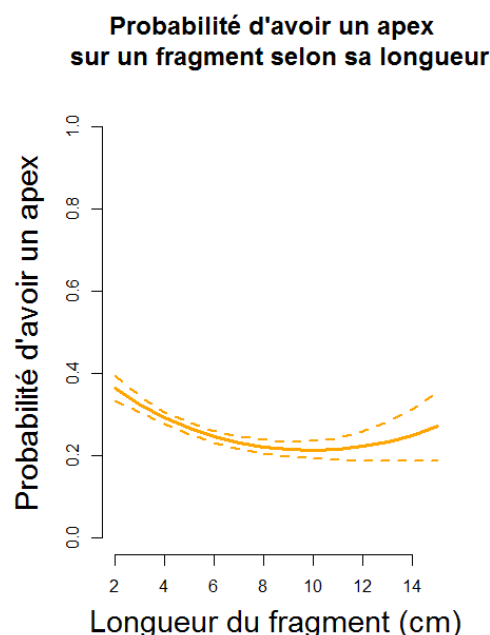


Figure 5 : Probabilité d'avoir un apex sur un fragment de pissenlit en fonction de sa longueur

Il peut être supposé que la différence entre les fragments de 2 à 9 cm et les fragments de plus de 9 cm est dû à leur diamètre et donc à la capacité qu'a le campagnol à les transporter.

En effet, un modèle linéaire généralisé montre qu'un fragment court présentant un diamètre élevé aura une probabilité élevée d'avoir un apex ($p\text{-value} = 7 \cdot 10^{-9}$, coefficient $\text{diamètre maximal} = 0.53 \pm 0.2$).

Le campagnol garde une racine entière avec l'apex lorsqu'elle est fine et longue c'est à dire lorsqu'il peut la transporter (9 cm ou plus). Si la racine présente un gros diamètre et qu'il va chercher l'apex, il la coupera (moins de 9 cm).

- Approvisionnement optimal

Un modèle linéaire généralisé testant la probabilité d'avoir un apex sur un fragment selon une relation entre le diamètre et la longueur du fragment a été testé. Il y a bien une interaction négative entre la longueur et le diamètre du fragment. Il existe donc un compromis entre ces deux paramètres. Lorsque le fragment de pissenlit est long et de diamètre élevé il y a une probabilité élevée d'avoir un apex sur celui-ci ($p\text{-value} = 0.01$, coefficient interaction diamètre-longueur = -0.14 ± 0.06). En revanche lorsque l'apex est présent sur le fragment et son diamètre est élevé, la longueur du fragment ne peut pas être prédite ($p\text{-value} = 0.47$).

Le campagnol va chercher l'apex le plus souvent possible, il choisit de couper la racine selon le volume de celle-ci.

Nous nous sommes intéressés ensuite à l'évolution de la longueur des fragments lorsque leur diamètre varie. Nous avons testé cette évolution pour les fragments avec apex et les fragments sans apex.

Les fragments sans apex présentent une longueur plus grande lorsque leur diamètre augmente ($p\text{-value} = 2,22.10^{-5}$, coefficient $\log(\text{diam.max}) = 0.7 \pm 0.16$).

Les fragments avec apex présentent une tendance non significative de diminution de la longueur avec celle du diamètre ($p\text{-value} = 0.34$, coefficient $\log(\text{diam.max}) = -0.24 \pm 0.25$). L'interaction entre le diamètre et la présence de l'apex est significative ($p\text{-value} = 0.002$, coefficient $\log(\text{diam.max}) : 1_{\text{apex}} = -0.94 \pm 0.3$). (Cf. figure 6)

