

ANNEE 2021 THESE : 2021 – TOU 3 – 4068

LES PRATIQUES D'ELEVAGE POUR LA CONSERVATION DU HAMSTER COMMUN EN FRANCE DANS LE CADRE DU PLAN NATIONAL D'ACTION : ETUDE RETROSPECTIVE DE 2017 A 2020

THESE
pour obtenir le titre de
DOCTEUR VETERINAIRE

DIPLOME D'ETAT

*présentée et soutenue publiquement
devant l'Université Paul-Sabatier de Toulouse*

par

EVRARD Noémie
Née le 21/11/1995 à METZ (57)

Directeur de thèse : M. Guillaume Le LOC'H

JURY

PRESIDENT :
M. Renaud MAILLARD

Professeur à l'Ecole Nationale Vétérinaire de TOULOUSE

ASSESEURS :
M. Guillaume Le LOC'H
Mme Hanna MILA

Maître de Conférences à l'Ecole Nationale Vétérinaire de TOULOUSE
Maître de Conférences à l'Ecole Nationale Vétérinaire de TOULOUSE

**Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation
ECOLE NATIONALE VETERINAIRE DE TOULOUSE**

Liste des directeurs/assesseurs de thèse de doctorat vétérinaire

Directeur : Professeur Pierre SANS

PROFESSEURS CLASSE EXCEPTIONNELLE

- M. **BERTAGNOLI Stéphane**, *Pathologie infectieuse*
- M. **BOUSQUET-MELOU Alain**, *Pharmacologie, thérapeutique*
- M. **BRUGERE Hubert**, *Hygiène et industrie des aliments d'origine animale*
- Mme **CHASTANT-MAILLARD Sylvie**, *Pathologie de la reproduction*
- M. **CONCORDET Didier**, *Mathématiques, statistiques, modélisation*
- M. **DELVERDIER Maxence**, *Anatomie pathologique*
- M. **ENJALBERT Francis**, *Alimentation*
- Mme **GAYRARD-TROY Véronique**, *Physiologie de la reproduction, endocrinologie*
- Mme **HAGEN-PICARD Nicole**, *Pathologie de la reproduction*
- M. **MEYER Gilles**, *Pathologie des ruminants*
- M. **SCHELCHER François**, *Pathologie médicale du bétail et des animaux de basse-cour*
- Mme **TRUMEL Catherine**, *Biologie médicale animale et comparée*

PROFESSEURS 1^{ère} CLASSE

- M. **BAILLY Jean-Denis**, *Hygiène et industrie des aliments*
- Mme **BOURGES-ABELLA Nathalie**, *Histologie, anatomie pathologique*
- Mme **CADIERGUES Marie-Christine**, *Dermatologie vétérinaire*
- M. **DUCOS Alain**, *Zootéchnie*
- M. **FOUCRAS Gilles**, *Pathologie des ruminants*
- M. **GUERIN Jean-Luc**, *Aviculture et pathologie aviaire*
- M. **JACQUIET Philippe**, *Parasitologie et maladies parasitaires*
- Mme **LACROUX Caroline**, *Anatomie pathologique, animaux d'élevage*
- Mme **LETRON-RAYMOND Isabelle**, *Anatomie pathologique*
- M. **LEFEBVRE Hervé**, *Physiologie et thérapeutique*
- M. **MAILLARD Renaud**, *Pathologie des ruminants*

PROFESSEURS 2^{ème} CLASSE

- Mme **BOULLIER Séverine**, *Immunologie générale et médicale*
- M. **CORBIERE Fabien**, *Pathologie des ruminants*
- Mme **DIQUELOU Armelle**, *Pathologie médicale des équidés et des carnivores*
- M. **GUERRE Philippe**, *Pharmacie et toxicologie*
- Mme **MEYNADIER Annabelle**, *Alimentation animale*
- M. **MOGICATO Giovanni**, *Anatomie, imagerie médicale*
- Mme **PAUL Mathilde**, *Epidémiologie, gestion de la santé des élevages avicoles*
- M. **RABOISSON Didier**, *Médecine de population et économie de la santé animale*

MAITRES DE CONFERENCES HORS CLASSE

- M. **BERGONIER Dominique**, *Pathologie de la reproduction*
- Mme **BIBBAL Delphine**, *Hygiène et industrie des denrées alimentaires d'origine animale*
- Mme **CAMUS Christelle**, *Biologie cellulaire et moléculaire*
- M. **JAEG Jean-Philippe**, *Pharmacie et toxicologie*
- M. **LYAZRHI Faouzi**, *Statistiques biologiques et mathématiques*
- M. **MATHON Didier**, *Pathologie chirurgicale*
- Mme **PALIERNE Sophie**, *Chirurgie des animaux de compagnie*
- Mme **PRIYENKO Nathalie**, *Alimentation*
- M. **VOLMER Romain**, *Microbiologie et infectiologie*

MAITRES DE CONFERENCES CLASSE NORMALE

- M. **ASIMUS Erik**, *Pathologie chirurgicale*
- Mme **BRET Lydie**, *Physique et chimie biologiques et médicales*
- Mme **BOUHSIRA Emilie**, *Parasitologie, maladies parasitaires*
- M. **CARTIAUX Benjamin**, *Anatomie, imagerie médicale*
- M. **CONCHOU Fabrice**, *Imagerie médicale*
- Mme **DANIELS Hélène**, *Immunologie, bactériologie, pathologie infectieuse*
- Mme **DAVID Laure**, *Hygiène et industrie des aliments*
- M. **DIDIMO IMAZAKI Pedro**, *Hygiène et industrie des aliments*
- M. **DOUET Jean-Yves**, *Ophthalmologie vétérinaire et comparée*
- Mme **FERRAN Aude**, *Physiologie*
- Mme **GRANAT Fanny**, *Biologie médicale animale*
- Mme **JOURDAN Géraldine**, *Anesthésie, analgésie*
- M. **JOUSSERAND Nicolas**, *Médecine interne des animaux de compagnie*
- Mme **LALLEMAND Elodie**, *Chirurgie des équidés*
- Mme **LAVOUE Rachel**, *Médecine Interne*
- M. **LE LOC'H Guillaume**, *Médecine zoologique et santé de la faune sauvage*
- M. **LIENARD Emmanuel**, *Parasitologie et maladies parasitaires*
- Mme **MEYNAUD-COLLARD Patricia**, *Pathologie chirurgicale*
- Mme **MILA Hanna**, *Elevage des carnivores domestiques*
- M. **NOUVEL Laurent**, *Pathologie de la reproduction*
- M. **VERGNE Timothée**, *Santé publique vétérinaire, maladies animales règlementées*
- Mme **WASET-SZKUTA Agnès**, *Production et pathologie porcine*

INGENIEURS DE RECHERCHE

- M. **AUMANN Marcel**, *Urgences, soins intensifs*
- M. **AUVRAY Frédéric**, *Santé digestive, pathogénie et commensalisme des entérobactéries*
- M. **CASSARD Hervé**, *Pathologie des ruminants*
- M. **CROVILLE Guillaume**, *Virologie et génomique cliniques*
- Mme **DEBREUQUE Maud**, *Médecine interne des animaux de compagnie*
- Mme **DIDIER Caroline**, *Anesthésie, analgésie*
- Mme **DUPOUY GUIRAUTE Véronique**, *Innovations thérapeutiques et résistances*
- Mme **GAILLARD Elodie**, *Urgences, soins intensifs*
- Mme **GEFFRE Anne**, *Biologie médicale animale et comparée*
- Mme **GRISEZ Christelle**, *Parasitologie et maladies parasitaires*
- Mme **JEUNESSE Elisabeth**, *Bonnes pratiques de laboratoire*
- Mme **PRESSANTI Charline**, *Dermatologie vétérinaire*
- M. **RAMON PORTUGAL Félipe**, *Innovations thérapeutiques et résistances*
- M. **REYNOLDS Brice**, *Médecine interne des animaux de compagnie*
- Mme **ROUCH BUCK Pétra**, *Médecine préventive*

REMERCIEMENTS

À mon président de jury de thèse,

Monsieur le Professeur Renaud MAILLARD,

Professeur de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse,

Pathologie des ruminants,

Qui nous fait l'honneur d'accepter la présidence de ce jury de thèse,

Hommages respectueux.

À mon jury de thèse,

Monsieur le Docteur Guillaume LE LOC'H

Maître de conférences de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse,

Médecine zoologique et santé de la faune sauvage,

Qui m'a supervisé dans la réalisation de cette thèse, qui m'a accordé son temps et sa confiance,

Qu'il trouve ici toute l'expression de ma gratitude et de mon plus grand respect.

Madame le Docteur Hanna MILA,

Maître de conférences de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse,

Elevage des carnivores domestiques,

Qui a accepté de participer à ce jury de thèse,

Sincères remerciements.

Aux **acteurs des trois élevages**, tout particulièrement à Célia SCHAPPLER (SFS), Marie FROLIGER (NaturOparC), Dr Caroline HABOLD (CNRS) et Hélène GACHOT (CNRS),

À **Eric THOUVENOT (DREAL Grand-Est)** et à **Julien EIDENSCHENCK (OFB)**,

Au **Dr vétérinaire Fabrice CAPBER**,

Tous investis dans la mission Grand Hamster,

Avec qui j'ai pu communiquer et travailler,

Remerciements chaleureux pour votre accueil et votre accompagnement dans cette étude.

Table des matières

I. Conservation du Grand Hamster	17
I.A. Présentation de l'espèce	17
I.A.1. Biologie du Grand Hamster	17
I.A.2. Aire de répartition et habitat	18
I.B. Une espèce aujourd'hui protégée	21
I.B.1. Historique de sa mise en danger	21
I.B.2. Une espèce sous protection juridique depuis 1993	23
I.B.3. Méthodes de préservation de l'espèce	24
I.C. Origine, matériel et méthode de l'étude	26
II. Protocole d'élevage utilisé par l'association SFS	29
II.A. Présentation de la structure	29
II.A.1. Plan de la structure	29
II.A.2. Organisation de l'élevage	29
II.A.3. Effectifs de hamsters hébergés par l'élevage	31
II.B. Pratiques d'élevage	31
II.B.1. Hébergement des animaux	31
II.B.2. Alimentation et boisson	41
II.B.3. Reproduction des hamsters	45
II.B.4. Mesures d'hygiène et de biosécurité	51
II.B.5. Santé et soins aux animaux	53
II.B.6. Gestion des relâchés	56
II.B.7. Suivi zootechnique	56
II.B.8. Personnel soignant et organisation du travail	59
II.C. Résultats d'élevage	63
II.C.1. Environnement	63
II.C.2. Reproduction	70
II.C.3. Bilan des pesées pour les années 2017 à 2020	70
II.C.4. Bilan de la mortalité pour les années 2017 à 2020	75
II.C.5. Bilan des relâchés pour les années 2017 à 2020	75
II.D. Discussion des résultats obtenus pour l'élevage du SFS	78
II.D.1. Adéquation des animaux à leur environnement	78
II.D.2. Développement des animaux	79
II.D.3. Efficacité de la reproduction	80

II.D.4. Fréquence des maladies et mortalité	81
III. Protocole d'élevage utilisé au CNRS	85
III.A. Présentation de la structure.....	85
III.A.1. Plan de la structure	85
III.A.2. Organisation de l'élevage.....	85
III.A.3. Effectifs de hamsters hébergés par l'élevage	85
III.B. Pratiques d'élevage	87
III.B.1. Hébergement des animaux	87
III.B.2. Alimentation et boisson	92
III.B.3. Reproduction des hamsters	93
III.B.4. Mesures d'hygiène et de biosécurité	99
III.B.5. Santé et soins aux animaux.....	102
III.B.6. Gestion des relâchés	103
III.B.7. Suivi zootechnique	104
III.B.8. Personnel soignant et organisation du travail	105
III.C. Résultats d'élevage.....	108
III.C.1. Environnement.....	108
III.C.2. Reproduction.....	115
III.C.3. Bilan des pesées pour les années 2017 à 2020	115
III.C.4. Bilan de la mortalité pour les années 2017 à 2020.....	115
III.C.5. Bilan des relâchés pour les années 2017 à 2020.....	115
III.D. Discussion des résultats obtenus pour l'élevage du CNRS	118
III.D.1. Adéquation des animaux à leur environnement	118
III.D.2. Efficacité de la reproduction.....	119
III.D.3. Fréquence des maladies et mortalité	119
IV. Protocole d'élevage utilisé au local de Naturoparc	121
IV.A. Présentation de la structure	121
IV.A.1. Plan de la structure	121
IV.A.2. Organisation de l'élevage	121
IV.A.3. Effectifs de hamsters hébergés par l'élevage	121
IV.B. Pratiques d'élevage	121
IV.B.1. Hébergement des animaux.....	121
IV.B.2. Alimentation et boisson.....	128
IV.B.3. Reproduction des hamsters	131

IV.B.4. Mesures d'hygiène et de biosécurité.....	134
IV.B.5. Santé et soins aux animaux.....	136
IV.B.6. Gestion des relâchés	137
IV.B.7. Suivi zootechnique	138
IV.B.8. Personnel soignant et organisation du travail	140
IV.C. Résultats d'élevage	144
IV.C.1. Environnement.....	144
IV.C.2. Reproduction.....	145
IV.C.3. Bilan des pesées pour l'année 2020.....	145
IV.C.4. Bilan de la morbidité et mortalité de 2017 à 2020	150
IV.C.5. Bilan des relâchés pour les années 2017 à 2020	150
IV.D. Discussion des résultats obtenus pour l'élevage de NaturOparC	154
IV.D.1. Adéquation des animaux à leur environnement	154
IV.D.2. Efficacité de la reproduction.....	154
IV.D.3. Fréquence des maladies et mortalité	156
V. Synthèse et perspectives.....	156
V.A. Discussion des protocoles et résultats pour les trois élevages	156
V.A.1. Adéquation des animaux à leur environnement	156
V.A.2. Efficacité de la reproduction.....	162
V.A.3. Fréquence des maladies et mortalité	164
V.A.4. Choix des individus destinés aux relâchés	166
V.A.5. Suivi quotidien des animaux	166
V.A.6. Suivi d'élevage et relevé de données	167
V.B. Proposition d'améliorations des protocoles à court et moyen terme	167
V.B.1. Harmonisation des données à court terme	167
V.B.2. Changements dans le type de matériel utilisé à court ou moyen terme	173
V.B.3. Changements dans les pratiques d'élevage à court ou moyen terme	174
V.C. Propositions d'expérimentation et d'évolution sur le long terme	176
V.C.1. Changement dans le type de matériel à long terme	177
V.C.2. Changement dans les pratiques d'élevage à long terme.....	177
CONCLUSION	179
ANNEXES	187

Table des figures

Figures 1a et 1b - Photographies d'un Grand Hamster dans son habitat naturel	17
Figure 2 - Schéma d'identification du sexe des hamsters	18
Figure 3 - Photographie de hamsters nouveau-nés	18
Figure 4 - Carte présentant la diminution de l'aire de distribution du Grand Hamster en Alsace de 1965 à 2016	19
Figure 5 - Carte présentant la répartition du Grand Hamster en Europe de 1970 à 2010.	19
Figure 6 - Coupe transversale d'un terrier de Grand Hamster	20
Figure 7 - Schéma du plan de la structure à Jungholtz.....	30
Figure 8 - Photographie annotée d'une cage et de ses enrichissements dans l'élevage du SFS	34
Figure 9 - Photographie des cages en salle de reproduction du SFS.....	34
Figures 10a à 10c - Photographies d'une boîte de transport au SFS : vue de côté (10a), de l'avant (10b) et de l'arrière (10c).....	36
Figure 11 - Localisations des capteurs de température/hygrométrie dans les salles d'élevage du SFS37	
Figure 12 - Photographie des baies vitrées et lampes en salle d'élevage à Jungholtz.....	38
Figure 13 - Localisation du mur isolé phonétiquement du bâtiment voisin	40
Figure 14 - Photographie des bacs de mise à la reproduction (salle de rangement).....	47
Figures 15a à 15c - Photographies d'un couple à la reproduction (15a), du bac de mise à la reproduction avec élément en bois (15b) et de la souricière (15c)	47
Figures 16a et 16b - Photographie d'une mère avec ses nouveau-nés (16a) et de juvéniles âgés d'une dizaine de jours (16b)	50
Figure 17 - Photographie d'une boîte de transport modifiée pour le sexage.....	50
Figure 18 - Photographie d'une cage utilisée à l'infirmerie du SFS.....	54
Figure 19 - Photographie du réfrigérateur à aliments à droite et du congélateur à cadavres à gauche au SFS	54
Figures 20a et 20b - Photographie de cages de transports à côté d'un pré-terrier (20a) et photographie du site de relâché (20b).....	57
Figure 21 - Méthode d'identification des hamsters de l'élevage du SFS	58
Figures 22a à 22d - Evolution des températures dans les deux salles du SFS de 2017 à 2020	64
Figures 23a à 23d - Boxplots des valeurs de température (°C) selon la saison de 2017 à 2020	65
Figure 24 - Evolution des écarts de température journaliers au SFS sur une moyenne glissante de 5 jours, entre 6h et 18h, de juillet 2019 à décembre 2020	66
Figures 25a à 25d - Evolution des valeurs d'hygrométrie dans les deux salles du SFS de 2017 à 2020	67
Figures 26a à 26d - Boxplots des valeurs d'hygrométrie (%) selon la saison de 2017 à 2020	68
Figure 27 - Figure de la localisation des relevés de luminosité.....	69
Figure 28a - Pourcentage du nombre de mise-bas sur le nombre de couples formés au SFS, par mois de mise à la reproduction et par an ; Figure 28b - Pourcentage du nombre d'animaux blessés lors de la mise en contact des couples sur le nombre d'essais au SFS, par mois de mise à la reproduction et par an ; Figure 28c : Boxplots affichant le nombre de jours entre la date de mise en contact du couple et la date de mise-bas au SFS selon le mois et l'année de mise à la reproduction.....	71
Figure 29a - Pourcentage du nombre de mise-bas sur le nombre de couples formés au SFS, par mois de mise à la reproduction et par an ; Figure 29b - Pourcentage du nombre de mâles et femelles ayant eu des petits sur le nombre de mâles et femelles à la reproduction au SFS par an ; Figure 29c - Pourcentage du nombre de mise-bas sur le nombre de couples testés au SFS pour la <i>énième</i> fois, par an.....	72

Figure 30 - Boxplots affichant le nombre estimé de nouveau-nés par portée au SFS selon le mois et l'année de mise à la reproduction du couple.....	73
Figure 31 - Pourcentage d'animaux morts au SFS après sevrage par rapport au nombre d'animaux total hébergés au cours d'une année et selon le sexe, à partir du 20 juillet 2017 jusqu'à fin 2020.....	76
Figures 32a à 32d – Distribution des causes de mortalité suspectées au SFS de 2017 à 2020.....	77
Figure 33 - Schéma du plan de l'animalerie du CNRS	84
Figures 34a à 34c - Photographie d'une cage de type IV (34a), d'une cage de type III (34b) avec leurs enrichissements dont de la fibre de bois (à gauche, 34c) et des buchettes de bois (à droite, 34c).....	88
Figures 35a et 35b - Photographie d'un grand tube en PVC (35a) et d'un petit tube (35b).....	90
Figure 36 - Photographie des boîtes de transport utilisées dans l'animalerie du CNRS.....	90
Figure 37 - Photographie d'une étagère portant des rangées de cages au CNRS.....	90
Figures 38a et 38b - Photographie d'un hamster dans une boîte de transport (38a) et dans une boîte d'induction à l'isoflurane (38b)	98
Figure 39 - Schéma du plan de l'animalerie avec circuits d'entrée et de sortie d'animaux	100
Figure 40 - Photographie d'une cage avec litière sale à gauche et cage avec éléments propres à droite	101
Figures 41a à 41d - Evolution de la température dans les box occupés par le grand hamster au CNRS au cours des années 2017 à 2020	109
Figures 42a à 42d - Boxplots des valeurs de température (°C) au CNRS selon la saison de 2017 à 2020	110
Figures 43a à 43d - Evolution de l'hygrométrie dans les box occupés par le grand hamster au CNRS de 2017 à 2020	112
Figures 44a à 44d - Boxplots des valeurs d'hygrométrie (%) au CNRS selon la saison de 2017 à 2020	113
Figure 45 - Pourcentage d'animaux morts au CNRS après sevrage par rapport au nombre d'animaux total hébergé au cours d'une année, de 2017 à 2020	116
Figures 46a à 46d - Pourcentage d'animaux morts au CNRS selon la cause de 2017 à 2020	117
Figure 47 - Schéma du plan de la salle d'élevage de NaturOparC	120
Figure 48 - Photographie de plusieurs rangées de cages et de leurs enrichissements.....	124
Figure 49a et 49b - Photographies du déplacement d'un mâle à l'aide du récipient opaque (49a) et des deux types de récipients (49b).....	124
Figure 50 - Localisations du climatiseur, chauffages, sonde et thermomètre	125
Figure 51 - Photographie d'une cage préparée pour la reproduction à NaturOparC.....	132
Figure 52 - Photographie d'une cage utilisée pour les soins et transports longs à NaturOparC.....	136
Figure 53 - Photographie d'une boîte utilisée pour les relâchés	138
Figure 54 - Evolution des moyennes de températures (°C) relevées à NaturOparC selon le mois en 2020	144
Figure 55 - Evolution des moyennes des valeurs d'hygrométrie (%) relevées à NaturOparC selon le mois en 2020.....	144
Figures 56a à 56c - Nombre de couples différents mis à la reproduction à NaturOparC selon l'année (56a) ; Pourcentage du nombre d'animaux blessés lors de la mise en contact des couples sur le nombre d'essais à NaturOparC, par mois de mise à la reproduction et par an (56b) ; Boxplots affichant le nombre de jours entre la date de mise en contact du couple et la date de mise-bas à NaturOparC selon le mois et l'année de mise à la reproduction (56c).....	146

Figures 57a à 57c - Pourcentage du nombre de mise-bas sur le nombre de couples formé à NaturOparC , par mois de mise à la reproduction et par an (57a) ; Pourcentage du nombre de mâles et femelles ayant eu des petits sur le nombre de mâles et femelles à la reproduction à NaturOparC par an (57b) ; Pourcentage du nombre de mise-bas sur le nombre de couples testés à NaturOparC pour la énième fois, par an (57c).....	147
Figure 58 - Boxplots affichant le nombre estimé de nouveau-nés par portée à NaturOparC selon le mois et l'année de mise à la reproduction	148
Figure 59 - Pourcentage d'animaux morts à NaturOparC après sevrage par rapport au nombre d'animaux total hébergé au cours d'une année, à partir du 20 juillet 2017 jusqu'à 2020	151
Figures 60a à 60d - Pourcentage d'animaux atteint selon l'affection à NaturOparC de 2017 à 2020	152
Figures 61a et 61b - Pourcentage d'animaux morts à NaturOparC selon la cause de 2019 à 2020 ...	153
Figure 62 - Bien-être animal, les 5 libertés.....	160
Figure 63 - Proposition de prototype simple de terrier factice.....	174

Table des tableaux

Tableau 1 - Effectifs hébergés par l'élevage du SFS de 2017 à 2020	32
Tableau 2 - Température consigne choisie par l'élevage de SFS selon le mois de l'année.....	37
Tableau 3 - Heures d'éclairage dans l'élevage du SFS selon les mois de l'année en 2020	39
Tableau 4 - Bilan des aliments proposés aux animaux au SFS selon la période de l'année et leur cycle physiologique	44
Tableau 5 - Nombre de couples en fonction de leur taux de consanguinité, sessions 2020	46
Tableau 6 - Type de données sur les effectifs, la mortalité et les relâchés relevés par l'élevage du SFS dans ses registres et documents annexes.....	60
Tableau 7 - Types de données sur la reproduction relevés à l'élevage du SFS selon le registre d'entrée et de sortie et les documents annexes.....	61
Tableau 8 - Moyennes des températures relevées en fonction de la salle, l'heure, la saison et l'année au SFS	66
Tableau 9 - Tableau de relevé des mesures de luminosité au SFS.....	69
Tableau 10 - Tableau regroupant les pesées effectuées par le SFS selon le mois de pesée et le mois de naissance (2017 à 2020).....	74
Tableau 11 - Nombre de hamsters relâchés par le SFS par sexe et année de relâchés	75
Tableau 12 - Effectifs hébergés par l'élevage du CNRS de 2017 à 2020	86
Tableau 13 - Bilan des aliments proposés aux animaux au CNRS selon la période de l'année et leur cycle physiologique	94
Tableau 14 - Type de données sur les effectifs, la mortalité et les relâchés relevés par l'élevage du CNRS dans ses registres et documents annexes.....	106
Tableau 15 - Type de données sur la reproduction relevés par l'élevage du CNRS dans son registre d'entrée et sortie et documents annexes	107
Tableau 16 - Nombre de hamsters relâchés par le CNRS déclinés par sexe et année de relâchés.....	115
Tableau 17 - Effectifs hébergés par l'élevage de NaturOparC de 2017 à 2020	122
Tableau 18 - Température consigne (°C) choisie par l'élevage de NaturOparC selon le mois et l'année	126
Tableau 19 - Horaires d'éclairage dans l'élevage de NaurOparC de 2018 à 2020	127

Tableau 20 - Horaires d'éclairage dans l'élevage de NaturOparC prévus pour 2021.....	127
Tableau 21 - Bilan des aliments proposés aux animaux à NaturOparC selon la période de l'année et leur cycle physiologique	130
Tableau 22 - Nombre de couples en fonction du taux de consanguinité de leur descendance de 2017 à 2019.....	132
Tableau 23 - Type de données sur les effectifs, la mortalité et les relâchés relevés par l'élevage de NaturOparC dans ses registres et documents annexes	141
Tableau 24 - Type de données sur les effectifs, la mortalité et les relâchés relevés par l'élevage de NaturOparC dans ses registres et documents annexes	142
Tableau 25 - Tableau regroupant les pesées effectuées par NaturOparC selon le mois de pesée et le mois de naissance.....	149
Tableau 26 - Nombre de hamsters relâchés par NaturOparC déclinés par sexe et année de relâchés	150
Tableau 27 - Modèle de forme et contenu pour le relevé des données de reproduction	171
Tableau 28 - Modèle de forme et contenu pour le relevé des données de morbidité/mortalité	172

Liste des encadrés

Encadré 1 - Exemple de plan pour le rapport technique	172
---	-----

CHAMP LEXICAL

CNRS : Centre National de la Recherche Scientifique

SFS : Association Sauvegarde Faune Sauvage

NaturOparC : parc animalier NaturOparC

ONCFS : Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage

OFB : Office Français de la Biodiversité

DREAL : Direction Régionale Environnement Aménagement Logement

DEPE-IPHC : Département d'Ecologie, Physiologie et Ethologie - Institut Pluridisciplinaire Hubert Curien

MAEC : Mesures agro-environnementales et climatiques (définies *partie I.B.3.*)

ZAP : Zone Agricole Protégée (définie *partie I.B.3.*)

ZPS : Zone de Protection Statique, définissant les zones protégées par l'arrêté ministériel du 9 décembre 2016 (annexe 1) à partir de la présence de terriers de Hamster commun (*Cricetus cricetus*) sur la période 2008 - 2016. [1]

PAC : Politique Agricole Commune

SAU : Superficie Agricole Utilisée, notion normalisée dans la statistique agricole européenne. Elle comprend les terres arables, les surfaces toujours en herbe et les cultures permanentes. [2]

ZooEasy : logiciel de gestion génétique d'élevage

PMx : logiciel de gestion génétique des populations

UICN : Union Internationale pour la Conservation de la Nature, association de protection de la biodiversité qui mène des actions pour la protection de la nature.

Coefficient de parenté entre deux individus : probabilité pour que deux gènes tirés au hasard au même locus, l'un chez un individu *i* et l'autre chez un individu *j*, soient identiques par descendance. [3]

Coefficient de consanguinité : probabilité pour que les deux allèles que possèdent un individu en un locus donné soient identiques par descendance. [3]

INTRODUCTION

Le Grand Hamster d'Alsace ou plus communément Hamster commun (*Cricetus cricetus* selon Linné 1758), espèce autrefois abondante en Europe et Asie occidentale mais également emblématique de la biodiversité alsacienne, est classée « En danger critique d'extinction » sur la Liste rouge de l'UICN depuis 2021. Seule région française dans laquelle l'espèce demeure, l'Alsace n'héberge à ce jour plus que quelques populations dans ses plaines, populations supportées en continu par les actions de préservation de l'espèce. Depuis 2019, la cause du Grand Hamster d'Alsace est l'objet d'un 4^{ème} Plan National d'Action avec pour objectif d'atteindre une population de 1500 individus afin de pérenniser l'espèce en France [4]. Les mesures de protection sont en grande partie centrées sur la réintroduction de hamsters reproduits et élevés en captivité mais aussi sur l'optimisation des pratiques agricoles des parcelles hébergeant des individus. Malgré tous les efforts mis en place, les objectifs de développement démographiques ne sont aujourd'hui pas atteints.

Trois élevages français participent aux renforcements des populations de hamsters en Alsace. De nombreux audits réalisés depuis 2010 ont mis en évidence des différences notables entre ces trois élevages aussi bien en termes de résultats que de pratiques. L'objectif de cette thèse est de réaliser un état des lieux de ces différentes pratiques afin de les améliorer par la suite et ce, dans le but de fournir assez d'animaux en bonne santé pour les renforcements tout en optimisant la capacité de survie de ces animaux élevés en captivité dans la nature. À termes, un cahier des charges des élevages à but conservatoire actualisable en fonction des avancées scientifiques sur l'espèce pourra être mis en place à partir de ces éléments.

Dans une première partie nous reviendrons sur l'espèce *Cricetus cricetus*, sa biologie, les origines de sa mise en danger d'extinction, les mesures de conservation mises en place depuis les années 1990 ainsi que les méthodes employées pour réaliser cette étude. Dans une seconde partie, nous détaillerons l'ensemble des trois protocoles d'élevage ainsi que leurs résultats et en discuterons certains éléments en nous appuyant sur la littérature. Enfin, dans une troisième partie, nous synthétiserons l'ensemble de ces données afin d'en tirer des pistes d'amélioration à court, moyen et long termes.

I. Conservation du Grand Hamster

I.A. Présentation de l'espèce

I.A.1. Biologie du Grand Hamster

Le Hamster commun (*Cricetus cricetus*) appartient à l'ordre des rongeurs, sous-ordre des myomorphes, famille des *Cricetidae*, du genre *Cricetus*. Il est le seul représentant contemporain de son genre et la seule espèce de hamster à vivre à l'état sauvage en Europe. Il possède divers noms vernaculaires pour le désigner dont : Grand Hamster d'Alsace, Marmotte de Strasbourg, Hamster d'Europe et plus rarement Cochon de seigle soit Kornfärle en alsacien [4] [5]. Il mesure environ 20 à 27 cm de long pour le corps et possède une queue courte dénuée de poils de 3 à 6 cm. Il arbore un pelage caractéristique avec son ventre noir, son dos roux et son pelage tacheté de blanc sur le museau, les joues, la gorge et les flancs à l'arrière des membres antérieurs (voir *figures 1a et 1b*). L'adulte atteint un poids variant de 220g à 460g avec des valeurs extrêmes allant de 100 à 550g [4] [6] [7]. Ce poids varie en suivant une horloge endogène au cours de l'année. Il est à noter que le poids moyen d'un hamster en sortie d'hibernation a diminué d'environ 20% entre les années 1930 et aujourd'hui, notamment en raison d'un accroissement des pluies hivernales et de l'augmentation des surfaces cultivées en maïs. [8] Les hamsters possèdent des abajoues leur permettant de transporter leur nourriture et pouvant contenir jusqu'à 70 g de céréales chez un adulte [9].



Figures 1a et 1b - Photographies d'un Grand Hamster dans son habitat naturel [10] [11]

Le Hamster commun est un animal essentiellement nocturne dont le comportement fouisseur lui permet de vivre dans un terrier la grande majorité de son temps. Solitaire et territorial, il peut se montrer très agressif envers ses congénères et les autres espèces. Jusqu'à l'âge de six jours, son alimentation est exclusivement lactée. Le hamster juvénile commence à intégrer les végétaux dans ses repas progressivement puis adopte un régime omnivore à partir de l'âge de quatre semaines. Son régime alimentaire est principalement composé de végétaux (80 – 85%) comprenant des graines (blé, orge...), de la luzerne, des racines, des fleurs, des fruits... Les 15-20% restant de son alimentation comprennent des insectes, d'autres petits invertébrés (vers de terre, mollusques), des grenouilles et des petits mammifères (campagnols par exemple). Le Grand Hamster est un animal hibernant sur une période

s'étalant d'octobre-novembre à mars-avril. Il se prépare alors à l'hibernation en accumulant jusqu'à plusieurs kilogrammes de réserves dans son terrier. En cours d'hibernation, il alterne les phases de torpeur (30% du temps où son métabolisme est considérablement réduit) et de réveil au cours desquelles il se déplace pour consommer ses provisions ou rechercher de la nourriture s'il en manque [4] [6] [12].

Les mâles sont plus grands que les femelles, mais il est nécessaire d'inspecter la région génitale afin de déterminer précisément le sexe de l'individu (voir *figure 2*). Les accouplements ont lieu d'avril à août. Les mâles émergent avant les femelles de leur période d'hibernation et partent par la suite prospector les terriers de plusieurs femelles, pouvant alors s'accoupler avec plusieurs d'entre elles. La femelle met bas dans son terrier suite à une période de gestation de 18 à 21 jours. Elle peut réaliser jusqu'à trois portées durant la saison mais cela reste peu courant dans la nature. Le nombre de petits par portée est de 5 à 8 petits en moyenne avec des extrêmes allant de 1 à 18 [6]. Ils naissent nus et aveugles, pèsent environ 7 g et ne mesurent pas plus de 5 cm (voir *figure 3*). Le sevrage dure 21 jours et les petits sont matures sexuellement à l'âge de 2-3 mois. Ils ne se reproduisent que très rarement l'année de leur naissance [4] [6].

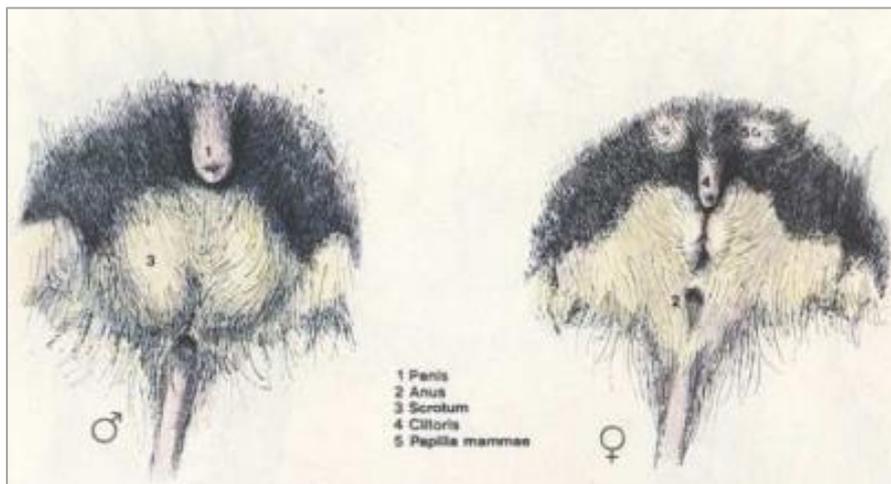


Figure 2 - Schéma d'identification du sexe des hamsters [10]



Figure 3 - Photographie de hamsters nouveau-nés [13]

Les passages en hibernation et en période de reproduction sont sous le contrôle d'une horloge circannuelle endogène. La synchronisation de ces périodes aux bons moments de l'année est dépendante de la photopériode [14] [15] [16]. Dans la nature, l'espérance de vie d'un individu est d'environ deux ans contre trois à quatre ans en captivité [4] [6].

I.A.2. Aire de répartition et habitat

L'aire de répartition du Grand Hamster s'étend de l'Asie mineure jusqu'aux Pays-Bas, l'Allemagne et l'Est de la France, en passant par l'Europe orientale et centrale. L'Alsace constitue la limite occidentale de répartition de l'espèce dont la présence remonterait au Pléistocène. Les populations d'Europe de l'Ouest, dont la population alsacienne, sont aujourd'hui en très fort déclin (voir *figure 4*). Dans les années 1970, les populations de Grand

Hamster étaient nombreuses et denses sur son aire de répartition. À cette époque, ont été recensés au moins 387 communes alsaciennes hébergeant l'espèce. Depuis, les populations se sont progressivement fragmentées, l'aire de présence n'a cessé de diminuer et les comptages de 2012 ont révélé que le Grand Hamster n'était présent que dans 19 communes alsaciennes avec des densités de population très faibles (voir *figure 5*) [4] [17] [8] [18].



Figure 4 - Carte présentant la répartition du Grand Hamster en Europe de 1970 à 2010 [5] ; Les zones orangées représentent les données mises à jour sur la répartition de l'espèce et reflètent la fragmentation de son aire de distribution. Les zones bleu foncé représentent les aires de distribution initiales en 1970 et un manque de données en 2000 et 2010.

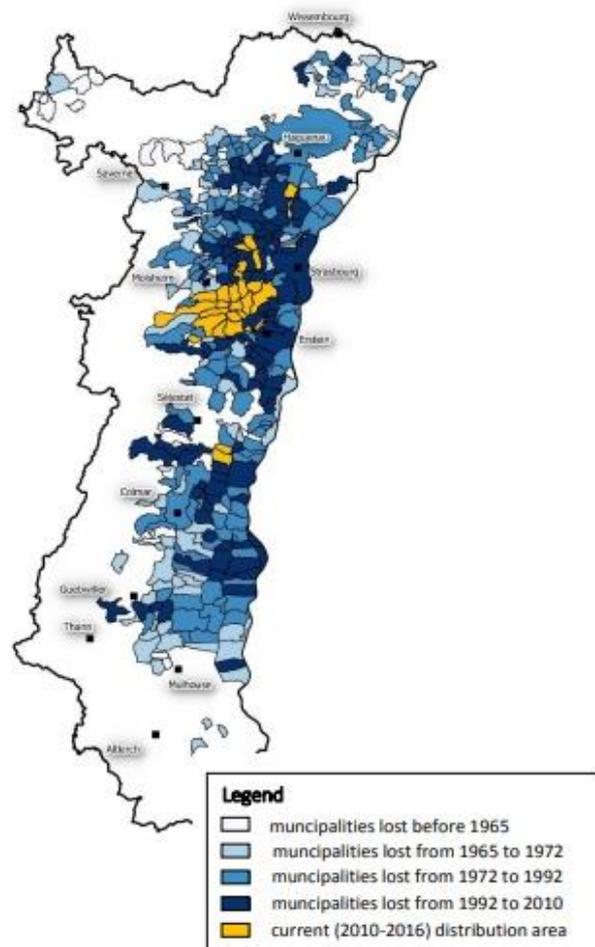


Figure 5 - Carte présentant la diminution de l'aire de distribution du Grand Hamster en Alsace de 1965 à 2016 [5]

Originaire des steppes et des plaines de Russie et de l'Europe de l'Est, on le retrouve en France uniquement dans la plaine d'Alsace. Le Grand Hamster passe 95% de son temps dans son terrier dans son milieu naturel, seul (hors période de reproduction). Ses sorties se limitent à la quête de nourriture ou d'un partenaire sexuel au printemps. Pour construire son terrier, le Grand Hamster a inévitablement besoin d'un sol profond, stable, non hydromorphe,

riche en matière organique, dont font partis les sols de la plaine d'Alsace à structure loessique, argileuse ou sablo-limoneuse [6] [9].

Le Grand Hamster creuse plusieurs terriers dans la saison, notamment les mâles (autour de 9,6 pour un mâle et 3,6 pour une femelle) et peut réutiliser d'anciens terriers déjà creusés, y compris des terriers de congénères abandonnés [6] [9]. Néanmoins, J. Eidschenck de l'OFB (communication personnelle) a pu, dans le cadre de suivis des terriers de Grand Hamster, observer des femelles conserver un unique terrier au cours d'une année entière. Les terriers peuvent mesurer de quelques mètres à 10 mètres de longueur et suivent un schéma type (voir *figure 6*) comprenant une galerie oblique principale permettant un accès direct au nid, plusieurs galeries de fuites verticales et plusieurs compartiments d'environ 25x30x20 cm avec :

- une chambre pour le nid contenant un tapis végétal et d'une profondeur de 1 à 2 mètres ;
- plusieurs greniers de réserve de nourriture avec un tri des aliments selon leur nature dans chaque chambre (chambre à grains, chambre à tubercule, etc) ;
- des chambres servant de lieu d'évacuation des selles et urines.

Il existe une différence entre les terriers utilisés en été et en hiver par les hamsters. Le terrier « d'hiver » atteint un à deux mètres de profondeur et ressemble au terrier type décrit ci-dessus avec parfois une deuxième chambre pour un second nid. Le terrier « d'été » est plus sommaire avec une profondeur allant de 40 à 60 cm pour un animal adulte, comprenant une chambre pour le nid, un espace d'évacuation des excréments et un seul grenier à provision. Il semblerait que les juvéniles soient plus maladroits et moins efficaces dans la création de ces terriers (plus superficiels et plus sommaires) que les adultes [6] [19].

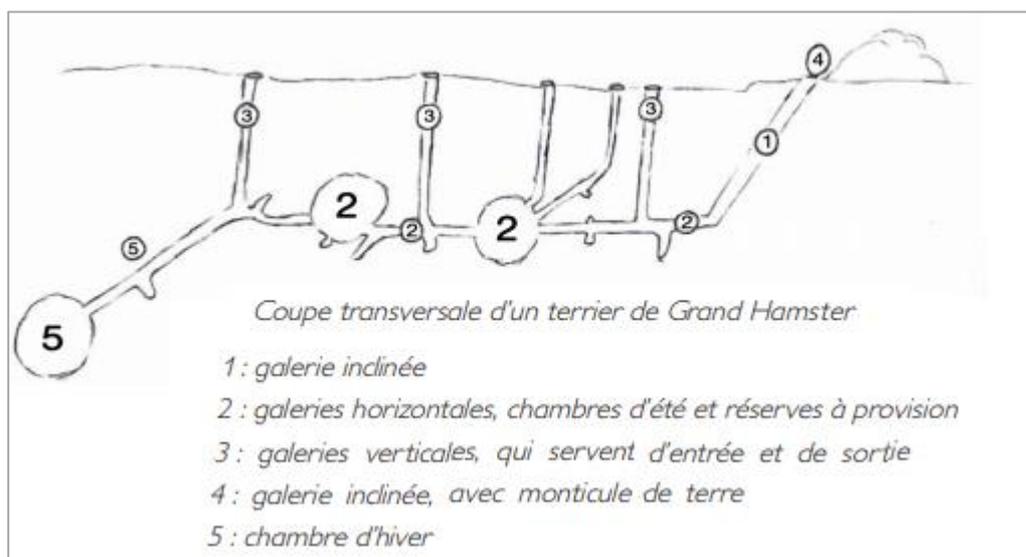


Figure 6 - Coupe transversale d'un terrier de Grand Hamster [17]

La température dans un terrier de Grand Hamster varie peu car ce dernier bouche le terrier à l'entrée en hibernation pour stabiliser la température et notamment éviter un gel en conservant la température au dessus de 0°C [6].

Certains systèmes de culture sont plus favorables au Grand Hamster que d'autres : ceux incluant une forte diversité de culture, notamment les céréales d'hiver et/ou les légumineuses (luzerne, trèfle) et ceux incluant une culture intermédiaire dans leur cycle cultural permettant l'absence d'un sol nu en interculture. D'autres systèmes sont en revanche désavantageux pour le hamster : ceux incluant une proportion importante de céréales de printemps, notamment le maïs et ceux cultivant ces céréales de printemps en quasi-monoculture sur de longues années. Il a en effet été montré en laboratoire qu'une alimentation uniquement composée de maïs serait à l'origine de carences en protéines et vitamine B3 responsables d'un comportement infanticide chez le Grand Hamster. Un régime alimentaire comprenant un mélange composé de blé et de soja serait, selon cette même étude, le régime le plus favorable pour l'hibernation et la reproduction de l'espèce [4] [8]. Par ailleurs un couvert végétal assurant un sol non nu et de fait une protection permanente contre les prédateurs est gage de survie pour l'espèce. Ainsi, diversifier les cultures et réfléchir les rotations de manière à assurer un couvert végétal tout au long de l'année font partie des premiers objectifs des mesures de protection mises en place aujourd'hui [6] [19] [17].

Grâce aux sécrétions des glandes odorantes situées sur ses flancs, le mâle délimite un territoire dont la surface approxime 1,8 à 2,7 ha. La femelle délimite un territoire plus petit de 0,22 ha environ. Les distances parcourues par le Grand Hamster varient selon son besoin de prospecter pour trouver de la nourriture et donc la qualité de son habitat, le type de paysage (cours d'eau, routes et forêts car non franchissables) et la densité de population. Un mâle adulte peut réaliser un parcours linéaire allant de 300 m à plus de 1 km sur une année [6] [4] [17].

I.B. Une espèce aujourd'hui protégée

I.B.1. Historique de sa mise en danger

Les populations de Grand Hamster au début et milieu du XXème siècle étaient abondantes et couvraient une aire de répartition continue en Alsace. Etant responsable de nombreux dommages occasionnés aux cultures de pleins champs, le Grand Hamster fut classé « animal nuisible » en 1937 [20]. Il portait notamment atteinte au rendement des cultures en consommant aussi bien les graines de semences que les jeunes pousses au printemps et en récoltant de grandes quantités de provisions à l'automne, ce qui représentait un manque à gagner non négligeable pour les agriculteurs. En 1960, année où les populations de Grand Hamster ont présenté un pic démographique, les pertes ont représenté jusqu'à 30% des récoltes. Il a été, pour ces raisons, légalement, massivement pourchassé jusqu'en 1990 [6] [18] [9] [21]. Néanmoins, l'origine de la diminution des populations de hamster est multifactorielle et résulte notamment :

- de destructions volontaires : légitimées par arrêté préfectoral, les campagnes collectives de destruction (empoisonnements au phosphore d'aluminium) dans près de 120 communes alsaciennes, de 1964 à 1990, ont contribué au déclin de l'espèce ;

- de la diminution de la diversité des espèces végétales cultivées : l'extension de la monoculture de maïs au détriment de la luzerne, du blé, etc. En effet, le maïs n'offre aucune couverture végétale au printemps et une couverture de faible qualité en été par rapport aux prédateurs. De plus, un régime alimentaire ne comprenant que des graines de maïs est délétère pour l'espèce ;

- de dates de récolte et de labour précoces : la transition d'un couvert végétal à un sol nu en période de reproduction peut favoriser la prédation et limiter le succès reproductif des individus. Par ailleurs, le labour des cultures immédiatement après la moisson enfouit une partie de la nourriture et limite par conséquent les possibilités d'amassage de réserves alimentaires ;

- des tailles des parcelles grandissantes : le hamster a un potentiel de déplacement et de dispersion relativement limité. En supprimant haies, talus, fossés et bordures herbeuses en marge des parcelles, les remembrements de la fin du XX^{ème} siècle ont entraîné une baisse de biodiversité des marges de champs mais aussi une augmentation de taille des parcelles imposant des déplacements plus importants au hamster après la récolte pour trouver un nouvel abri, favorisant ainsi une prédation accrue ;

- de la perte et du morcellement des habitats : la diminution des surfaces agricoles au profit des surfaces anthropisées (zones résidentielles, zones commerciales, infrastructures routières) fragmente l'habitat du Grand Hamster et restreint ses déplacements ;

- de la mortalité routière : le Grand Hamster est une victime régulière de la circulation routière ;

- de la prédation : le hamster étant une espèce proie, une des principales causes de mortalité en milieu naturel est imputable à la prédation (renards, mustélidés, buses...). Un couvert végétal suffisant permet de limiter ce phénomène ;

- des pesticides : l'emploi d'herbicides et insecticides porte atteinte à la biodiversité locale et notamment à l'entomofaune, ceci réduisant les ressources alimentaires du hamster ;

- des aléas climatiques : les épisodes de sécheresses peuvent affecter les hamsters car ils ne sont pas habitués à rechercher un point d'eau pour s'abreuver mais puisent leur eau dans l'humidité contenue dans leur nourriture. À l'inverse, des épisodes de pluies intenses peuvent inonder les terriers et faire pourrir les réserves hivernales du hamster [4] [21].

Ainsi, les campagnes de destruction volontaire, les altérations de son habitat liées à l'évolution des pratiques agricoles et à l'urbanisation semblent être les causes de déclin les plus importantes ayant conduit à une diminution démographique drastique de l'espèce à partir des années 1980 dans la plaine d'Alsace [6] [18] [9] [21]. Aujourd'hui, cette baisse des effectifs n'a cessé de s'aggraver avec comme résultat, une disparition de l'espèce sur plus de trois quarts du territoire alsacien occupé au début du XX^{ème} siècle. Une persistance du déclin de l'espèce dans le reste de l'Europe est également à déplorer. Selon l'UICN, si rien ne change, l'espèce risque de s'éteindre au cours des 30 prochaines années [22].