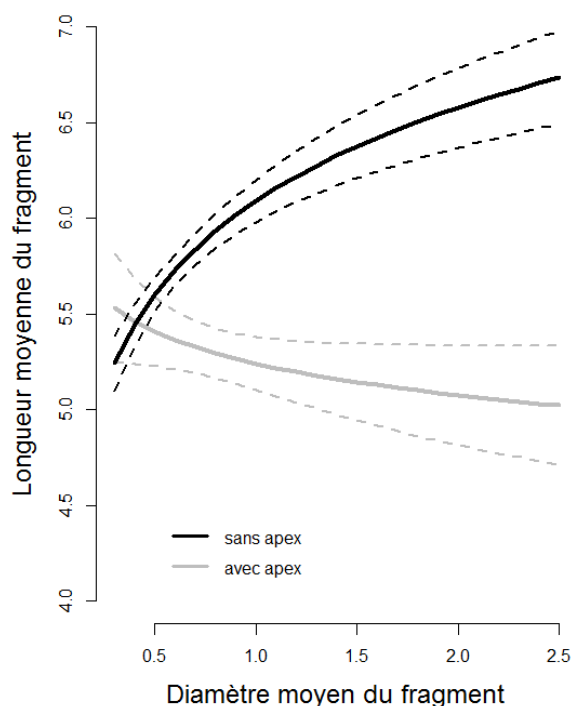


Figure 6 : Longueur moyenne des fragments avec apex (gris) et sans apex (noir), en fonction de leur diamètre

Le schéma suivant (figure 7), présente le comportement probable du campagnol dans sa recherche et son stockage de racines de pissenlit. Le tableau (figure 8), présente le récapitulatif de tous les tests précédemment effectués.

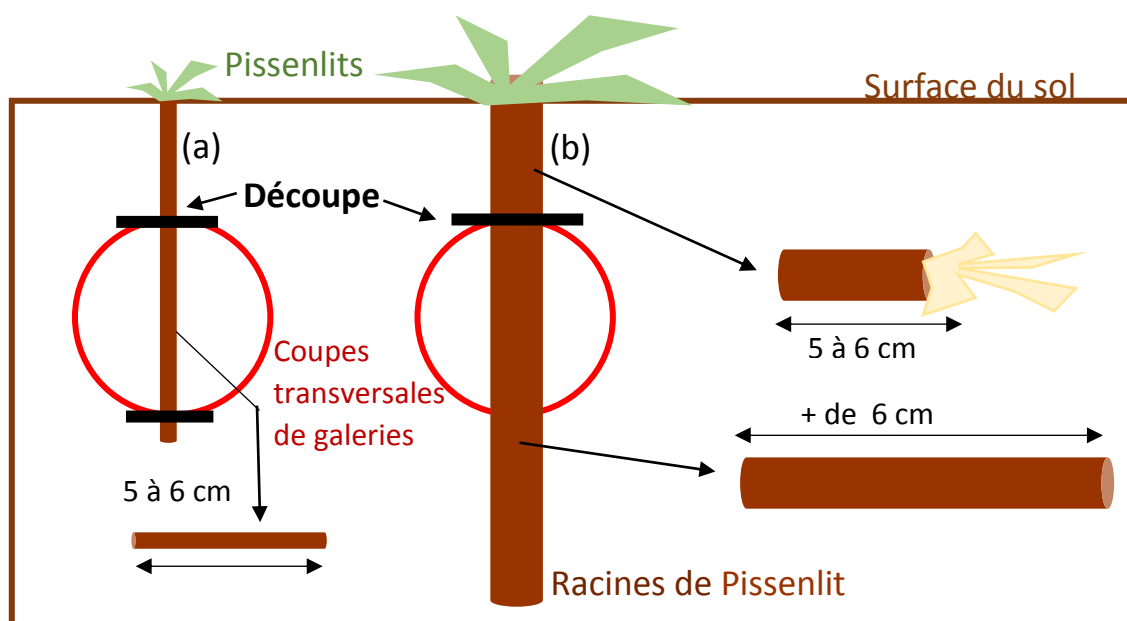


Figure 7 : Schéma du comportement probable de coupe des racines par le campagnol terrestre

Conclusion :

Lorsque le campagnol se trouve face une racine qui traverse sa galerie :

(a) Si elle est de faible diamètre, il coupe la racine de part et d'autre de sa galerie et transporte le fragment vers son silo. Ce fragment fera alors 5 à 6 cm de longueur. Quand le diamètre est trop faible le coût est trop grand pour aller chercher l'apex en surface, c'est de l'approvisionnement optimal.

(b) Si le diamètre de la racine est élevé, il va chercher l'apex en surface et l'extrémité de la racine en profondeur. Il coupe ensuite la racine, l'extrémité avec apex faisant 5 à 6 cm et l'autre extrémité de même longueur ou plus.