Considérée comme une espèce parapluie, le Grand Hamster constitue un indicateur de la bonne santé de la biodiversité des territoires qu'il occupe. Une espèce dite parapluie est une espèce dont les besoins écologiques recouvrent ceux de nombreuses autres espèces qui partagent son habitat. De ce fait, en préservant l'habitat naturel du Grand Hamster, d'autres espèces appartenant à l'écosystème de la plaine d'Alsace (lièvres, perdrix, œdicnèmes criards, faisans, cailles, rapaces diurnes, renards...) et participant à son maintien, sont également protégées [23] [6].

I.B.2. Une espèce sous protection juridique depuis 1993

L'évolution inquiétante des populations de Grand Hamster en Europe a conduit à son inscription à l'annexe IV de la Directive Habitats, Faune, Flore 92/43/CEE adoptée par les pays de l'union Européenne le 21 mai 1992, et donc à sa classification dans la liste « espèces animales et végétales d'intérêt communautaire qui nécessitent une protection stricte ». Cette directive a été mise en application en France par instruction aux préfets en 1993 faisant passer l'animal du statut de « nuisible » à celui « d'espèce protégée » par modification de l'arrêté ministériel du 17 avril 1981. Les articles L411-1 et L411-2 du code de l'environnement correspondent à l'application française de la Directive Habitat de 1992 et prescrivent de « prendre des mesures nécessaires pour instaurer un système de protection stricte des espèces animales figurant à l'annexe IV, dans leur aire de répartition naturelle, interdisant la détérioration des sites de reproduction ou des aires de repos ». Par ailleurs, l'espèce figure à l'annexe II de la Convention de Berne signée en 1979 en tant qu'espèce de la faune en voie de disparition « strictement protégée ». La France a signé cette convention le 1^{er} août 1990 [24] [25] [4] [26]. L'habitat du hamster est désormais également protégé par application de l'arrêté interministériel du 23 avril 2007 fixant la liste des mammifères terrestres protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection [27]. En 2009, le Grand Hamster a été ajouté à la liste rouge des mammifères continentaux de France métropolitaine dans la catégorie « en danger » par l'UICN. Ce statut est passé de « en danger » à « en danger critique d'extinction » en juillet 2020.

Le 9 juin 2011, la Cour de justice de l'Union européenne (CJUE) a condamné la France pour défaut de protection suffisante du Grand Hamster, reprochant un manquement dans l'instauration « d'un programme de mesures permettant une protection stricte de l'espèce du Grand Hamster (*Cricetus cricetus*) » et de fait un manquement aux obligations qui lui incombent en vertu de la directive 92/43/CEE du 21 mai 1992. La commission appuie notamment sur la non maîtrise de l'urbanisation, l'encadrement insuffisant des dérogations à la destruction de l'habitat du hamster, ainsi que l'efficacité relative des mesures agricoles. La France est depuis en contentieux et a dû mettre en place dans les meilleurs délais les mesures nécessaires pour que la population atteigne un minimum viable de 1500 individus, afin d'éviter une deuxième condamnation, synonyme d'une amende substantielle de plusieurs millions d'euros [6] [28].

I.B.3. Méthodes de préservation de l'espèce

I.B.3.a. Les plans nationaux d'actions (PNA)

En tant qu'espèce protégée, le Grand Hamster bénéficie d'une protection réglementaire (arrêté du 23 avril 2007). Néanmoins, cette protection réglementaire ne permet pas d'organiser et mettre en œuvre des actions spécifiques de préservation, d'acquisition de connaissances et de communication autour de l'espèce, contrairement aux PNA [4]. Pour enrayer le processus de déclin de l'espèce en France, trois plans (PNA) successifs en faveur du Grand Hamster ont donc été engagés par le Ministère de la transition écologique. Les deux premiers PNA (2000-2004 et 2007-2011), comprenant notamment des actions de sensibilisation du monde agricole et de restauration de l'habitat, ainsi que l'interdiction des captures et la mise en place des programmes de réintroduction, n'ont pas été suffisants pour augmenter le nombre d'animaux, laissant l'état de conservation du Grand Hamster au même stade, soit défavorable. Suite à la mise en contentieux de la France en 2011, un troisième PNA a été mis en place de 2012 à 2016. Ce PNA avait comme principal objectif d'atteindre un bon état de conservation de l'espèce, qui était défini par une population de 1500 individus sur une zone connectée de 600 ha. Les actions coordonnées entreprises dans le cadre de ce PNA comprenaient notamment des opérations d'acquisition des connaissances sur l'espèce, de restauration de son habitat, de réintroduction de l'espèce dans son milieu naturel et de communication et de sensibilisation auprès du grand public ainsi que des professionnels. L'évaluation à posteriori de ce PNA a montré que les avancées en termes d'amélioration des connaissances sur le Grand Hamster (cultures favorables à l'espèce, comportement du hamster face aux prédateurs...) ont été nombreuses et ont pour certaines, été rapidement traduites de manière opérationnelle. L'objectif démographique de 1 500 individus sur un territoire de 600 ha n'a pas été atteint mais les effectifs de l'espèce se sont stabilisés malgré des populations toujours fragiles et fragmentées. Ce travail très important coordonné entre de multiples acteurs a permis de mettre en avant les grands enjeux à développer dans la phase de discussion pour la rédaction du PNA 2019-2028 [4] [21] [23].

Le PNA 2019-2028 est le premier PNA à être lancé sur 10 ans. Il a été créé afin de répondre sur le long terme aux objectifs qui n'ont pas été atteints durant le PNA 2012-2016, avec notamment la restauration et le maintien d'un minimum de 1500 individus sur 600 ha sans l'aide de renforcements, une augmentation de l'aire de présence et l'obtention d'habitats favorables en quantité suffisante et connectés entre eux. Dans le but d'améliorer l'état de conservation de l'espèce, ce nouveau PNA tente par ailleurs de maintenir les efforts de collaboration et d'actions collectives portée par le PNA 2012-2016 afin de mieux comprendre et maîtriser les facteurs de dynamique des populations de Grand Hamster [4].

I.B.3.b. Le programme LIFE ALISTER

En parallèle du PNA 2012-2016, un autre projet dédié à la recherche de pistes d'amélioration permettant d'aider à la conservation de l'espèce a été initié en 2013 : le projet LIFE ALISTER (acronyme de Alsace Life hamSTER). Ce programme a été coordonné par la

Région Alsace et mobilisait une pluralité d'acteurs : l'Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage (ONCFS devenu depuis l'Office Français de la Biodiversité dite OFB), le Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS), la Chambre d'Agriculture de la Région Alsace (CARA), ACTéon et le Groupe d'Étude et de Protection des Mammifères d'Alsace (GEPMA). Financé par l'État, l'Union Européenne et les partenaires engagés, ce programme s'articulait autour de 4 thématiques : l'amélioration de l'habitat, la reconnexion des zones de présence, la création de nouvelles opportunités de développement et l'amélioration de l'image de l'espèce auprès du grand public. Achievé en mars 2019, il a notamment permis de financer des études sur l'alimentation et la prédation du Grand Hamster à partir desquelles certaines mesures appliquées par le PNA 2019-2028 ont été mises en place [4] [29] [30].

1.B.3.c. Les Zones d'Action Prioritaires (ZAP)

Au cours de sa régression, l'aire de répartition du Grand Hamster s'est fragmentée en plusieurs populations isolées avec trois noyaux principaux (zones centre, nord et sud de l'Alsace), contribuant à la délimitation de trois Zones d'Action Prioritaires (ZAP) créées en 2008. D'au moins 600 ha et situées sur des sols favorables, ces zones mises en place sont réparties en ZAP Nord, ZAP Sud et ZAP Piémont. Elles permettent d'axer la communication et les aides sur les acteurs locaux vivant dans ces zones [4].

1.B.3.d. Les MAEC

Depuis 2012, les agriculteurs sont inclus dans la dynamique de préservation du Grand Hamster grâce à l'un des outils du second pilier de la Politique Agricole Commune (PAC) : les Mesures Agro-Environnementales et Climatiques (MAEC), sous la forme de la mesure HAMSTER_01, seule MAEC « collective » du territoire. En règle générale, les MAEC prennent la forme d'une contractualisation sur 5 ans pour un agriculteur : ce dernier s'engage à respecter ou mettre en œuvre des pratiques jugées favorables pour l'environnement, la biodiversité, le climat, etc. Il est rémunéré par les enveloppes du second pilier s'il maintient ses objectifs. Dans le cas de la mesure HAMSTER_01, ce n'est pas directement l'agriculteur qui souscrit à la mesure mais des regroupements volontaires d'agriculteurs au sein des Zones de Protection Statique (ZPS), animés et gérés par l'association Agriculteurs et Faune Sauvage d'Alsace (AFSAL) et la Chambre d'Agriculture d'Alsace (CAA). Il s'agit donc de l'association qui souscrit à la mesure en son nom, perçoit les aides de la PAC et les redistribue aux agriculteurs adhérents.

Ce caractère collectif de la contractualisation a été mis en place à la suite de plusieurs années de contractualisations individuelles, ayant montré leurs limites dans la qualité de maillage de cultures favorable. En effet, les parcelles de culture favorables étaient « figées » trois années de suite sur une même parcelle et la répartition des parcelles de cultures favorables n'était pas concertée entre les agriculteurs contractualisant. La contractualisation collective a ainsi pour objectif, au niveau du territoire d'une ZPS, d'accroître la qualité du maillage et la souplesse donnée aux agriculteurs, notamment au regard des assolements en place dans la plaine d'Alsace. Le cahier des charges de la mesure oblige notamment à une part

minimale (24%) de la Superficie Agricole Utilisée (SAU) collective en cultures favorables, à la récolte et la fauche tardive d'une part minimale de ces cultures favorables et à la non-récolte à proximité immédiate des terriers recensés. En 2017, près de 3600 ha étaient engagés collectivement par 164 agriculteurs au sein des trois ZPS [31].

I.B.3.e. Les élevages de Grand Hamster

Le programme d'élevage de Grands Hamsters a démarré en 2002 avec la création d'une première unité dont les animaux fondateurs étaient issus des populations sauvages alsaciennes et de descendants d'individus sauvages des populations alsaciennes en provenance d'un élevage du CNRS à Strasbourg (Chronobiotron). Cette unité était à l'époque gérée par l'association Sauvegarde Faune Sauvage (SFS). Depuis 2003, des hamsters élevés en captivité sont donc relâchés dans leur milieu naturel. Plusieurs sites d'élevage ont par la suite été créés sous l'égide du SFS (à Hunawehr, Elsenheim et Mulhouse). Aujourd'hui, trois sites d'élevages de grands hamsters se trouvent sur le territoire alsacien : un élevage géré par l'association SFS à Jungholtz depuis 2015, un élevage au CNRS de Strasbourg depuis 2012 et un au NaturOparC d'Hunawehr depuis le début de l'année 2017. Dans chaque élevage, les animaux sont reproduits et un certain nombre d'entre eux sont sélectionnés pour les opérations de relâchés encadrées par l'OFB. Ces 3 structures sont en mesure de fournir annuellement 400 à 700 hamsters pour les renforcements de populations. Ces élevages, financés par la DREAL Grand-Est, répondent tous les trois à un cahier des charges strict validé par l'OFB et sont également audités une fois par an par un agent de l'OFB et le vétérinaire référent des élevages (Dr. F. Capber).

I.C. Origine, matériel et méthode de l'étude

Les audits réalisés depuis 2010 ont mis en évidence des différences notables dans les résultats d'élevages entre les trois centres, aussi bien en terme de taux de mortalité qu'en terme de succès de reproduction, avec de fortes fluctuations entre les années. Les différences entre les conditions et pratiques d'élevage des trois établissements (nombre de hamsters, modalités de gestion, zootechnie...) pourraient en partie expliquer ces différences. Par ailleurs, les augmentations d'effectifs de Grand Hamster en milieu naturel étant en deça des espérances malgré une perfusion permanente d'animaux élevés en captivité, le PNA inclut dans ses fiches actions une actualisation des connaissances des techniques d'élevage afin d'améliorer la qualité des relâchés. La fiche action 4.1 du PNA 2019-2028 notamment, a comme principaux objectifs de « fournir des animaux en quantité et qualité suffisantes et aptes pour les opérations de renforcement » et de « définir un cahier des charges standardisé des élevages à but conservatoire actualisable en fonction des connaissances acquises sur l'évolution de la conduite des élevages ». Afin de répondre à ces attentes, un état des lieux des protocoles d'élevages actuels des trois structures est nécessaire et constitue le fil rouge de cette étude. Le travail dans le cadre de cette thèse a été demandé à l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse (ENVT) à travers son service de médecine zoologique qui possède des

compétences en élevages conservatoires. Il a été réalisé en partenariat avec la DREAL Grand-Est et l'OFB dont les interlocuteurs privilégiés ont été Eric Thouvenot (Chargé de mission espèces protégées - référent mammifères) et Julien Eidenschenck (Chef de l'unité Agroécologie et PNA Hamster commun).

Après être entrée en contact avec les trois élevages, un questionnaire écrit comprenant des questions concernant les effectifs, les locaux, la zootechnie, la biosécurité et la présence du personnel (voir annexe I.A.), m'a permis de faire une première collecte de donnée en 2019. L'ensemble de ces données ont été précisées au cours de plusieurs visites d'élevage en présentiel mais également au travers de plusieurs réunions en distanciel avec les acteurs des élevages, en 2020. Toutes ces éléments ont permis la rédaction des *points II., III., et IV.* constituant un état des lieux détaillé des pratiques des trois élevages et de leurs résultats au cours des années 2017 à 2020. Il est toutefois à noter que certaines données non connues ou non transmises n'ont pas pu être intégrées dans ces parties.

Une discussion autour de ces résultats a été entreprise afin d'en tirer des pistes d'amélioration à court terme, puis à moyen/long termes. La grande diversité de format et de méthodes de relevés des données chiffrées entre élevages ont drastiquement limité la possibilité d'affiner l'étude à l'aide de méthodes statistiques, car la comparaison de ces données impliquait un biais trop important. Quand cela était pertinent, les données chiffrées ont été statistiquement traitées et étudiées à l'aide du logiciel R. Les méthodes statistiques employées sont détaillées en *annexe I.B.*

Un premier jet des résultats obtenus par cette étude, portant notamment sur l'harmonisation de la collecte des données par les élevages, a été présenté au cours d'une réunion organisée à la DREAL Grand-Est le 11 décembre 2020, réunion à laquelle des acteurs des trois élevages, de la DREAL Grand-Est, de l'OFB mais aussi Dr G. Le Loc'h (ENVT) et Dr F. Capber (vétérinaire référent des élevages) ont participé.

II. Protocole d'élevage utilisé par l'association SFS

II.A. Présentation de la structure

Jusqu'en 2015 l'association Sauvegarde Faune Sauvage (SFS) possédait trois sites dédiés à l'élevage du Grand Hamster : un à Mulhouse, un à Hunawir et un à Elsenheim. Fin 2015 à début 2016, les sites d'élevage de Mulhouse, Hunawir et Elsenheim ont été rapatriés sur le nouveau site du SFS à Jungholtz. La personne responsable de l'établissement est Jean-Paul Burget, président de l'association. Deux salariés, Célia Schappler et Ilona Ueberschlag, sont employées au soin des animaux au quotidien ; Jean-Paul Burget et Célia Schappler sont tous deux capacitaires.

II.A.1. Plan de la structure

L'élevage de l'association à Jungholtz arbore une surface d'environ 500m² et comprend un bureau, une salle d'activité, des sanitaires, deux pièces d'élevage, une salle de stockage alimentaire, une salle de rangement, une salle de quarantaine (voir *figure 7*). La salle d'élevage 1, en prenant en compte la hauteur au plafond a un volume d'environ 910 m³. La salle d'élevage 2 a un volume d'environ 434 m³.

II.A.2. Organisation de l'élevage

Avant 2017, les animaux étaient hébergés dans une grande pièce d'élevage unique. Des cloisons ont été montées en juin 2017, afin de former deux pièces d'élevage complètement indépendantes (une cloison entre les deux pièces d'élevage et une cloison les isolant de la salle d'activité, voir *figure 7*). Aujourd'hui, l'élevage s'organise en trois grandes parties.

Une salle d'élevage est dédiée aux individus reproducteurs (salle d'élevage 2 sur la *figure 7*) de l'année ainsi qu'à leurs portées. Cette salle a une surface d'environ 85m² et comprend 50 colonnes de 4 cages, représentant une capacité d'hébergement de 200 individus en condition optimale. Les cages ne sont jamais placées face à face afin que les hamsters ne puissent pas se voir d'une cage à l'autre. Ceci permettrait de limiter le stress du couple durant la reproduction, la mise bas et l'élevage des jeunes par leur mère.

L'autre salle d'élevage (salle d'élevage 1 sur la *figure 7*) regroupe tous les hamsters qui ne sont pas mis à la reproduction. Ils seront soit relâchés soit utilisés plus tard pour la reproduction. Cette salle a une surface d'environ 170m² et comprend 117 colonnes de 4 cages, représentant une capacité d'hébergement en condition optimale de 468 individus.

La salle d'activité ainsi que la salle de stockage alimentaire couvrent une surface d'environ 100m². La salle d'activité est la pièce dans laquelle ont lieu les premières étapes de mises à la reproduction des couples (voir *partie II.B.3.*). Ces étapes initiales se font à l'extérieur des salles d'élevage afin de ne pas perturber et stresser les autres hamsters (couples déjà formés, mères avec leurs petits ou hamsters allant prochainement être mis en reproduction).

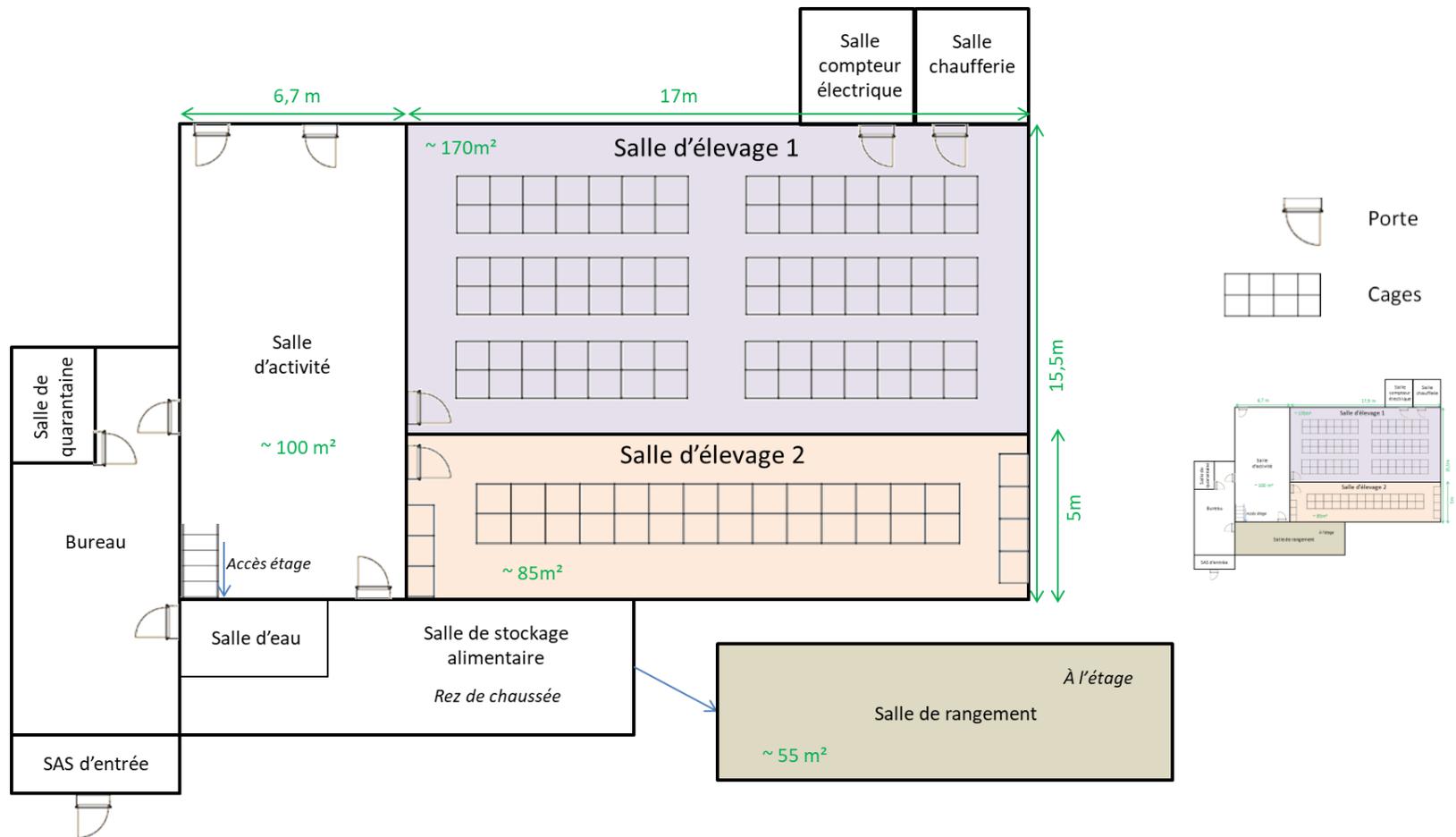


Figure 7 - Schéma du plan de la structure à Jungholtz
 (Source personnelle, basé sur un plan prodigué par l'association SFS)

II.A.3. Effectifs de hamsters hébergés par l'élevage

L'élevage du SFS est en capacité totale d'accueillir 668 individus en même temps. Depuis 2019, les effectifs de hamsters à Jungholtz environnent les 600 individus au 1^{er} janvier (voir *tableau 1*). Les plus faibles effectifs de 2017 et 2018 s'expliquent par le fait que les années 2015 et 2016 furent marquées par une hausse du nombre de morts coïncidant avec une détection importante de la bactérie *Lawsonia intracellularis* parmi les animaux malades. D'un commun accord entre le SFS, la DREAL, l'OFB, le CNRS et le Dr vet. F. Capber, il a été décidé que le SFS effectuerait un vide sanitaire sur deux ans afin d'éradiquer cette bactérie. Courant 2016, 392 hamsters ont été réintroduits dans leur milieu naturel. Au mois de juin 2017, tous les hamsters restants (424 individus) ont été réintroduits également. S'en est suivi une lourde phase de nettoyage/désinfection de l'élevage. De nouveaux hamsters en provenance du CNRS et de NaturOparC sont arrivés fin juillet pour relancer l'élevage.

II.B. Pratiques d'élevage

II.B.1. Hébergement des animaux

II.B.1.a. Cages, litière et enrichissements utilisés

Tous les hamsters sont logés dans des cages individuelles de 60x60x40cm en métal installées par colonne de 4 cages (voir *figure 9* et *10*). La profondeur du bac de cage est de 9 cm. Les grilles des cages sont équipées d'un biberon individuel gradué de 600mL et d'un râtelier à nourriture d'une capacité d'environ 80g pour l'aliment proposé. Cette petite taille de râtelier a été choisie volontairement par les soigneurs car il est plus difficile pour les animaux des morceler les bouchons. Ainsi, le temps de prise alimentaire des animaux est augmenté ce qui permet de les occuper plus longtemps dans leur quête alimentaire. Des étiquettes amovibles, indiquant l'identifiant de chaque animal, sont installées sur toutes les cages.

La litière est faite de copeaux de lin. Ce type de litière a été choisi car c'est une litière légère, qui fait peu de poussière et qui est économique en comparaison avec la litière de copeaux de bois utilisée dans l'élevage jusqu'en 2016. Environ 2,5L de litière sont placés sur le sol de chaque cage afin de permettre le comportement fouisseur du hamster. Depuis 2017, de la poudre absorbante Bioclean confort ND, faite de végétaux et minéraux asséchants (poudre de roche (argile), poudre de végétal capteur d'ammoniac (*Yucca Schidigera*) et substances aromatiques (huile essentielle d'eucalyptus)), est également ajoutée à la litière dans le but de réduire l'humidité et de limiter le taux d'ammoniac dans l'atmosphère en optimisant l'absorption d'urine.

Tableau 1 - Effectifs hébergés par l'élevage du SFS de 2017 à 2020

		Au 1 ^{er} janvier 2017	Au 24 juillet 2017	Au 1 ^{er} janvier 2018 <i>Sur l'année 2017 à partir de juillet</i>	Au 1 ^{er} janvier 2019 <i>Sur l'année 2018</i>	Au 1 ^{er} janvier 2020 <i>Sur l'année 2019</i>	Au 1 ^{er} janvier 2021 <i>Sur l'année 2020</i>
Nombre de hamsters		424	223	202 225	358 513	649 928	604 1076
Nombre de femelles		206	98	89	185	314	
Nombre de mâles		217 + 1 animal de sexe inconnu	125	113	163	335	
Âge	< 1an	62	57	7	302	575	417
	1-2 ans	362	166	195	7	74	187
	2-3 ans	0	0	0	39	0	0
	> 3 ans	0	0	0	0	0	0
Origine/lieu de naissance		- 141 de Elsenheim - 8 de Hunawihir - 215 de Mulhouse - 60 de Jungholtz (Tous du SFS)	- 198 du CNRS - 25 de NaturOparC	- 196 du CNRS - 6 de NaturOparC	- 39 du CNRS - 7 de NaturOparC - 302 du SFS	- 649 du SFS	- 616 du SFS

Vide sanitaire

Les cases grisées représentent les informations non transmises ou non disponibles au moment de la collecte de données

Le matériau proposé pour la construction du nid est fait de fibre de bois d'épicéa dépoussiérée. Suite au vide sanitaire de 2017, le foin a été proscrit au sein de l'élevage afin de limiter la prolifération de parasites (puces, acariens) et de spores de champignons par la propagation de poussière de foin. Chaque animal dispose d'un terrier artificiel sous forme de casier à vin en argile de 30x17x17cm et de 13cm de diamètre pour le cylindre accessible au hamster, lui permettant de se cacher et d'y construire son nid (voir *figure 8*). L'habitué à l'homme serait ainsi limitée.

II.B.1.b. Répartition des animaux

Répartition en salle de reproduction

Du fait de la superposition en colonne des cages, l'activité des hamsters et notamment leur comportement fouisseur amènent à une transmission de litière souillée des cages du dessus vers les cages du dessous. De la litière de la cage du rang le plus haut (1^{er} rang) peut donc être retrouvée, même si rarement, dans la cage du rang le plus bas (4^{ème} rang). Cette propagation de litière souillée par les sécrétions et excréments des congénères permet une communication olfactive intraspécifique via les phéromones présentes dans leurs fluides corporels. Notamment, les urines contiennent des hormones sexuelles pouvant influencer le cycle reproductif des individus.

Les soigneurs ont donc décidé de prendre en compte cet état de fait afin de répartir du mieux possible les animaux. Cette disposition considère les effets possibles suivant :

- l'effet Bruce : le nombre d'avortement augmente (blocage de l'implantation embryonnaire) en présence de phéromones provenant d'un mâle différent du père ;
- l'effet Vandenberg : la puberté des jeunes femelles s'accélère en présence de phéromones provenant d'un mâle adulte différent du père ;
- l'effet Lee Boot : dans un groupe de femelles (minimum trois individus) vivant ensemble, les phéromones des autres femelles entraînent un retard de puberté avec une tendance au ralentissement des cycles à court terme voire à l'arrêt des cycles à long terme (groupes stables) ;
- l'effet Whitten : si ce même groupe est ensuite exposé aux phéromones d'un mâle adulte, l'ovulation redémarre et les cycles œstraux se synchronisent [32].

En tenant compte de ces différents éléments, la répartition des animaux dans une colonne a été pensée comme suit (voir *figure 9*) :

- rang 1 : un mâle reproducteur non consanguin avec la femelle en rang 2 ;
- rang 2 : une femelle reproductrice ;
- rang 3 : un mâle reproducteur non consanguin avec la femelle en rang 4 ;
- rang 4 : une femelle reproductrice.



Figure 8 - Photographie annotée d'une cage et de ses enrichissements dans l'élevage du SFS
 (Source : SFS, annotations personnelles)



Figure 9 - Photographie des cages en salle de reproduction du SFS
 (Source : SFS, annotations personnelles)

Selon les soigneurs, l'effet Lee Boot est ainsi évité du fait de la présence de moins de 3 femelles par colonne. La femelle en rang 2 est mise à la reproduction avec le mâle en rang 1, afin d'éviter l'effet Bruce. Les femelles à la reproduction sont toutes mises en contact avec l'urine du mâle non consanguin situé au rang supérieur environ une à deux semaines avant la mise à la reproduction ou le lâcher. Ainsi, selon l'effet Vandenberg, cette mise au contact d'urine mâle permet l'apparition rapide de la puberté et selon l'effet Whitten, stimule les femelles à la reproduction en activant leur cycle ovarien.

Ces hamsters seront, pour certains, retransférés en salle d'élevage 1 et relâchés par couple après la reproduction. En déclenchant la puberté des femelles destinées à être relâchées, il est également espéré améliorer leurs chances de se reproduire dans la nature. Les nouveau-nés seront également transférés en salle d'élevage 1 au moment de la séparation des fratries. Seuls 2 ou 3 petits maximum par portée sont conservés en salle d'élevage 2. Ces individus sont répartis dans les cages en fonction de leur sexe (cages mâle ou femelle) et des futurs couples supposés avec les autres portées. Les emplacements seront réadaptés au besoin lors de la prochaine saison de reproduction.

Répartition en salle d'élevage de hamsters hors reproduction

Jusqu'en 2019, en salle d'élevage d'animaux hors reproduction, les soigneurs procédaient selon le même schéma qu'en salle de reproduction en alternant mâle et femelle sur chaque colonne. La répartition des animaux parmi ces emplacements était ensuite globalement aléatoire sauf si certains couples étaient déjà présumés pour la suite. Les fratries n'étaient cependant pas mises dans une même colonne ou dans des colonnes proches.

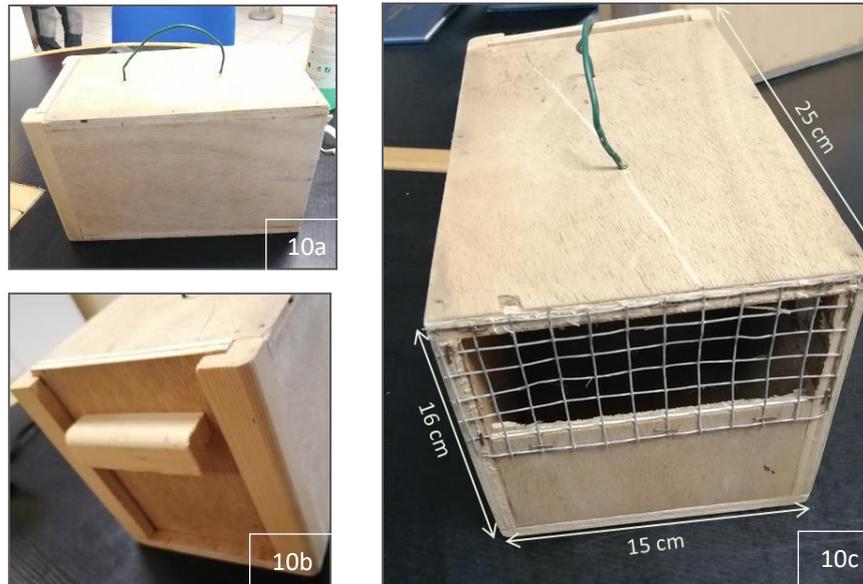
Depuis 2019, la répartition en salle d'élevage d'animaux hors reproduction se fait par regroupement des fratries sur des cages adjacentes et colonnes adjacentes. Cela facilite l'organisation des soigneurs lorsqu'il s'agit de retrouver un animal à partir de son numéro d'élevage (année de naissance, numéro de portée). Si la place disponible ne permet pas de rapprocher les cages des animaux d'une même fratrie, alors ces derniers sont répartis dans les cages disponibles.

Les couples mis à la reproduction et retransférés en salle d'élevage de hamsters hors reproduction sont gardés si possible dans deux cages adjacentes afin de faciliter les relâchés par couple.

Méthode de transport des animaux d'une cage à une autre

Pour toute sortie de leur cage, les animaux sont transportés individuellement dans des boîtes de transport de dimensions 26x15x16cm (voir *figure 10a à 10c*).

L'avant de la cage comprend une trappe soulevable pour faire entrer le hamster. L'arrière est à moitié grillagé dans le but de trouver un compromis entre garder l'animal dans le noir afin de limiter son stress et assurer le renouvellement de l'air ainsi que la visibilité dans la boîte. Si les soigneurs ont besoin de déplacer l'animal dans sa cage pour l'amener dans sa boîte de transport, celui-ci sera poussé doucement vers l'entrée à l'aide d'une petite passoire.



Figures 10a à 10c - Photographies d'une boîte de transport au SFS : vue de côté (10a), de l'avant (10b) et de l'arrière (10c)
(Photographies et annotations personnelles)

II.B.1.c. Paramètres d'ambiance

Température

Des pompes à chaleur réversibles (climatisation en été, chauffage en hiver) sont présentes dans les deux salles d'élevage et dans l'atelier et permettent de réguler en partie la température grâce à un système de thermostats. En cas de mesure inadaptée, les pompes à chaleur sont mises en marche et la température consigne dans la pièce est fixée afin de stabiliser la température ambiante. Fin mai 2017, des aérothermes ont été installés en complément car les pompes à chaleur ne permettaient pas de faire descendre la température de la pièce en dessous de 16°C. Leur association permet désormais de maintenir une température autour de 10°C pour l'hibernation.

Jusqu'en juin 2019, les températures de chaque pièce ont été relevées une fois par jour, à heure variable et uniquement les jours de présence du personnel, et ce à partir de deux thermomètres placés au centre des pièces d'élevage. À partir de juin 2019, les thermomètres ont été enlevés et deux nouveaux capteurs par salle (l'un à l'avant, l'autre à l'arrière, voir *figure 11*) ont été installés afin de permettre un contrôle plus précis de la température et de l'hygrométrie.

Les données relevées par les 4 capteurs sont directement consultables par internet y compris à distance. La température est désormais relevée toutes les 30 minutes tous les jours. Les soigneurs conservent 4 valeurs par jour à intervalle de 6 heures à environ 00h00, 06h00, 12h00 et 18h00. Les soigneurs peuvent régler sur un logiciel les températures limites à partir desquelles ils souhaitent être prévenus afin de pouvoir intervenir. Des alertes par e-mails et SMS sont ainsi envoyées lorsque la température dépasse les seuils fixés.

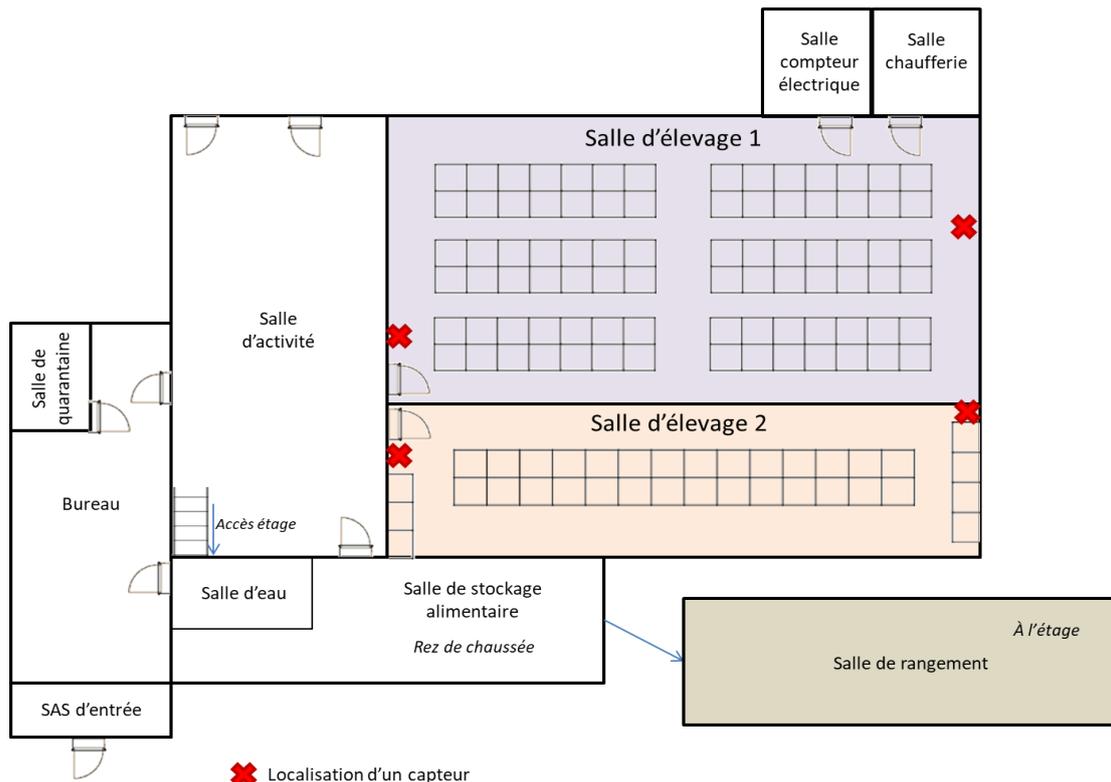


Figure 11 - Localisations des capteurs de température/hygrométrie dans les salles d'élevage du SFS

En 2018, il a été convenu entre les trois élevages que les températures idéales à avoir au sein de l'élevage devaient être les plus proches possibles des températures présentes au sein des terriers de Grand Hamster en milieu naturel. Les variations de température journalières sont également limitées le plus possible car dans la nature, la température du terrier est stable (voir *paragraphe I.A.2.*).

Pour choisir la température à obtenir au sein des pièces d'élevage, les soigneurs prennent en compte la saison, mais aussi les conditions météorologiques récentes afin d'être le plus cohérent possible avec ce qu'il se passe en extérieur. Le tableau (*tableau 2*) suivant regroupe donc la température souhaitée type sur une année, pouvant varier de quelques degrés selon appréciation des soigneurs.

Tableau 2 - Température consigne choisie par l'élevage de SFS selon le mois de l'année

	Température consigne
Janvier	7 à 10°C
Février	10°C
Mars	15°C
Avril	18°C
Mai à août	20 à 22°C
Septembre	18°C
Octobre	15°C
Novembre	7 à 10°C
Décembre	7 à 10°C

En cas de modification de la température consigne lors d'un changement de saison, celle-ci est diminuée ou augmentée d'environ 1 degré par semaine jusqu'à arriver à celle souhaitée en jouant sur l'activité de la pompe à chaleur et/ou de l'aérotherme. Les températures limites tolérables fixées sur le logiciel associé aux capteurs sont à l'appréciation des soigneurs. En général, les seuils sont choisis à +/- 2°C autour de la température consigne afin de pouvoir intervenir rapidement en cas de variation non désirée.

Hygrométrie

Les pompes à chaleur réversibles ont également une fonction de déshumidification. Jusqu'en 2019, l'hygrométrie était également estimée sur les thermomètres de chaque salle. Depuis 2019, ce sont les nouveaux capteurs qui permettent le suivi de l'hygrométrie de la même manière que la température.

L'hygrométrie n'est quasiment jamais régulée dans l'élevage. Les soigneurs tolèrent des variations saisonnières comprises entre 40% et 60% en été et jusqu'à 70% d'hygrométrie en hiver. En dehors de ces normes, il est essayé de réguler au mieux l'hygrométrie des pièces d'élevage par déshumidification (pompe à chaleur) ou par humidification (nettoyage des sols plus fréquent et avec beaucoup d'eau).

Ventilation et qualité de l'air

Un système d'extraction d'air avec un débit de 1500m³/heure permet le renouvellement continu de l'air ambiant dans l'ensemble de l'élevage. Ce système d'extraction d'air ne possède cependant pas de fonction de traitement de l'air introduit.

Eclairage

L'éclairage est à la fois naturel et artificiel. Dans les pièces d'élevage, le plafond, très haut, comprend plusieurs lignes de baies vitrées dans sa longueur dont l'éclairage est complété par une lignée de lampes (voir *figure 12*).

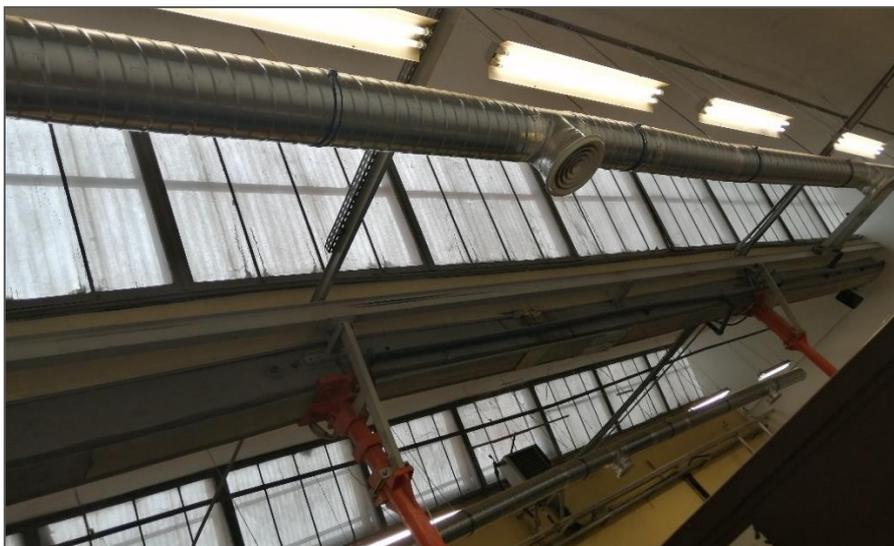


Figure 12 - Photographie des baies vitrées et lampes en salle d'élevage à Jungholtz
(Source personnelle)

En 2017, la durée d'éclairage artificiel n'était pas mesurée. Les soigneurs allumaient la lumière en entrant dans la pièce et l'éteignaient en sortant, uniquement les jours de présence. À partir de 2018, un minuteur permettant d'automatiser l'éclairage dans les deux salles d'élevage a été installé. Les heures d'allumage et d'extinction de la lumière sont fixées sur le minuteur (situé sur le compteur électrique accessible par la salle d'élevage 1) par les soigneurs, leur permettant ainsi de synchroniser régulièrement la luminosité artificielle des salles à la luminosité extérieure, afin de se rapprocher le plus possible du rythme circadien naturel. La durée de l'éclairage est de ce fait adaptée selon les saisons. En 2020, le temps d'éclairage est passé de 12h à 14h en période de reproduction (voir *tableau 3*). Ce changement s'appuie sur les conseils d'une thèse abordant l'élevage de myomorphes [33].

Par ailleurs, l'élevage n'a pas encore de données robustes concernant la quantité de lumière fournie par la lumière naturelle et artificielle dans les pièces d'élevage. Quelques essais de mesure ont été réalisés sur demande fin 2020 (voir *partie II.C.1.c.*).

Tableau 3 - Heures d'éclairage dans l'élevage du SFS selon les mois de l'année en 2020

	Heure de début d'éclairage en moyenne	Heure de fin d'éclairage en moyenne	Durée d'éclairage journalière en moyenne
Janvier	8h	16h	8 heures
Février	7h30	17h	9 heures 30 minutes
Mars	7h	18h30	11 heures 30 minutes
Avril	7h	20h	13 heures
Mai à août	6h30	20h30	14 heures
Septembre	7h	18h30	11 heures 30 minutes
Octobre	7h30	17h	9 heures 30 minutes
Novembre	8h	16h	8 heures
Décembre	8h	16h	8 heures

Ambiance sonore

Les cloisons montées en juin 2017 afin de former deux pièces d'élevage complètement indépendantes (voir *partie I.A.2.*) sont en Placo® simple. Le mur du fond des salles reliant l'élevage au garage autoroutier voisin est en Placo® phonique (voir *figure 13*). Ainsi les pièces d'élevage sont normalement isolées de toute nuisance sonore.

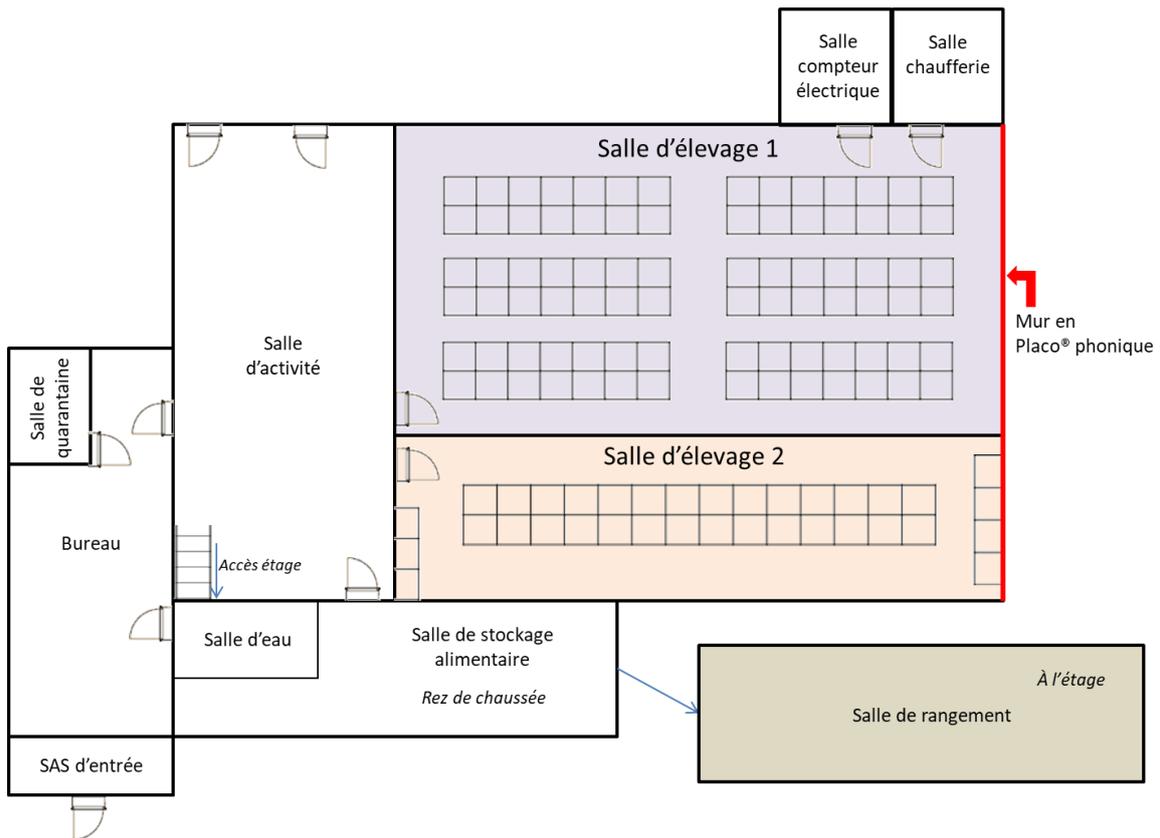


Figure 13 - Localisation du mur isolé phonétiquement du bâtiment voisin

Gestion de l'hibernation

Dans l'élevage du SFS, les premiers animaux à entrer en hibernation commencent à entrer en torpeur fin septembre. Ils commencent à sortir d'hibernation fin mars. Les passages dans les pièces d'élevage par les soigneurs, qui sont habituellement quotidiens, sont limités à 2 ou 3 passages par semaine. Le nettoyage des cages n'a lieu qu'une seule fois durant l'hibernation, sauf pour les hamsters qui ne sont pas en torpeur et qui salissent davantage leur cage, pour lesquels le nettoyage est plus régulier. Les soigneurs repèrent les animaux actifs notamment par observation directe des individus réveillés ou par une réduction de la quantité d'aliments mise à disposition dans la cage.

Afin de suivre la survie des animaux en hibernation, un bout d'oignon est donné une fois par mois et bien mis en évidence dans la cage. Si ce dernier a été grignoté lors de la prochaine visite des soigneurs, cela signe que l'animal est toujours en vie, ce qui n'est pas toujours évident à vérifier lors de phases de torpeur comme les animaux sont, pour la plupart, cachés dans leur nid. Les soigneurs nomment cela le « test de l'oignon ».

II.B.2. Alimentation et boisson

II.B.2.a. Alimentation

Le *tableau 4* résume l'ensemble des informations ci-après.

Alimentation des hamsters adultes à l'entretien

L'aliment principal est un aliment complet spécial hamster à base de bouchons « Top Rongeur » de chez Evalis (composition détaillée en *annexe II.A.*). Tous les hamsters ont à leur disposition quotidiennement 80g de bouchons. Il arrive que des bouchons « Top Rongeur Guyolap » de chez Evalis soient donnés à l'entretien en fonction des stocks disponibles (composition détaillée en *annexe II.A.*). Des bouchons sont ajoutés dans le râtelier afin de le remplir au maximum tous les jours en période de haute activité (printemps/été) puis 2 à 3 fois par semaine en période d'hibernation comme les hamsters sortent de torpeur pour s'alimenter régulièrement. Les restes du râtelier ne sont pas jetés.