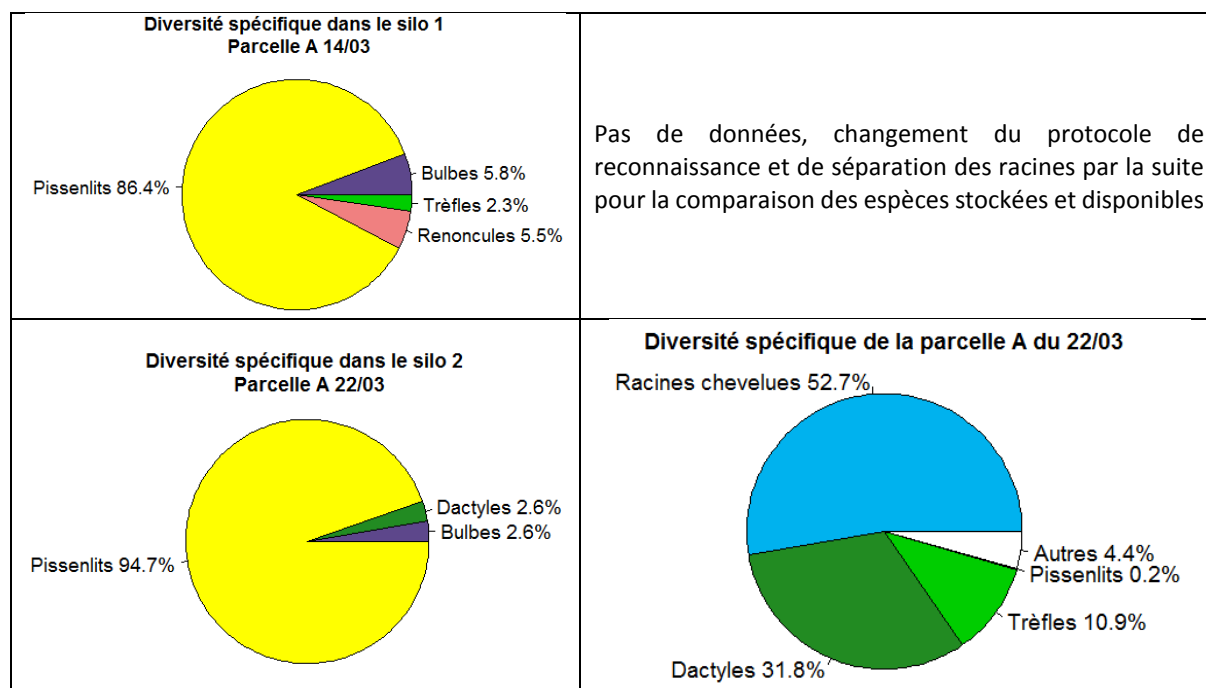
TEST	Influence du coefficient	P-value
Diamètre ~ type de fragment (court/long)	Non	0.07
Proba d'avoir un apex ~ diamètre	Positif	$5,05 \cdot 10^{-15}$
Proba d'avoir un apex ~ longueur	Négatif de 2 à 9 cm Positif à partir de 9 cm	0.004 0.04
Proba d'avoir un apex ~ fragment long + diamètre	Positif	$7 \cdot 10^{-9}$
Proba d'avoir un apex ~ longueur * diamètre	Longueur : Non Diamètre : Positif Interaction : Négatif	0.47 $6,42 \cdot 10^{-8}$ 0.01
Longueur ~ log(diamètre) * présence d'un apex Longueur ~ log(diamètre) * absence d'un apex	Log(diamètre) présence : Positif Log(diamètre) absence : Non Présence : Négatif Absence : Positif Interaction présence : Négatif	$2,22 \cdot 10^{-5}$ 0.34 $1,99 \cdot 10^{-6}$ 0.002