En plus des bouchons, les hamsters à l'entretien sont complémentés¹ une fois par semaine de mars à septembre avec :

- 5 à 10g de luzerne déshydratée provenant de la coopérative HASSENFORDER® (coopérative GRASASA® avant 2018) le lundi ;
- 5 à 10g de croquettes pour chiot de la marque EuroPremium Puppy Medium Chicken and Rice (composition détaillée en annexe) le vendredi.

Les animaux reçoivent parfois une petite poignée de graines (mélange de graines pour tourterelles DeliNAture) posée dans la cage au moment du nettoyage mensuel des cages. Ces aliments complémentaires n'ont pas seulement un intérêt nutritif mais représentent également un enrichissement comportemental afin d'habituer les hamsters à d'autres aliments que les bouchons.

En période d'hibernation (octobre à février), un mélange de croquettes/luzerne avec approximativement les mêmes quantités est donné une fois par mois. Un bout d'oignon est également donné une fois par mois pour le test de survie.

Les aliments sont passés à travers les barreaux de la cage afin de ne pas déranger l'animal et limiter les risques de morsure.

Alimentation des hamsters à la reproduction

Durant la haute saison, l'alimentation principale des femelles reproductrices est constituée de bouchons « Top Rongeur Guyolap » de chez Evalis (composition détaillée en *annexe II.A.*), aliment préféré par les éleveurs car il serait plus riche en certaines vitamines et oligo-éléments que le « Top Rongeur ». Au cours de la période d'accouplement durant une

¹ Complémentation mise en place depuis 2011 et adaptée en collaboration avec M. Bas Martens du Gaïapark en Hollande et M. Valentin Assenberg du Zoo de Rotterdam

semaine, le mâle peut consommer les mêmes aliments que la femelle avant d'être remis dans sa cage. Seul, il reçoit une ration d'entretien.

Les femelles mises à la reproduction donc potentiellement gestantes et les femelles allaitantes, sont complémentées avec un mélange de graines pour tourterelles DeliNAture (composition en *annexe II.A.*) deux fois par semaine, le lundi et le vendredi. Le couple reçoit également une poignée de mélange de graines lors de l'installation dans la cage conjugale. En effet, il a été estimé par les soigneurs que comme les besoins énergétiques des femelles gestantes et allaitantes augmentent par rapport à ceux d'un animal à l'entretien, cette source plus variée de nourriture pouvant être triée, permettrait aux animaux de sélectionner les graines les plus riches en éléments permettant de couvrir leurs besoins. Un mélange de graines pour petits rongeurs DeliNAture était utilisé jusque fin 2018 (composition en *annexe II.A.*) mais sa composition était moins proche du régime alimentaire du Grand Hamster en milieu naturel que le mélange pour tourterelles.

Des boulettes galactogènes² leurs sont également données deux fois par semaine, le lundi et le vendredi. Elles sont composées d'orties fraîches broyées, de carvi, de cumin et de croquettes pour chiot pour une meilleure appétence. Ces boulettes sont proposées afin de limiter les problèmes d'allaitement précédemment constatés chez certaines mères devant nourrir des portées comportant un nombre élevé de petits. Des aliments frais (oignons, pommes, endives, carottes, œufs durs) sont donnés deux fois par semaine aux mères allaitantes et aux nouveau-nés non sevrés. Cette alimentation est conservée jusqu'à la séparation de la mère des petits (vers un mois).

Alimentation des juvéniles sevrés en croissance

La ration principale des nouveau-nés est la même que celle de la mère. Dès leur naissance et jusqu'à 7 semaines, les jeunes reçoivent également des aliments frais avec mise à disposition d'œuf dur, d'oignon, de pomme et du mélange de graines pour tourterelles (DeliNAture). Bien que dans les premiers jours de leur vie, ces aliments complètent uniquement l'alimentation de leur mère, les petits y goutent dès l'âge de 7 à 10 jours ce qui favoriserait leur croissance. De plus, il semblerait que les jeunes ainsi mieux repus s'endorment plus facilement et offrent davantage de répit à la mère entre les tétées. Dans les cas de grande portée, un meilleur repos de la mère serait favorable à la survie des petits. Des grillons vivants sont aussi occasionnellement proposés aux jeunes afin d'enrichir l'alimentation et le comportement.

Les soigneurs ont également estimé que le stress lié aux séparations pouvant entraîner une phase de dysorexie, cet apport très riche permettait de compenser des carences le temps de l'adaptation aux nouvelles conditions de vie. Ces aliments très appétents distribués uniquement deux fois par semaine permettent aussi aux soigneurs d'estimer le nombre

² Recette élaborée en collaboration avec L'école Lyonnaise des plantes médicinales (69001, Lyon), l'herboristerie « Croix Rousse » (69002, Lyon) et M. et Mme Wurtz, herboristes (68420, Freland) L'ortie, le carvi et le cumin sont réputés comme étant des aliments galactogènes.

estimé de nouveau-nés par observation régulière car les petits sortent ainsi plus facilement de leur cachette.

Alimentation des hamsters avant relâchés

Les bouchons distribués aux animaux à l'entretien restent à disposition. Une semaine avant les relâchés, les hamsters reçoivent également des grains de blé car c'est un des principaux aliments qu'ils sont susceptibles de consommer en milieu naturel. Néanmoins, aucune nourriture fraîche en provenance de leur milieu naturel n'est donnée aux animaux afin de limiter les risques sanitaires qui pourraient leur être associés.

Par ailleurs, bien qu'à l'état naturel, le Grand Hamster d'Alsace se nourrisse également de micromammifères et d'invertébrés, les soigneurs ne présentent pas d'animaux vivants pendant la période qui précède un lâcher car les contraintes sanitaires associées sont beaucoup trop importantes du fait des effectifs élevés. En effet, présenter des proies vivantes nécessiterait de les retirer si :

- elles n'ont pas été tuées afin d'éviter toutes blessures sur les hamsters ;
- elles n'ont pas été consommées entièrement afin de limiter la dégradation sanitaire de la cage qui s'en suivrait.

Une étude réalisée en interne de l'élevage en 2012 a montré que les animaux se dirigent d'instinct dès la première semaine vers la proie proposée pour la première fois, peu importe l'espèce présentée (souris ou vers) [34]. Le Grand Hamster n'aurait donc pas besoin de phase d'apprentissage pour aller attraper sa proie. La diversité des proies vivantes données stimulerait par ailleurs positivement le hamster dans son comportement de recherche alimentaire. Enfin, aucun hamster s'étant vu proposé des proies vivantes n'a subi de dommage de son état de santé. Selon les conclusions de l'étude, l'apport de proies vivantes serait donc non essentiel pour la réintroduction puisque que les animaux ont présenté une grande adaptabilité au cours de l'étude. Il s'agirait cependant d'un enrichissement bénéfique intéressant à généraliser, mais les contraintes de gestion sont aujourd'hui trop grandes pour les soigneurs.

II.B.2.b. Boisson

L'eau proposée aux animaux est de l'eau du robinet potable de l'élevage.

Le biberon a une capacité de 600mL. Le niveau d'eau est contrôlé quotidiennement les jours de présence du personnel. Les biberons sont remplis à niveau si besoin, au minimum une fois par semaine d'avril à septembre puis une fois par mois d'octobre à mars, et ce, sans être décrochés du portoir (ouverture sur le dessus). L'eau des biberons est complètement changée dès que besoin et au minimum 3 fois par an.

Tableau 4 - Bilan des aliments proposés aux animaux au SFS selon la période de l'année et leur cycle physiologique

	Animaux à l'entretien	Animaux à la reproduction	Juvéniles	Animaux avant relâchés
Ration principale	Bouchons « Top Rongeur » de chez Evalis à volonté au râtelier	Bouchons « Top Rongeur Guyolap » de chez Evalis à volonté au râtelier	Bouchons « Top Rongeur Guyolap » de chez Evalis à volonté au râtelier	Bouchons « Top Rongeur » de chez Evalis à volonté au râtelier
Aliments complémentaires (par individu)	<p><u>Toute l'année :</u> Une poignée de graines pour tourterelles au moment du changement de litière</p> <p><u>De mars à septembre :</u> - 5 à 10g de luzerne déshydratée 1x/semaine - 5 à 10g de croquettes pour chiot 1x/semaine</p> <p><u>D'octobre à février :</u> 5 à 10g d'un mélange de luzerne déshydratée et de croquettes pour chiot 1x/mois</p>	<p>- Une poignée de graines pour tourterelles 2x/semaine</p> <p>- Une boulette galactogène 2x/semaine</p> <p>- Aliments frais (oignons, pommes, endives, carottes, œufs durs) 2x/semaine</p>	<p>Idem animaux à la reproduction jusqu'à séparation des portées</p> <p>Ajout de grillons vivants occasionnellement</p> <p>Quantités augmentées selon le nombre de petits estimé</p>	<p>Idem animaux à l'entretien</p> <p>Ajout de grains de blé une semaine avant relâchés</p>

Les soigneurs du SFS et de NaturOparC ont entamé une réflexion en 2018 sur la nécessité de laisser de l'eau à disposition aux animaux via les biberons, notamment en période précédant les lâchés, dans la mesure où les hamsters consomment pratiquement toute leur eau via leur alimentation en milieu naturel (voir *paragraphe I.B.1.*). Ainsi, les déshabituer au biberon en le retirant durant la période de pré-lâché semble être une idée pertinente pour les soigneurs. Cela n'a pas été mis en place toutefois au SFS car selon les soigneurs, retirer l'accès à l'eau nécessiterait en parallèle de proposer davantage d'aliments frais, riches en eau, qui devront être retirés si non consommés. Cela représente une contrainte de gestion aujourd'hui trop grande pour le personnel de l'élevage au vu du nombre d'individus à relâcher chaque année.

II.B.2.c. Gestion des stocks alimentaires

Une salle de stockage est dédiée à l'entreposage des aliments. Dans cette salle, la température et l'hygrométrie ne sont pas mesurées.

L'aliment non entamé est conservé dans son conditionnement initial. Le contenu des sacs d'aliment ouverts est transféré dans de grands bidons en plastique. L'aliment est utilisé jusqu'à épuisement du bidon, à une vitesse qui permet d'éviter de dépasser les dates limites de conservation. Une fiche de gestion des stocks est affichée sur la porte de la salle de stockage alimentaire. Enfin, la nourriture est achetée au fur et à mesure que les stocks s'amenuisent pour limiter le dépérissement des denrées.

L'évaluation qualitative de l'aliment se fait uniquement visuellement par recherche de moisissures ou parasites. Il n'y a pas de contrôle qualité effectué sur l'eau par les soigneurs.

II.B.3. Reproduction des hamsters

II.B.3.a. L'accouplement

Au cours d'une saison de reproduction (annuelle), les soigneurs mettent les animaux à la reproduction au cours d'au moins trois sessions différentes afin d'espacer les périodes de mises à la reproduction et les mise-bas. Cela facilite ainsi l'organisation et le suivi des animaux en ne groupant pas tout le travail au même moment.

Choix des reproducteurs et génétique

La sélection des reproducteurs se fait à partir de la base de données référencée sur le logiciel ZooEasy³. La sélection des couples s'appuie exclusivement sur les taux de consanguinité des descendants calculés par le logiciel. N'ont été mis à la reproduction que des couples ayant un taux de consanguinité de 0% jusqu'en 2019. Depuis 2019, il est devenu très compliqué pour les soigneurs d'atteindre un taux de 0% et dorénavant ce taux est plutôt compris entre 0 et 3% maximum. Suite à la naissance d'une portée, seulement deux à trois

³ ZooEasy - Pedigree software for breeders and clubs, www.zooeasy.com

hamsters maximum sont conservés pour la reproduction afin de limiter que des individus avec un patrimoine génétique soient trop nombreux à se reproduire.

Lors de la mise à la reproduction, les animaux étaient en moyenne âgés de 2 ans en 2017 et 2018 et de 1 an en 2019 et 2020. Les femelles et les mâles ne sont mis à la reproduction en moyenne qu'une seule fois au cours de l'année et au cours leur vie dans l'élevage. Cependant, en cas d'échec d'un accouplement, c'est-à-dire que les animaux n'ont pas voulu s'accoupler ou que la femelle n'a pas mis bas, le couple est remis à la reproduction une nouvelle fois lors de la deuxième session de reproduction. Enfin, si après deux essais le couple ne mène pas à une mise-bas, le mâle et/ou la femelle est accouplé(e) avec un autre individu lors d'une troisième session de reproduction. En général, une centaine d'individus sont mis à la reproduction durant la première session, puis de 20 à 50 individus comprenant les couples ayant échoué aux autres sessions pendant les sessions suivantes. Aussi, si un individu (mâle ou femelle) se trouve être très intéressant génétiquement (faible taux de consanguinité avec ses congénères de l'élevage), il peut être gardé pour la reproduction de l'année suivante. Les animaux ne sont jamais reproduits plus de deux fois dans leur vie dans l'élevage.

En 2020, les soigneurs ont relevé le taux de consanguinité des animaux mis à la reproduction. Les relevés suivants ont été référencés pour les 79 couples ayant eu des petits (voir *tableau 5*).

Tableau 5 - Nombre de couples en fonction de leur taux de consanguinité, sessions 2020

Taux de consanguinité	0%	0,20%	0,39%	0,59%	0,78%	0,98%
Nombre de couples	17	2	32	5	19	4
Pourcentage de couples	22%	2,5%	40%	6%	24%	5,5%

Préparation à la mise à la reproduction

Au minimum une semaine avant la mise en reproduction, les couples non consanguins formés à l'aide du logiciel ZooEasy sont placés en salle de reproduction dans des cages l'une au-dessus de l'autre, avec le mâle dans la cage au-dessus de celle de la femelle. La femelle s'habituerait ainsi progressivement à l'odeur du mâle et l'accepterait plus facilement lors de la mise en contact. Pendant cette semaine, afin d'améliorer l'acceptation, les soigneurs placent tous les jours une petite quantité de litière souillée d'urine du mâle devant le terrier de la femelle et inversement.

Technique de mise à la reproduction

Le jour de la mise en contact, le couple est placé dans un bac de reproduction (120x80x38cm), propre et neutre en odeur (voir *figure 14*). La femelle est laissée libre dans le bac et le mâle y est placé dans une souricière (29,5x13,5x12,5cm, voir *figure 15c*). Les deux individus peuvent ainsi se voir et se sentir sans pouvoir s'agresser. Les soigneurs laissent alors s'écouler 5 minutes afin d'analyser le comportement des animaux et éventuellement remarquer d'éventuels signes d'agressivité.



Figure 14 - Photographie des bacs de mise à la reproduction (salle de rangement)
(Photographie et annotations personnelles)



Figures 15a à 15c - Photographies d'un couple à la reproduction (15a), du bac de mise à la reproduction avec élément en bois (15b) et de la souricière (15c)
(Source : SFS, annotations personnelles)

Si aucun signe n'est observé, le mâle est ensuite libéré de sa souricière. Dès lors, les soigneurs laissent la parade se faire une trentaine de minutes si tout se passe bien (voir *figure 15a*). Une petite planche en bois placée au milieu du bac de dimensions 25x20cm permet aux animaux de se cacher au besoin (voir *figure 15b*).

En cas de bonne entente, le couple est placé dans la cage de la femelle pendant 7 jours. À la fin de ce délai, le mâle est retiré de la cage du couple et replacé dans sa propre cage au-dessus de la femelle car après l'accouplement, la femelle ne tolère plus le mâle et risque de le blesser. Un délai de 7 jours a été choisi car il couvre la durée d'un cycle œstral de la femelle. Par ailleurs, les soigneurs ont constaté que les femelles ne mettaient jamais bas à des dates qui correspondaient à une fécondation plus tardive que ce premier cycle. Il n'est donc, selon eux, pas utile de laisser le mâle plus longtemps que 7 jours car s'il n'y a pas eu fécondation avant, il n'y aura plus (ou rarement) de fécondation par la suite. Enfin, au moment de la séparation de la mère de ses petits, le mâle et la femelle seront transférés en cages individuelles côte à côte dans la salle d'élevage 1.

Les soigneurs ont par ailleurs remarqué qu'en début ou en fin de saison de reproduction, l'accouplement prenait plus de temps qu'en milieu de saison. En effet, en milieu de saison il est quasi systématique d'observer les animaux copuler dès la mise en contact dans la boîte de reproduction alors qu'en début ou fin de saison, les animaux s'accouplent plutôt après placement dans leur cage. Le succès de l'accouplement semble également varier de manière individuelle selon le caractère des individus.

Un couple est considéré comme « formé » s'il a passé le test des 30 minutes dans le bac de reproduction et a été installé dans une cage commune.

Dates de mise à la reproduction

Les hamsters sont mis à la reproduction à partir de fin avril et jusqu'à fin juin. En effet, en 2011, une étude a été réalisée en interne à l'élevage afin de connaître les périodes les plus propices à la reproduction. Cette étude a permis de montrer qu'aucune naissance n'a lieu si la reproduction se fait avant le 15 avril ou après le 10 juillet.

II.B.3.b. La gestation

Durant la période de gestation supposée, la femelle est seule dans la cage dans laquelle elle a été placée initialement à partir du moment où le mâle est retiré (7 jours suite à la mise à la reproduction). Comme dit précédemment, l'alimentation est changée pour répondre au mieux aux besoins de la femelle et les passages des soigneurs, ainsi que le nettoyage des cages, sont limités afin de ne pas la déranger.

Aucun diagnostic de gestation n'est effectué sur les femelles des couples formés.

II.B.3.c. La gestion des mises-bas

Les soigneurs ne réalisent pas d'examens complémentaires afin d'identifier précisément le moment de la mise-bas. Les dates de mises-bas sont estimées à partir des jours

de mise à la reproduction (gestation d'environ 3 semaines). Des fibres de bois sont ajoutées une semaine avant une potentielle mise-bas et après la mise-bas si cela est nécessaire, afin que la femelle ait assez de matériel pour la construction du nid.

II.B.3.d. La gestion des nouveau-nés

Taille des portées et néomortalité

Les mort-nés sont difficiles à observer dans la mesure où les mères ont tendance à les manger après la mise-bas. Les soigneurs ne dérangent pas les mères après la mise-bas pour aller compter les mort-nés ou les petits. Le nombre de petits est estimé avec le temps par observation régulière (voir *figure 16a* et *16b*) et ce nombre est confirmé au moment du retrait de la mère (voir paragraphe suivant).

Gestion de la période de sevrage

Après la mise-bas, les mères avec leurs petits restent dans la cage de la femelle qui est une cage standard. Vers 4 semaines post-mise-bas, les petits sont considérés comme correctement sevrés. La mère est de fait soit déplacée dans la salle d'élevage 1, soit relâchée immédiatement. À ce moment, les petits sont également sortis de leur cage et placés dans un bac de dimension 60x40x32cm afin que les soigneurs puissent nettoyer la cage familiale. Les petits sont définitivement dénombrés à cette occasion. La fratrie est ensuite remise dans la cage de leur mère.

Sexage, pesée et identification

Les portées sont séparées à 7 semaines d'âge environ. À ce moment, les animaux sont une fois de plus sortis dans le même grand bac que celui utilisé lors du retrait de la mère (60x40x32cm). Ils sont ensuite sexés une première fois et placés dans les cages choisies par les soigneurs comme décrit au *paragraphe II.B.1.b*. Ils resteront à ces places jusqu'en avril/mai de l'année suivante, aux alentours de leurs 10 mois d'âge, pour sexage définitif et pose de transpondeur électronique. Ils seront alors éventuellement déplacés dans une cage adéquate si une erreur de sexage a été faite.

Au moment du sexage et de l'identification, les hamsters sont capturés dans des boîtes de transport à fond transparent pour faciliter l'observation de la région génitale. La porte est également en plexiglass et le côté opposé à la porte est grillagé (voir *figure 17*). Ce dispositif a été monté en 2019 afin de donner une meilleure visibilité sur l'individu qui est alors sexé plus rapidement.

Une chaussette est ensuite placée autour de l'entrée de la boîte de transport afin que le hamster avance au fond de la chaussette. À ce moment, le hamster est pesé en plaçant la chaussette dans une boîte sur la balance tarée puis identifié à travers la chaussette. Il est ensuite replacé directement dans sa cage. Le système de la chaussette permet de limiter le contact visuel et la manipulation de l'animal afin de limiter son stress. La pose de transpondeur est réalisée par le vétérinaire référent de l'élevage, le Dr Vet. F. Capber.



Figures 16a et 16b - Photographie d'une mère avec ses nouveau-nés (16a) et de juvéniles âgés d'une dizaine de jours (16b)
(Source : SFS)



Figure 17 - Photographie d'une boîte de transport modifiée pour le sexage
(Source personnelle)

II.B.4. Mesures d'hygiène et de biosécurité

II.B.4.a. Organisation des locaux

Organisation des locaux pour les animaux

Une pièce de quarantaine est dédiée à l'introduction de nouveaux animaux dans l'élevage (voir *figure 7*). Les animaux observés malades sont déplacés en salle de rangement à l'étage servant ainsi d'infirmerie, afin de les isoler du reste de l'élevage. Les entrées/sorties autres que celles du personnel (animaux, matériel, déchets) se font via la grande porte de l'atelier.

Organisation des locaux pour le personnel

Un pédiluve est placé à l'entrée du bureau vers la salle d'activité. Il contient une solution à 1% de Virkon S ND. À partir de cette zone, toute personne pénétrant dans l'élevage doit s'habiller en conséquence avant de passer le pédiluve. Le personnel porte une tenue de travail et des chaussures de travail (type crocs facilement nettoyables). Les vêtements de travail ne sortent pas des bâtiments et sont lavés sur place avec une lessive désinfectante. Les soigneurs passent par le pédiluve en entrant et en sortant de la salle d'activité. Les soigneurs essaient au maximum de pratiquer la marche en avant, c'est-à-dire de visiter en premier les individus les plus sensibles (salle de reproduction avec nouveau-nés) et de terminer par les individus à risque (animaux malades et en quarantaine).

Organisation des locaux pour les visiteurs

Les visiteurs rentrent par la porte principale. Ils sont tenus de porter au minimum une surblouse neuve ainsi que des chaussures de travail proposées par les soigneurs ou des surchaussures pour accéder aux salles d'élevage. Toute personne doit obligatoirement passer par le pédiluve en entrant et en sortant de la salle d'activité.

II.B.4.b. Entretien des locaux

Le sol est totalement en béton et facilement nettoyable. L'ensemble des surfaces sont recouvertes d'une peinture facilitant le lavage et la désinfection. Le balai est passé tous les jours et les sols sont nettoyés une fois par semaine à la serpillère avec du Virkon S ND dilué à 1%. Le sol devant les cages et l'extérieur des cages sont dépoussiérés tous les mois, au même moment que le nettoyage des cages qui laisse beaucoup de saletés. Les toiles d'araignées du plafond des salles d'élevage sont enlevées une fois par mois. Les fenêtres sont nettoyées une fois par mois avec un détergent. Le contenu du pédiluve est changé une fois par semaine d'avril à septembre et une fois par mois d'octobre à mars.

Plusieurs dispositifs de lutte contre les rongeurs nuisibles (boîtes à poisons) sont mis en place dans tous les coins des salles d'élevage, de l'atelier, et de la salle de stockage.

II.B.4.c. Entretien des cages

Le matériel est nettoyé et désinfecté à rythme régulier et renouvelé si nécessaire. Pour toute phase de nettoyage, les soigneurs portent des gants jetables.

Nettoyage et désinfection des cages

La litière des cages est changée une fois par mois de mars à octobre puis une seule fois durant l'hibernation fin décembre ou début janvier même si les animaux sont en torpeur. Une partie de la litière souillée est conservée dans la cage propre pour réduire le stress. Lors du changement de litière, les animaux ne sont pas sortis de leur cage. Si l'animal est caché dans son casier à vin, les soigneurs nettoient autour du casier à vin la litière souillée avec une petite pelle, sinon, l'animal est amené dans son casier à vin à l'aide d'une petite passoire afin de pouvoir nettoyer autour. Si ce dernier est en torpeur, il n'est pas dérangé même s'il est situé en dehors de son terrier factice et la litière est nettoyée autour de lui autant que possible.