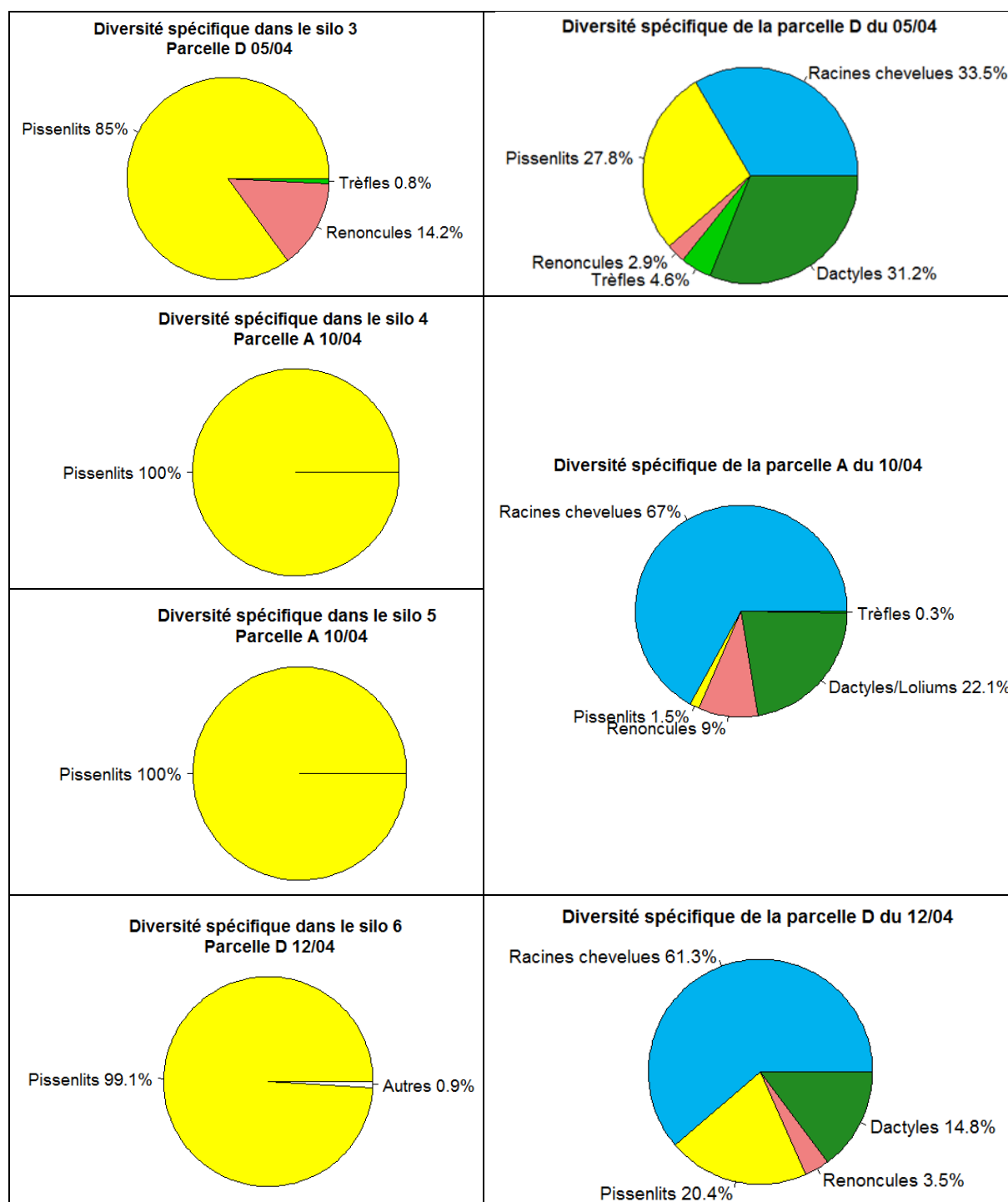
Figure 8 : Tableau récapitulatif des tests d'approvisionnements optimaux effectués

Bibliographie

- Airolidi, J. P. (1976). Le terrier de la forme fouisseuse du campagnol terrestre, *Arvicola terrestris scherman Shaw* (Mammalia, Rodentia). *Zeitschrift für Säugetierkunde*, 41, 23-42.
- Kopp, R. (1988). Les choix alimentaires de la forme fouisseuse du Campagnol terrestre (*Arvicola terrestris scherman*): essais en terrarium. *EPPO Bulletin*, 18(3), 393-400.
- Potapov, M. A., Rogov, V. G., Ovchinnikova, L. E., & Muzyka, V. Y. (2004). The effect of winter food stores on body mass and winter survival of water voles, *Arvicola terrestris*, in Western Siberia: the implications for population dynamics. *Folia Zoologica*, 53(1), 37.
- Roumet, C., Urcelay, C., & Díaz, S. (2006). Suites of root traits differ between annual and perennial species growing in the field. *New phytologist*, 170(2), 357-368.
- Saucy, F., & Schneiter, B. (1997). Juvenile dispersal in the vole *Arvicola terrestris* during rainy nights: a preliminary report. *Bulletin de la Société vaudoise des sciences naturelles*, 84(4), 333-345.

ANNEXE 1





Annexe 1 : Tableau des proportions de biomasses végétales stockées dans les silos et disponibles dans les parcelles.