Pendant la période de reproduction, la litière des cages des femelles est changée au moment de la mise en contact en salle d'activité avec les mâles car il n'y a pas d'animaux dans la cage à cet instant. La litière est également changée au moment du retrait de la mère aux petits et au moment de la séparation des fratries. Dans ces deux cas, les petits sont aussi sortis de leur cage et placés dans le bac de dimension de 60x40x32cm (voir *partie II.B.3.b.*) afin que les soigneurs puissent nettoyer la cage. Entre temps, les litières des cages des femelles supposées gestantes, allaitantes ou des fratries ne sont changées qu'en cas d'extrême nécessité afin de limiter le stress des animaux et l'habitué à l'homme des hamsters juvéniles.

La cage est passée au détergent et/ou désinfectée uniquement s'il n'y a pas d'animal dedans donc souvent au moment des relâchés (nombreuses cages vides). Toutes les cages sont nettoyées et désinfectées au minimum une fois par an. Avant 2020, les bacs des cages étaient sortis de l'encadrement des cages pour être passés au jet d'eau à l'extérieur du bâtiment avec ajout d'un détergent (Deterclean ND) puis étaient désinfectées par pulvérisation de Virkon-S ND dilué à 1% en spray sans rinçage. Le reste de la cage était nettoyé à la main en frottant les parois avec le même détergent et en pulvérisant le même désinfectant que les bacs. Depuis 2020, l'achat d'un lave-vaisselle professionnel a permis d'optimiser le nettoyage du matériel. Les bacs des cages sont désormais passés directement au lave-vaisselle avec un détergent (Hyline HLU-32 ND) et un liquide de rinçage (Hyline HLU-3000) pendant un cycle de 3 minutes à 80°C. Les bacs subissent ensuite une phase de désinfection par pulvérisation de Virkon-S ND diluée à 1% sans rinçage. Le reste de la cage est nettoyé comme avant à la main.

Nettoyage et désinfection du biberon et du râtelier

Avant 2020, les biberons étaient désinfectés 2 fois par an (avant et après l'hibernation) par trempage de quelques secondes dans du désinfectant (Virkon-S ND dilué à 1%) puis rincés à l'eau. Depuis 2020, les biberons sont nettoyés 3 fois par an (avant et après l'hibernation plus une fois en juin ou juillet) par passage au lave-vaisselle avec les mêmes produits et selon le même cycle que les bacs des cages, puis sont rincés à l'eau avant de les redonner aux animaux. Le râtelier n'est jamais décroché de son support et est nettoyé à la main en même temps que la cage.

Nettoyage et désinfection du matériel d'enrichissement

Les casiers à vin sont désinfectés une fois par an (plus si nécessaire notamment lors de la séparation des mères avec leurs petits).

Avant 2020, les casiers étaient rincés à l'eau afin d'enlever la matière organique (les trous aux 4 coins du cylindre ont tendance à accumuler la matière organique), frottés dans un produit détergent (Deterclean ND dilué à 1%) et trempés dans du désinfectant (Virkon-S ND dilué à 1%) pendant quelques secondes sans rinçage. Depuis 2020, les casiers à vin sont passés en machine avec les mêmes produits et selon le même cycle que les bacs de cages puis sont pulvérisés de Virkon-S ND dilué à 1% sans rinçage.

II.B.4.d. Manipulation des animaux

Les soigneurs portent des gants jetables pour toute manipulation des animaux. Les gants ne sont pas changés entre chaque cage mais entre chaque salle. Les soigneurs ne touchent jamais directement les animaux.

II.B.4.e. Traitement du matériel

Les plans de travail et ustensiles sont nettoyés après chaque utilisation. Lors de la manipulation de détergents ou désinfectants, il est conseillé au personnel de porter des lunettes, un masque et des gants, puis de se laver les mains après utilisation. Les serpillères et serviettes en coton sont lavés une fois par semaine avec de la lessive désinfectante.

II.B.4.f. Gestion des déchets

La litière sale est stockée dans de grands sacs poubelles (big bag de jardinage) qui sont acheminés via la voiture de service de l'élevage vers un composteur situé à Kingersheim. Tous les autres déchets compostables sont placés dans un seau avec couvercle et acheminés également au composteur. Ce qui n'est pas compostable est évacué avec les ordures ménagères.

II.B.5. Santé et soins aux animaux

II.B.5.a. Gestion des animaux malades

L'évaluation de l'état de santé des animaux est subjective et se base sur l'expérience des soigneurs. Les animaux suspectés malades sont déplacés dans des cages transparentes en salle de rangement à l'étage. Cette salle sert à ce moment d'infirmierie. Le vétérinaire référent de l'élevage est contacté afin d'émettre un diagnostic et mettre en place des soins. Le choix d'une cage transparente de dimensions 48x37,5x20cm (voir *figure 18*) permet aux soigneurs d'améliorer le contrôle visuel de l'animal malade. Dans ces bacs les soins sont prodigués plus facilement du fait du couvercle grillagé permettant de passer certains traitements à travers les barreaux. Des petites boîtes en bois sont proposées pour se cacher si le traitement en cours l'autorise.



Figure 18 - Photographie d'une cage utilisée à l'infirmierie du SFS
(Source : *personnelle*)



Figure 19 - Photographie du réfrigérateur à aliments à droite et
du congélateur à cadavres à gauche au SFS
(Source : *personnelle*)

Au cours des trois dernières années, tous les animaux malades (diagnostiqués ou non) sont morts par euthanasie ou mort naturelle. Seule, une femelle en 2019 a été traitée pour un abcès et n'est pas décédée.

Par ailleurs en 2018, des tests PCR pour la recherche de *Lawsonia intracellularis* ont été réalisés sur des fèces de hamsters de l'élevage. Plusieurs lots de fèces se sont révélés positifs. En 2019, deux nouveaux lots de fèces ont été analysés par PCR pour *L. intracellularis* et sont revenus négatifs.

II.B.5.b. Gestion des animaux morts

Si un animal est retrouvé mort en période de quarantaine, le cadavre sera transporté le jour même dans un sachet de congélation chez le Dr Vet. F. Capber pour une autopsie immédiate. En dehors des périodes de quarantaine, les cadavres seront acheminés au Laboratoire Vétérinaire Départemental de Colmar le jour même de la découverte. En cas de fermeture du laboratoire, ils seront placés dans un sac de congélation dans le congélateur de l'élevage destiné aux cadavres (dans la pièce d'activité, voir *figure 19*), jusqu'au prochain jour d'ouverture du laboratoire. Il arrive que l'animal ne soit pas autopsié par le laboratoire si l'état du cadavre ne permet pas d'obtenir une autopsie concluante. Si l'animal a été euthanasié, alors c'est le vétérinaire qui réalise l'autopsie. Les animaux morts avant sevrage ne sont jamais autopsiés.

II.B.5.c. Gestion des soins prodigués aux animaux

Deux personnes sont exclusivement dédiées aux soins des animaux dans la structure. Par jour, les soigneurs interviennent 2-3 fois en moyenne dans les salles : lors du contrôle visuel de l'état de santé des animaux, de celui du contenu du râtelier et du biberon ainsi que lors de leur remplissage. Ces visites sont susceptibles d'amener un contact visuel avec les hamsters. Les soigneurs consacrent en moyenne une minute par hamster et par jour, mais il arrive que les animaux soient cachés donc ne soient pas vus.

Les soigneurs évitent tout contact tactile avec les hamsters. Cependant, ils sont capturés au minimum à 2 à 4 reprises dans l'année. Les adultes sont sortis de leur cage pour sexage définitif et identification au printemps (si pas encore fait), pour la mise à la reproduction et le retrait du mâle/de la femelle à la reproduction, et/ou lors des réintroductions en milieu naturel. Les jeunes de moins de 6 mois sont capturés au moment du retrait de la mère et de la séparation des fratries.

II.B.5.c. Gestion des animaux nouvellement introduits dans l'élevage

Une pièce de quarantaine est dédiée à l'introduction de nouveaux animaux dans l'élevage. Les hamsters sont placés dans cette pièce pendant une semaine. Si tout va bien, ces derniers sont intégrés à l'élevage.

II.B.6. Gestion des relâchés

II.B.6.a. Choix des animaux à relâcher

Les lâchers se préparent dès la réception par l'élevage des cartes des terriers envoyées par NaturOparC (voir détail *partie IV.B.6.a.*). Une alternance de lâchés de mâle et femelle sur la parcelle est réalisée afin de favoriser la reproduction. Les soigneurs choisissent à l'aide du logiciel ZooEasy quels seront les hamsters relâchés, notamment en se basant sur les besoins en termes de mâles et femelles pour l'année et selon la cartographie des terriers. Afin de conserver une bonne diversité génétique, il est fait en sorte de ne pas mettre d'individus consanguins en tant que voisins de terrier et dans la mesure du possible ne pas mettre du tout de frères et sœurs sur une même parcelle. Depuis 2019, les soigneurs tolèrent un taux de consanguinité de maximum 5% entre animaux voisins de terrier dans la mesure où il devient de plus en plus difficile d'obtenir des voisins à 0% de consanguinité.

II.B.6.b. Période des relâchés et techniques

Les animaux sont normalement relâchés en plusieurs fois et sur différents sites de fin mai à mi-juillet maximum (voir *figure 20b*). Le jour des réintroductions, les animaux sont tous capturés dans leur cage à partir de 4h du matin puis sont transportés dans les boîtes de transport standards, dans la voiture de service de l'élevage, jusqu'au site de relâchés. Ils sont alors libérés au niveau de pré-terriers réalisés par les agents participant à la session de relâchés, en respectant le plan de répartition mis en place par l'élevage en concertation avec NaturOparC (voir *figure 20a*).

Avant d'être relâchés, les hamsters recevaient jusqu'en 2019 un traitement antiparasitaire (ADVOCATE ND). Cela a été arrêté dans la mesure où les animaux seront à nouveau confrontés à une pression parasitaire dans la nature.

II.B.7. Suivi zootechnique

II.B.7.a. Registres à renseigner

Les soigneurs renseignent régulièrement deux registres papiers :

- le registre d'entrée et de sortie des animaux, obligatoire selon l'arrêté du 8 octobre 2018 fixant les règles générales de détention des animaux d'espèces non domestiques ;
- le livre journal des mouvements d'animaux détenus en captivité.

Ils permettent notamment de retrouver l'ensemble des données sur les effectifs d'animaux hébergés par l'élevage. Ces deux registres sont également transcrits virtuellement dans deux tableurs excel distincts. L'ensemble des types de données entrées dans ces registres sont référencées dans le *tableau 6*.

Les nouveau-nés sont entrés dans le registre d'entrée et de sortie papier environ un mois après leur naissance.



20a



20b

Figures 20a et 20b - Photographie de cages de transports à côté d'un pré-terrier (20a) et photographie du site de relâché (20b)
 (Source : SFS)

Le numéro d'identification de l'animal (différent du numéro de transpondeur) entré dans le registre se définit comme suit :

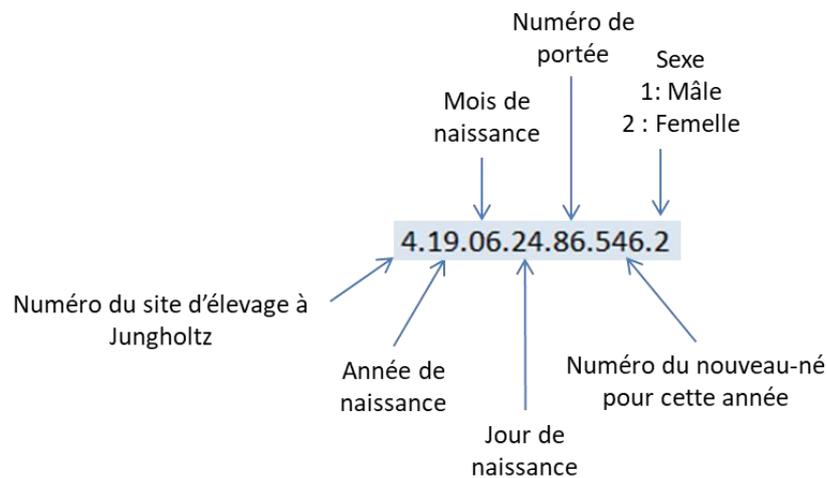


Figure 21 - Méthode d'identification des hamsters de l'élevage du SFS

Les numéros de transpondeur des animaux sont collés dans un cahier utilisé à cet effet à côté des numéros d'identification correspondant.

II.B.7.b. Autres données collectées

Données sur le développement des animaux

Les animaux sont normalement pesés une seule fois au cours de leur vie, au moment de l'identification. Ces données sont référencées dans un tableau spécifique. Ils ne sont pas mesurés.

Données de température, hygrométrie et luminosité

La température est collectée 4 fois par jour à environ 00h, 06h, 12h et 18h à partir de capteurs mis en place en 2019, à l'avant et à l'arrière de chaque salle. Les données sont récupérées dans un fichier excel pour chaque mois de chaque année. Avant juin 2019, elles étaient collectées à la main dans un tableau, une fois par jour à heure inconstante (majoritairement autour de 12h) les jours de présence du personnel et à partir d'un thermomètre présent dans chaque salle d'élevage.

Les valeurs d'hygrométrie sont et ont toujours été relevées en même temps que la température.

Les soigneurs ont à ce jour peu de données sur la luminosité en tant que telle (nombre de lux dans les pièces et dans les cages) mais la durée d'éclairage est contrôlée par minuteur depuis 2018. Les soigneurs prennent soin de relever la durée d'éclairage choisie tous les mois de chaque année.

Données sur la reproduction

L'ensemble des données concernant la reproduction relevées par l'élevage sont répertoriés dans plusieurs fichiers dont :

- le registre d'entrée et de sortie ;
- un tableur regroupant spécifiquement les informations sur les mises à la reproduction ;
- un tableur regroupant spécifiquement les informations sur les mise-bas.

Les indicateurs relevés sont regroupés *tableau 7*.

Données sur la morbidité et la mortalité

En cas d'animal malade, le traitement administré et sa posologie sont notés sur ZooEasy.

Les informations concernant les animaux morts sont à la fois notées dans le registre mais aussi référencés dans un fichier annexe spécifique aux décès (voir *tableau 6* pour les indicateurs relevés).

Données sur les relâchés

Les informations concernant les animaux relâchés sont à la fois référencées dans le registre et dans un fichier annexe spécifique aux relâchés (voir *tableau 6* pour les indicateurs relevés).

Données sur la génétique

Toutes les données généalogiques disponibles sont entrées sur ZooEasy par les soigneurs afin d'affiner les calculs de consanguinité par la suite. Les taux de consanguinité des nouveau-nés ont été relevés dans le rapport technique en 2020 (voir *tableau 5*).

Analyse des données

Les soigneurs rédigent tous les ans un rapport technique qui regroupe les grandes lignes de leur conduite d'élevage, le bilan des données de reproduction, de mortalité et de relâchés, les nouveautés de l'année apportées à l'élevage, ainsi que leurs objectifs pour l'année suivante. Pour la rédaction du rapport technique de l'année N, les données sont regroupées de septembre de l'année N-1 à septembre de l'année N. À travers ces rapports techniques, les résultats de l'année sont commentés et comparés à ceux des années précédentes.

L'élevage du SFS accueille également régulièrement des stagiaires pouvant réaliser des études sur certaines données d'intérêt pour les soigneurs.

II.B.8. Personnel soignant et organisation du travail

Deux personnes travaillent à temps plein dans la structure, du lundi au vendredi (C. Schappler et I. Ueberschlag). Au 1^{er} janvier 2020, le ratio nombre d'animaux/nombre de travailleurs était donc d'environ 325 animaux par personne. Le nettoyage des cages couvre une semaine de travail par mois. Une session de reproduction, notamment la première, dure environ une semaine. Enfin, l'organisation et la préparation d'une session de relâchés durent également une semaine.

Tableau 6 - Type de données sur les effectifs, la mortalité et les relâchés relevés par l'élevage du SFS dans ses registres et documents annexes

	Registre officiel papier d'entrée et de sortie	Registre d'entrée et de sortie transcrit dans un tableur	Livre journal officiel des mouvements d'animaux	Livre journal des mouvements d'animaux transcrit dans un tableur	Fichier tableur des décès	Fichier tableur des relâchés
Date d'entrée de l'animal	X	X				
Espèce			X	X		
Sexe	X	X			X	X
Date de naissance	X	X			X	
Origine (lieu de naissance)	X	X				
Identité des parents		X				
Numéro d'identification de l'animal	X	X			X	
Numéro de transpondeur						
Numéro de cage					X	
Nature de l'entrée	X	X	X	X		
Provenance (lieu d'élevage précédent)	X	X	X	X		
Date de sortie	X	X			X	X
Nature de la sortie (transfert, relâché ou décès)	X	X	X	X		
Destination de sortie	X	X	X	X		X (lieu de relâché)
Cause de la mort	X	X			X (+ précision si euthanasie)	
Observation diverses	X	X			X	
Date d'entrée/de sortie d'un groupe			X	X		
Nombre d'animaux concernés par un « mouvement » (relâché, transfert..)			X	X		
Effectifs d'animaux présents dans l'élevage après chaque mouvement				X		

Informations complémentaires ajoutées par les soigneurs						
Résultat de test PCR pour <i>Lawsonia intracellularis</i> (en 2018-2019)		X			X	
Si animal autopsié suite décès et conclusion		X			X	
Indicateurs d'intérêt calculables à partir de ces documents						
<p>Inclus dans le rapport technique annuel :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Nombre de morts, leur âge et leur sexe chaque année ainsi que les dates et causes supposées des morts, le nombre d'animaux euthanasiés et autopsiés - Nombre d'animaux relâchés, leur âge, leur sexe et les lieux de relâchés chaque année - Nombre estimé de nouveau-nés produits chaque année - Nombre d'animaux hébergés dans l'élevage à un moment défini dans l'année - Nombre d'animaux transférés chaque année <p>Non inclus dans le rapport technique annuel :</p> <ul style="list-style-type: none"> L'âge et le sexe des animaux hébergés lors du bilan des effectifs L'âge et le sexe des animaux transférés 						

Tableau 7 - Types de données sur la reproduction relevés à l'élevage du SFS selon le registre d'entrée et de sortie et les documents annexes

	Indicateurs calculables à partir du registre d'entrée et de sortie tableur	Indicateurs référencés dans le tableur spécifique des couples mis à la reproduction	Indicateurs référencés dans le tableur spécifique des nouveau-nés	Rapport technique
Dates de début et de fin de chaque session		X		
Nombre de couples testés par session		X		
Identité des couples testés pour la reproduction par session		X		
Nombre de couples formés par session				
Date (et heure) de mise à la reproduction pour chaque couple		X		
Date de séparation du couple		X		
Numéro de cage du mâle et de la femelle		X	X (pour ceux ayant mis bas)	
Rang de cage du couple (2 ou 4)			X	
Qualité génétique du couple (taux de consanguinité des petits)		X (depuis 2020)		

Observations lors de la mise contact		X		
Observations lors de la séparation du couple		X		
Identité des parents de chaque portée	X	X	X	
Date de naissance estimée pour chaque portée	X	X	X	
Nombre estimé de petits pour chaque portée	X (mort-nés exclus)	X	X (mort-nés exclus)	
Numéro d'identification de chaque nouveau-né	X (mort-nés exclus)		X (mort-nés exclus)	
Numéro de cage de chaque nouveau-né après séparation des fratries			X (mort-nés exclus)	
Sexe de chaque nouveau-né	X (mort-nés exclus)		X (mort-nés exclus)	
Remarques sur les nouveau-nés			X (mort-nés exclus)	
Nombre de mort-nés pour chaque portée		X		
Informations complémentaires ajoutées par les soigneurs				
Identité des couples testés plusieurs fois sur l'année		X		
Identité des animaux mis à la reproduction sur deux années consécutives		X		
Nombre de portées obtenues après 1 ^{ère} , 2 ^{ème} ou 3 ^{ème} mise en contact		X		
Nombre de blessés parmi les couples		X		X
Identité des femelles ayant eu deux portées dans l'année		X		
Indicateurs bilans calculés par les soigneurs				
Nombre total de couples testés par année		X		X
Nombre total de couples formés par année		X		X
Nombre total estimé de nouveau-nés par année		X (+ par session)	X (par session uniquement)	X
Nombre total de portées produites par année		X (+ par session)	X (par session uniquement)	X
Nombre moyen de nouveau-nés/portée par année		X		X
Nombre total de mort-nés par année		X		
Autres indicateurs d'intérêt calculables à partir de ces documents				
<ul style="list-style-type: none"> - Nombre de portées par femelle au cours de sa vie - Nombre d'accouplements ayant mené à une mise-bas pour un mâle au cours de sa vie - Âge moyen de mise à la reproduction - Nombre de femelles ayant mis bas au total et par session et nombre de mâles ayant eu des petits au total et par session - Nombre estimé de petits nés au total puis en moyenne par portée, sur une ou l'ensemble des sessions 				

II.C. Résultats d'élevage

II.C.1. Environnement

II.C.1.a. Relevés de températures

L'ensemble des données de température ont été condensées dans *les figures 22a à 22d, 23a à 23d, 24* et dans le *tableau 8*. Afin de simplifier l'analyse et les calculs, la saison hiver a été définie en comprenant les mois de janvier, février, mars de l'année en cours. La saison printemps a été définie en comprenant les mois d'avril, mai, juin de l'année en cours. La saison été a été définie en comprenant les mois de juillet, août, septembre de l'année en cours. La saison automne a été définie en comprenant les mois d'octobre, novembre, décembre de l'année en cours. Les valeurs de température ont été relevées à heures variables jusqu'en mai 2019. À partir de mai 2019, toutes les valeurs ayant servi à la construction des graphiques *22a à 22d* et *23a à 23d* ont été relevées à 12h.

Au bilan, les moyennes et médianes des températures relevées montrent toutes une adéquation globale aux températures consignées (7 à 10°C en hiver, 20°C en été) pour les deux salles, toutes années confondues (voir *figures 23a à 23d*), avec des moyennes saisonnières qui s'éloignent rarement de plus de 2°C de ces valeurs consignées. Il est par ailleurs à noter que les moyennes de températures en hiver et en automne sont, sauf automne 2017, toutes au-dessus de 10°C car chaque saison comprend un mois dont la température est normalement plus élevée (entre 12 et 15°C en mars et en octobre). Les moyennes de températures pour les mois les plus froids (novembre à février) sont comprises entre 6,8 et 10,1°C pour les deux salles et sont donc bien entre 7 et 10°C environ chaque année.

II.C.1.b. Relevés des valeurs d'hygrométrie

L'ensemble des données d'hygrométrie ont été condensées dans *les figures 25a à 25d* et *26a à 26d*. Les graphiques ont été construits selon les mêmes consignes que celles expliquées pour les températures (*partie II.C.1.a. ci-dessus*)

Ces graphiques révèlent que les valeurs d'hygrométrie sont extrêmement variables selon la saison et l'année. Il n'y a pas de différence nette répétable des valeurs d'hygrométrie entre les deux salles. Les moyennes et médianes des valeurs d'hygrométrie calculées montrent toutes une adéquation aux valeurs extrêmes (40 à 70%) définies par l'élevage pour les deux salles, toutes années confondues (voir *figures 26a à 26d*)

II.C.1.c. Relevés des valeurs de luminosité (lux)

C. Schappler (SFS) a effectué des mesures de luminosité (voir *tableau 9*) à 16 endroits différents dans l'élevage (voir *figure 27*) le 7 décembre 2020, avec l'application Lux Light Meter sur téléphone mobile. Ces mesures ont été réalisées à 9h du matin alors que les lumières de l'élevage étaient allumées et qu'il faisait encore en partie sombre dehors. Des mesures ont été prises dans les couloirs entre les cages et dans les cages directement. Dans les cages, à chaque rang, trois mesures ont été faites avec l'écran du téléphone tourné vers la grille : une à l'avant de la cage, une au fond de la cage au niveau du casier à vin et une dans le casier à vin. Toutes les mesures dans le casier à vin ont donné une valeur de 0 lux.

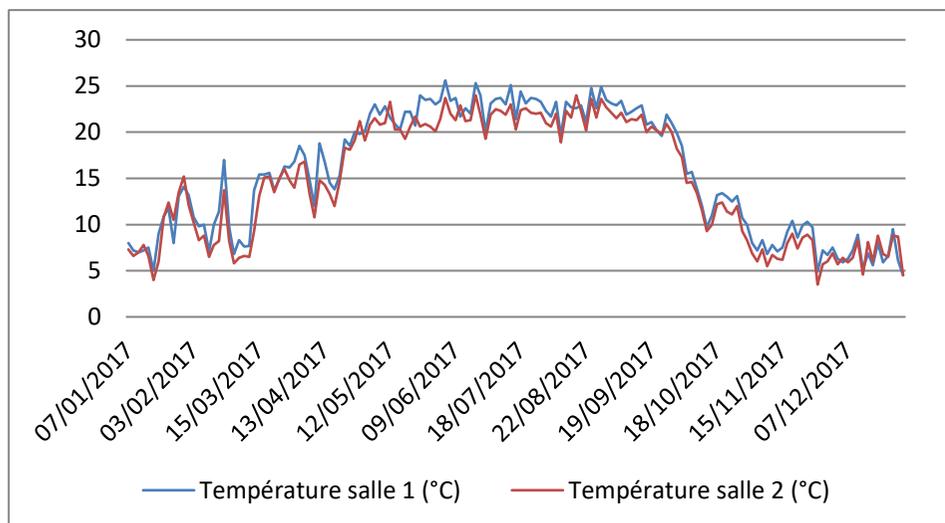


Fig. 22a : Evolution des températures dans les deux salles du SFS au cours de l'année 2017

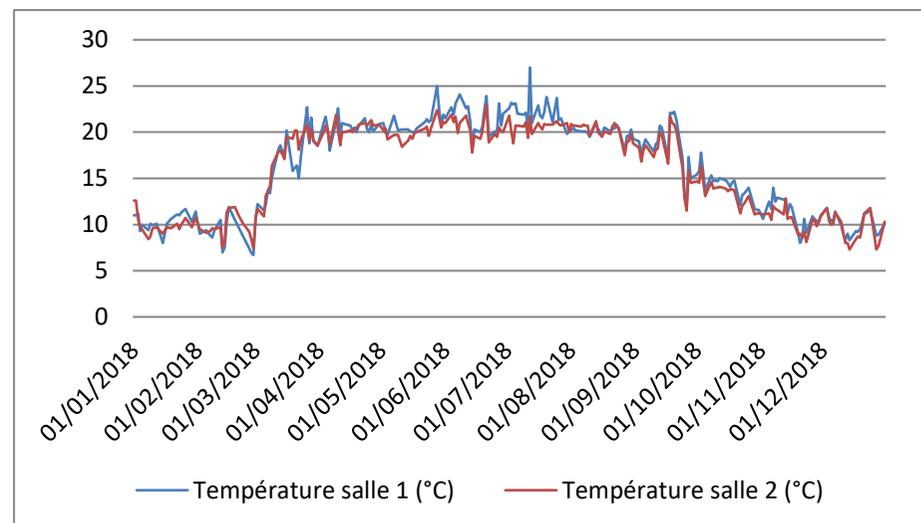


Fig. 22b : Evolution des températures dans les deux salles du SFS au cours de l'année 2018

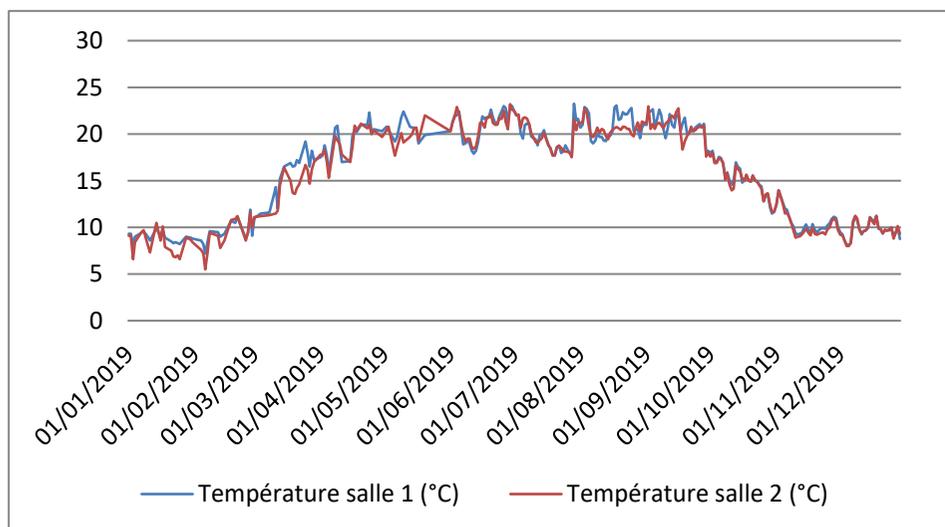


Fig. 22c : Evolution des températures dans les deux salles du SFS au cours de l'année 2019

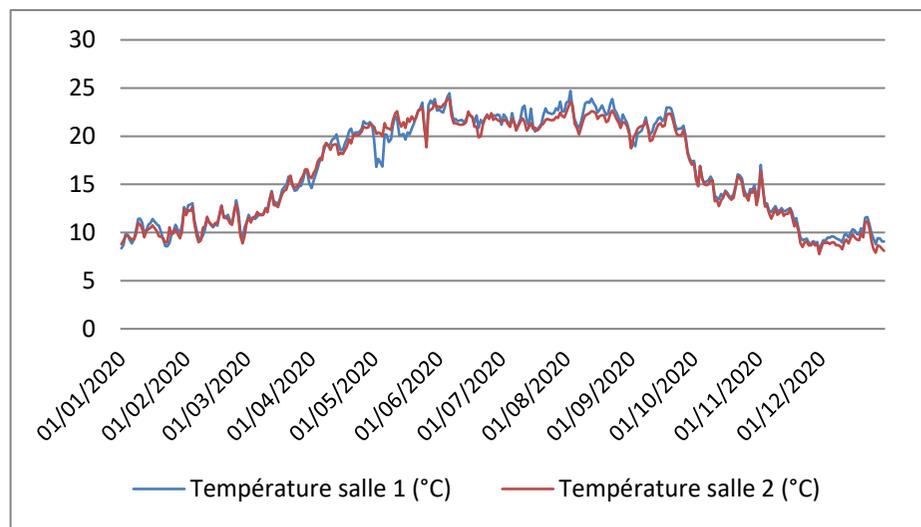


Fig. 22d : Evolution des températures dans les deux salles du SFS au cours de l'année 2020

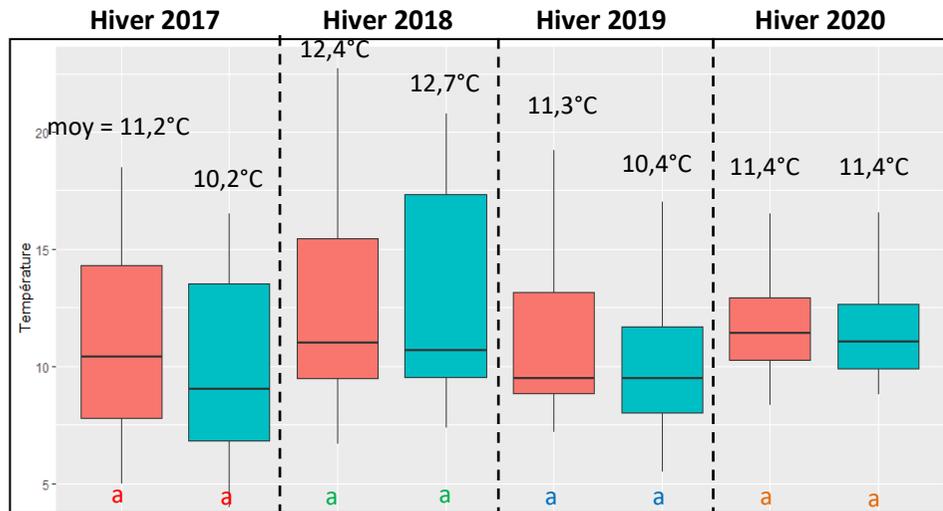


Fig. 23a : Boxplots des valeurs de température (°C) en hiver de 2017 à 2020

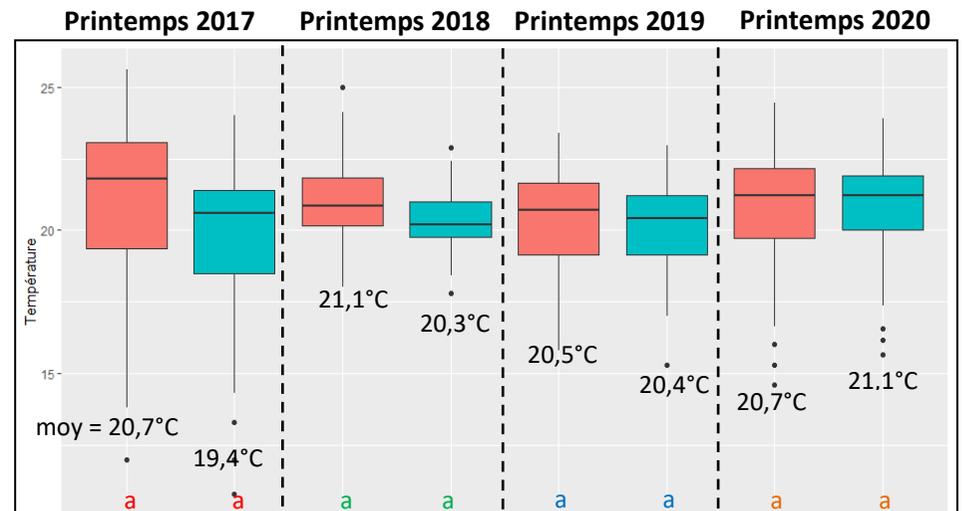


Fig. 23b : Boxplots des valeurs de température (°C) au printemps de 2017 à 2020

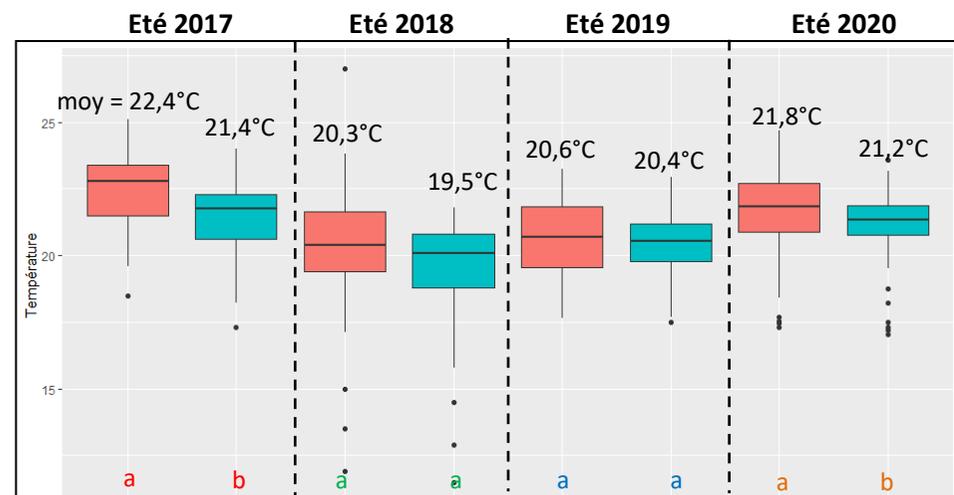


Fig. 23c : Boxplots des valeurs de température (°C) en été de 2017 à 2020

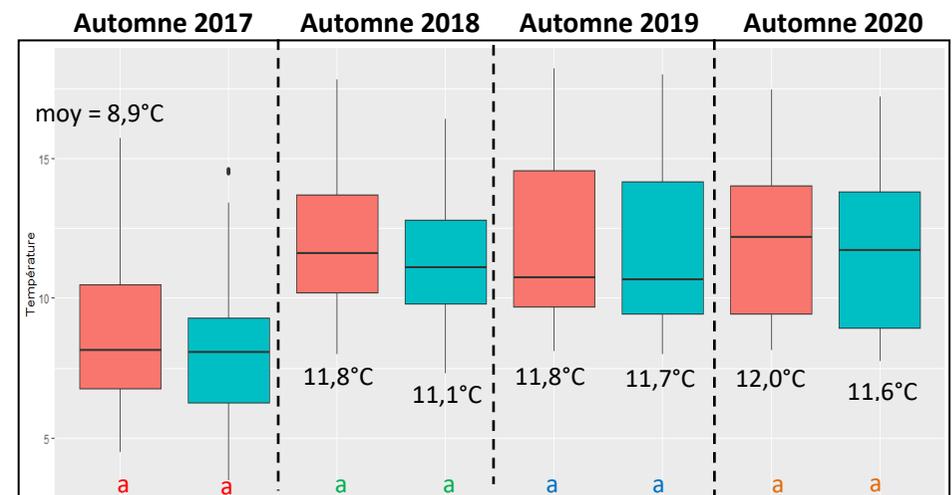


Fig. 23d : Boxplots des valeurs de température (°C) en automne de 2017 à 2020

ab : Deux mêmes lettres d'une même couleur signifient que les valeurs de température des salles ne diffèrent pas significativement entre elles pour une saison et année données

moy = moyenne des températures sur la saison par salle

Salle Salle 1 Salle 2

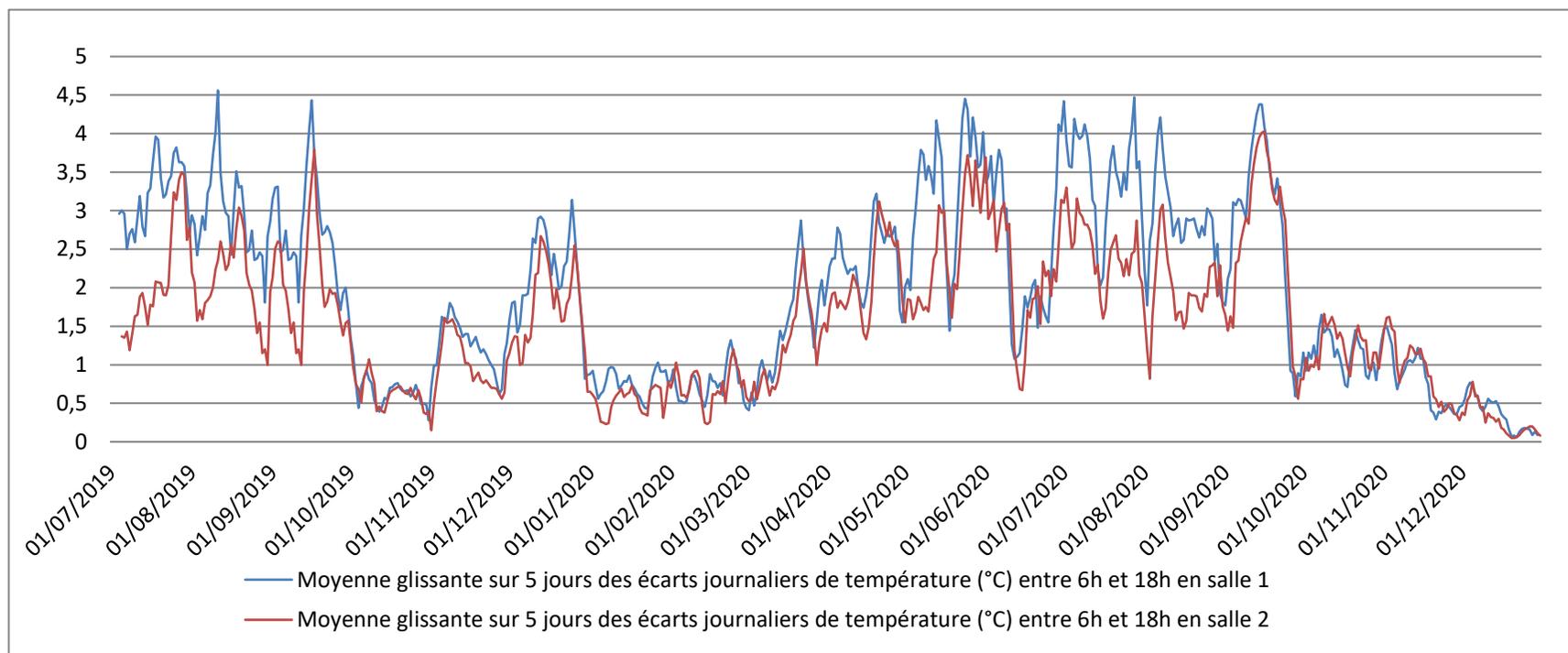


Figure 24 - Evolution des écarts de température journaliers au SFS sur une moyenne glissante de 5 jours, entre 6h et 18h, de juillet 2019 à décembre 2020

Tableau 8 - Moyennes des températures relevées en fonction de la salle, l'heure, la saison et l'année au SFS

	Eté 2019		Automne 2019		Hiver 2020		Printemps 2020		Eté 2020		Automne 2020	
	Salle 1	Salle 2	Salle 1	Salle 2	Salle 1	Salle 2	Salle 1	Salle 2	Salle 1	Salle 2	Salle 1	Salle 2
Moyenne des températures à 0H (°C)	20,9	20,9	11,6	11,8	11,2	11,4	20,0	20,5	20,5	20,6	11,3	11,3
Moyenne des températures à 6H (°C)	19,6	20,0	11,2	11,3	11,1	10,8	19,4	19,7	19,6	19,6	11,1	11,0
Moyenne des températures à 12H (°C)	20,6	20,4	11,8	11,7	11,4	11,4	20,7	21,1	21,8	21,2	12,0	11,6
Moyenne des températures à 18H (°C)	21,6	21,4	12,4	12,3	11,9	11,9	22,2	22,0	22,6	21,9	11,7	11,6

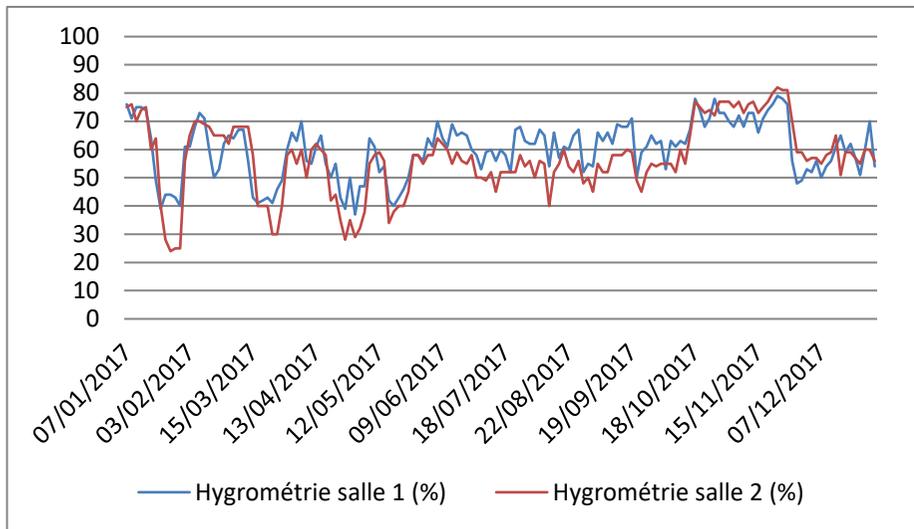


Fig. 25a : Evolution des valeurs d'hygrométrie dans les deux salles du SFS au cours de l'année 2017

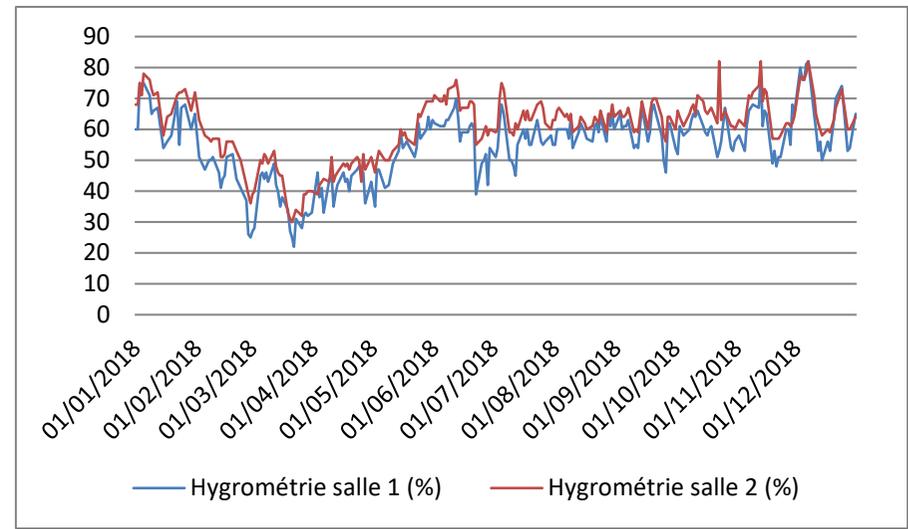


Fig. 25b : Evolution des valeurs d'hygrométrie dans les deux salles du SFS au cours de l'année 2018

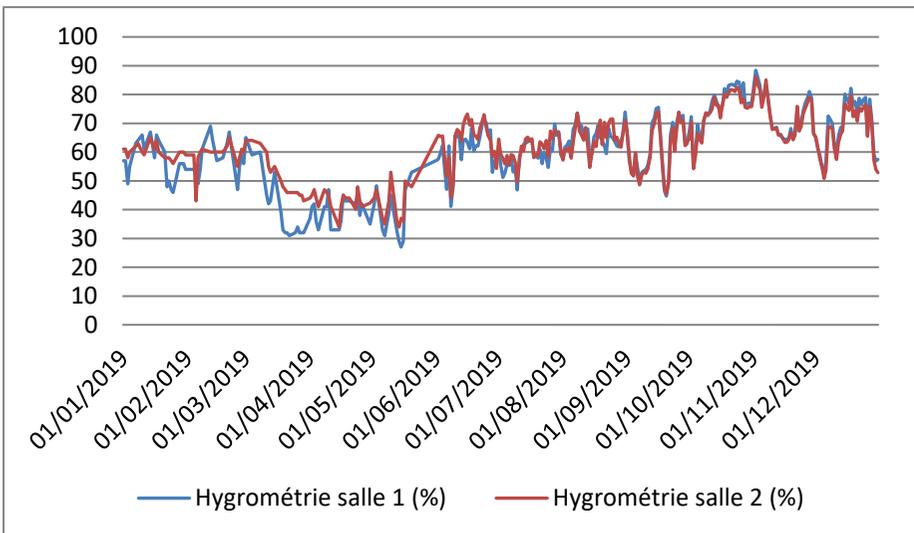


Fig. 25c : Evolution des valeurs d'hygrométrie dans les deux salles du SFS au cours de l'année 2019

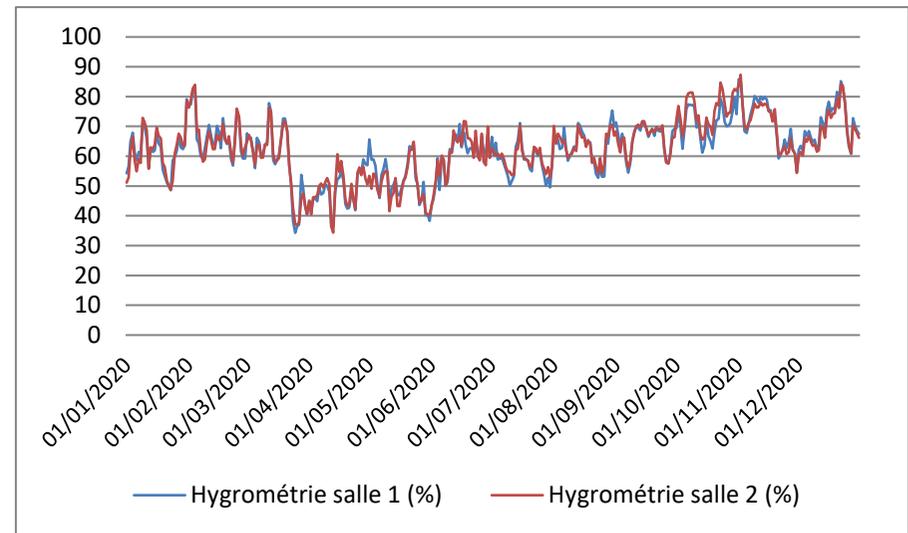


Fig. 25d : Evolution des valeurs d'hygrométrie dans les deux salles du SFS au cours de l'année 2020

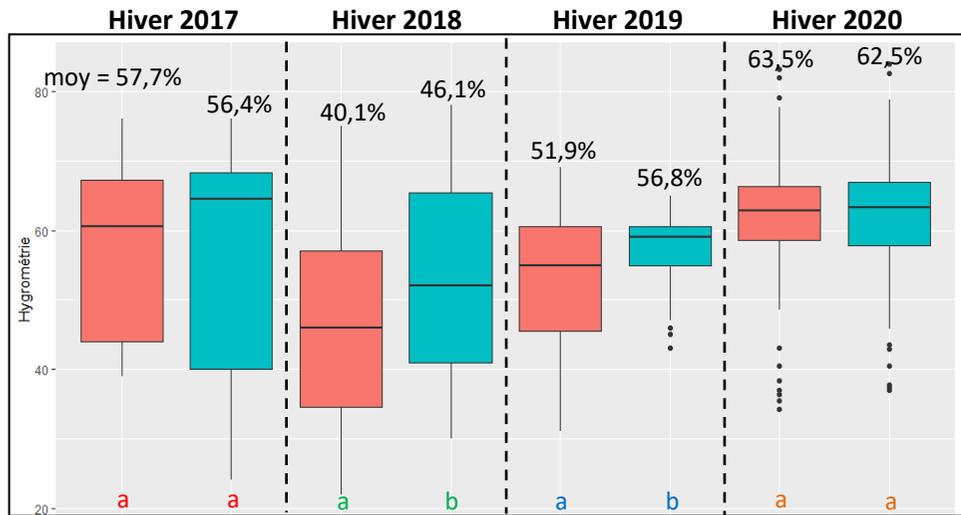


Fig. 26a : Boxplots des valeurs d'hygrométrie (%) en hiver de 2017 à 2020

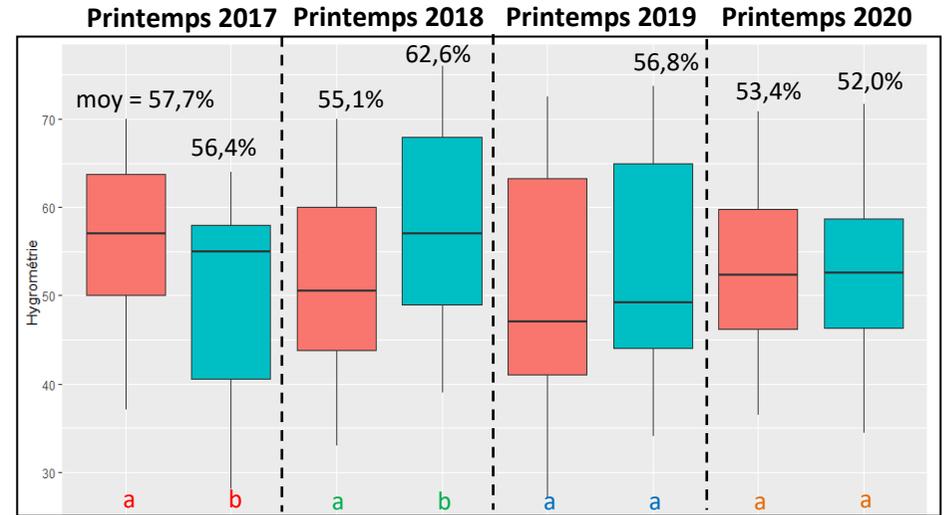


Fig. 26b : Boxplots des valeurs d'hygrométrie (%) au printemps de 2017 à 2020

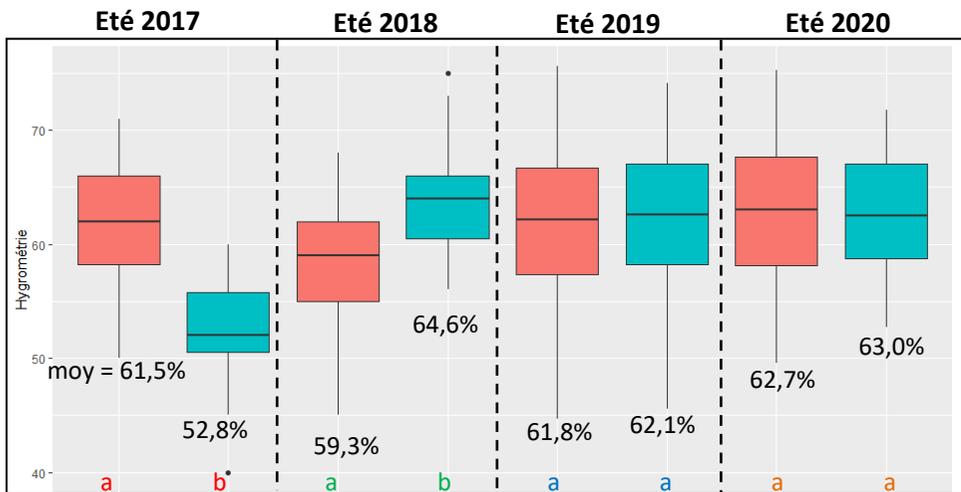


Fig. 26c : Boxplots des valeurs d'hygrométrie (%) en été de 2017 à 2020

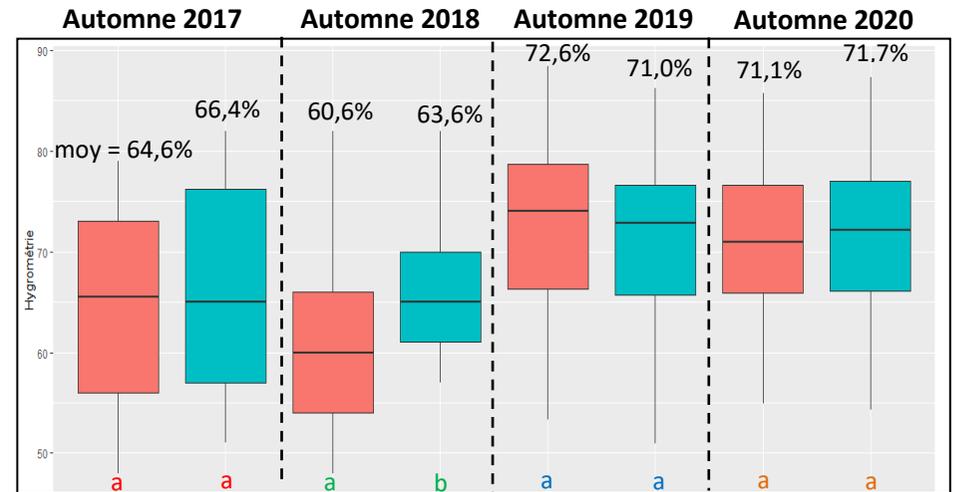


Fig. 26d : Boxplots des valeurs de température (°C) en automne de 2017 à 2020

ab : Deux mêmes lettres d'une même couleur signifient que les valeurs d'hygrométrie des salles ne diffèrent pas significativement entre elles pour une saison et année données

moy = moyenne des valeurs d'hygrométrie sur la saison par salle

Salle  Salle 1  Salle 2

Tableau 9 - Tableau de relevé des mesures de luminosité au SFS

Lieu du relevé	Mesures en Lux							
	1	372				2	147	
3	147				4	147		
11	147				12	147		
	Rang 1 - arrière	Rang 1 - avant	Rang 2 - arrière	Rang 2 - avant	Rang 3 - arrière	Rang 3 - avant	Rang 4 - arrière	Rang 4 - avant
5	93	147	37	93	37	93	0	37
6	93	147	37	93	0	37	0	37
7	147	147	0	37	0	37	0	37
8	93	147	0	93	0	37	0	37
9	147	147	37	147	0	93	0	37
10	93	147	37	147	37	147	0	93
13	147	147	93	147	93	147	0	93
14	93	147	93	147	93	147	93	147
15	93	147	93	147	37	147	37	147
16	147	147	93	147	37	147	37	147

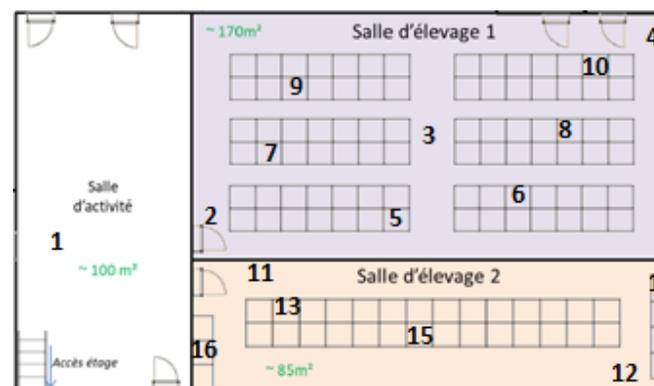
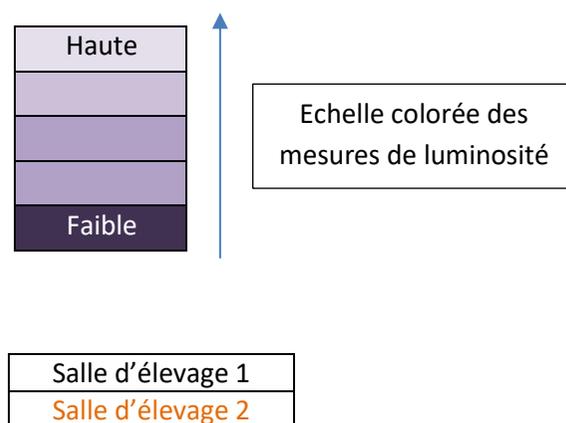


Figure 27 - Figure de la localisation des relevés de luminosité

II.C.2. Reproduction

II.C.2.a. Bilan des mises à la reproduction

L'ensemble de résultats concernant la mise à la reproduction *sensu stricto* sont condensés dans les graphiques suivants (voir *figure 28a et 28b*). Pour rappel, un couple « formé » est un couple ayant passé le test des 30 minutes dans le bac de reproduction et installé dans une cage commune. Le « nombre de couples formés » peut inclure plusieurs fois le même couple si ce couple s'est accepté durant une autre session. Il est donc à différencier du « nombre de couples différents formés ».

En 2018, 2019, 2020, tous les couples se sont tolérés au moment du test dans le bac.

II.C.2.b. Bilan des gestations et mise-bas

La durée de gestation est difficilement évaluable dans la mesure où la date d'accouplement réelle n'est pas connue. Cependant, le nombre de jours entre la mise en contact et la mise-bas est un indicateur de la durée maximale possible de la gestation. Le nombre de jours entre le retrait du mâle et la mise-bas est un indicateur de la durée minimale possible de gestation. Les boxplots comparant le nombre de jours entre la mise en contact et la mise-bas selon le mois et l'année sont représentés *figure 28c*. Le nombre de jours entre le retrait du mâle et la mise-bas n'a pu être calculé qu'à partir de 2020 car depuis, les dates de retrait du mâle sont ajoutées au fichier répertoriant les couples mis à la reproduction. La même année, le nombre moyen de jours entre le retrait du mâle et la mise-bas est de 15,2 jours.

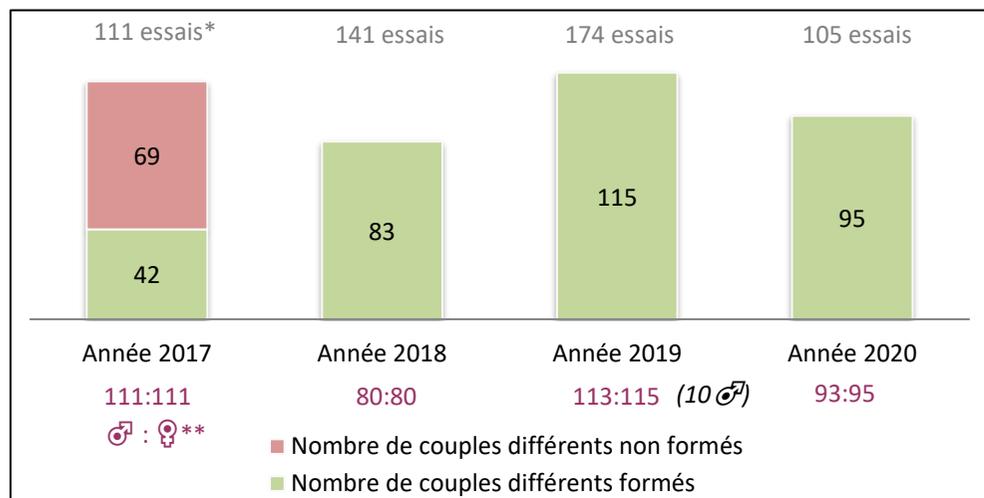
L'ensemble des résultats de mise-bas sont condensés dans les *figures 29a à 29c*. En 2017, aucune femelle n'a mis bas du fait d'une mise à la reproduction trop tardive. Cette année n'a donc pas été intégrée aux *figures 29a à 29c*.

II.C.2.c. Bilan concernant le nombre estimé de nouveau-nés

L'ensemble des informations concernant les nouveau-nés sont regroupées sur la *figure 30*. Le sex-ratio parmi les nouveau-nés est toujours de un environ. Sont considérés comme mort-nés tous les petits observés morts dans les 24h suivant la mise-bas.

II.C.3. Bilan des pesées pour les années 2017 à 2020

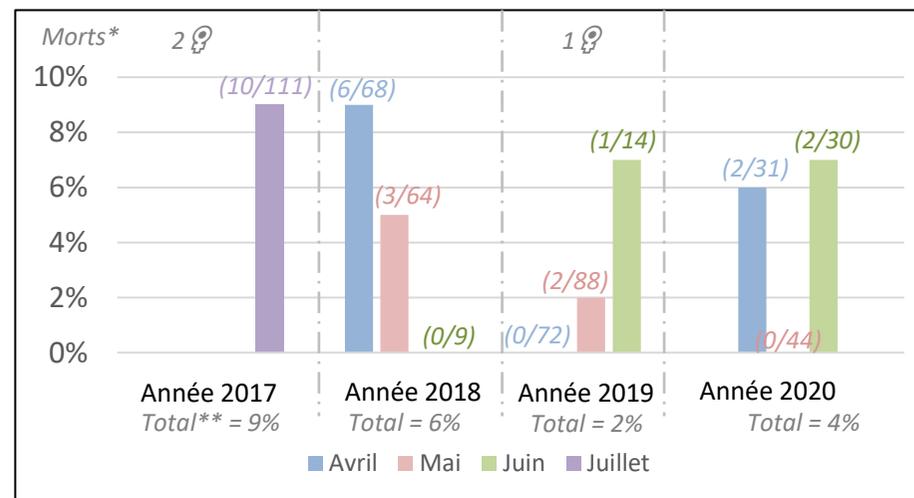
Les résultats des pesées réalisées au moment de la pose de transpondeur sont observables dans le *tableau 10*. En 2018, aucun animal n'a été pesé car il n'y a pas eu de petits nés en 2017. En 2020, la situation sanitaire en lien avec la crise du covid-19 a décalé la pose de transpondeur et les pesées à l'année suivante.



*Au-dessus des colonnes en gris : nombre d'essais totaux réalisés au cours de la saison de reproduction avec les différents couples testés

**En-dessous des colonnes : sex-ratio en violet et nombre d'animaux s'étant déjà reproduits l'année précédente en italique

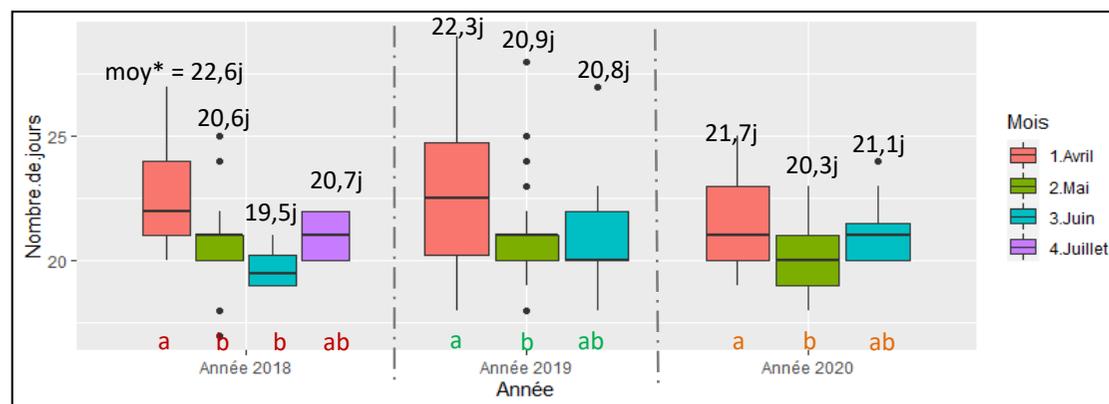
Fig. 28a : Nombre de couples différents mis à la reproduction au SFS selon l'année



*Au-dessus des colonnes : nombre de morts parmi les blessés en italique, ratio nombre de blessés sur nombre d'essais entre parenthèses

**En-dessous des colonnes : pourcentage du nombre de blessés total/nombre d'essais total

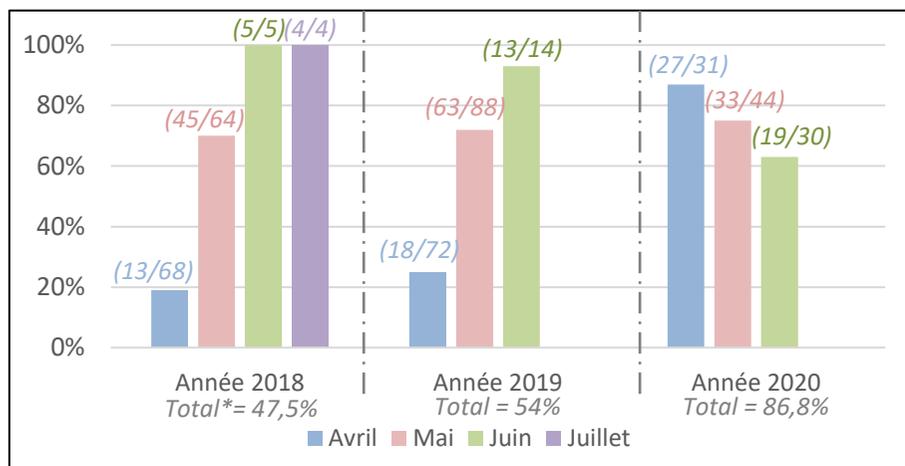
Fig. 28b : Pourcentage du nombre d'animaux blessés lors de la mise en contact des couples sur le nombre d'essais au SFS, par mois de mise à la reproduction et par année



*moy = moyenne du nombre de jours par mois et année

ab : deux mêmes lettres d'une même couleur signifient que les valeurs ne diffèrent pas significativement entre elles pour une année donnée

Fig. 28c : Boxplots affichant le nombre de jours entre la date de mise en contact du couple et la date de mise-bas au SFS selon le mois et l'année de mise à la reproduction

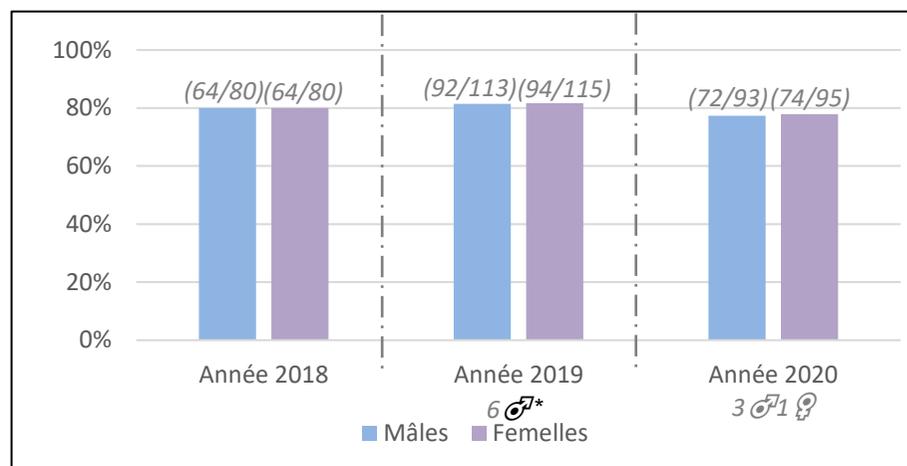


NB : Nombre de couples formés = nombre d'essais pour ces années

Au-dessus des colonnes, entre parenthèses : ratio nombre de mise-bas sur nombre de couples formés ;

*Pourcentage du nombre de mise-bas sur nombre total de couples formés par année

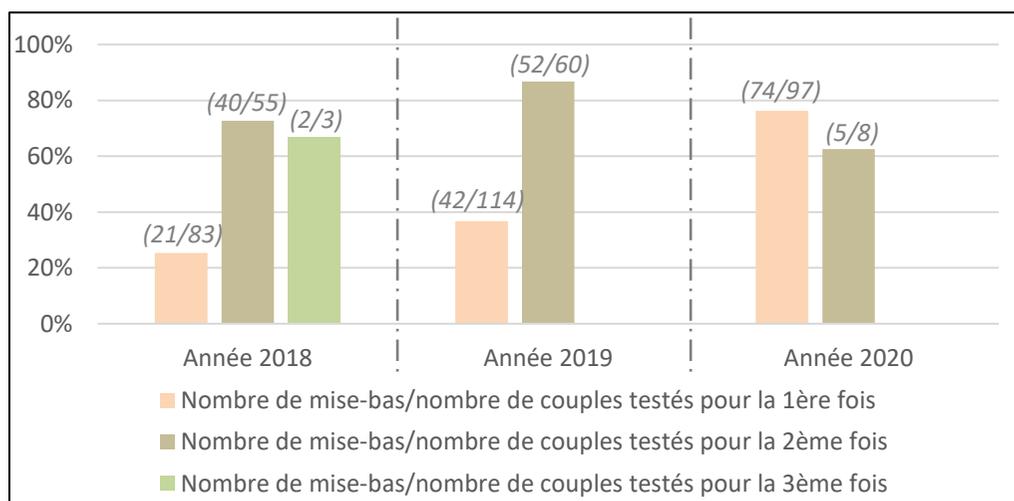
Fig. 29a : Pourcentage du nombre de mise-bas sur le nombre de couples formés au SFS, par mois de mise à la reproduction et par an



Au-dessus des colonnes, entre parenthèses : ratio nombre de mâles/femelles ayant eu des petits sur nombre de mâles/femelles à la reproduction par an ;

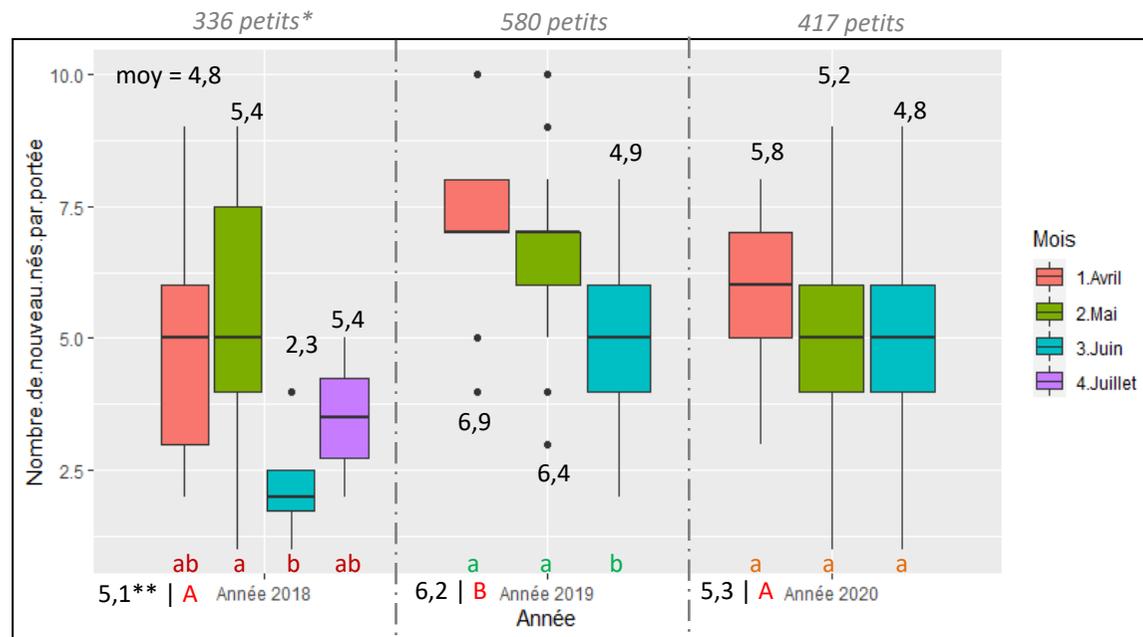
*Nombre d'animaux ayant déjà réussi à se reproduire l'année précédente

Fig. 29b : Pourcentage du nombre de mâles et femelles ayant eu des petits sur le nombre de mâles et femelles à la reproduction au SFS par an



Au-dessus des colonnes, entre parenthèses : ratio du nombre de mise-bas sur nombre de couples testés pour la énième fois

Fig. 29c : Pourcentage du nombre de mise-bas sur le nombre de couples testés au SFS pour la énième fois, par an



moy = moyenne du nombre estimé de nouveau-nés par portée par mois et année de mise à la reproduction

*Nombre de petits nés de l'année

**Moyenne du nombre estimé de nouveau-nés par portée sur toute l'année

ab, AB: deux mêmes lettres d'une même couleur signifient que les valeurs ne diffèrent pas significativement entre elles

Figure 30 - Boxplots affichant le nombre estimé de nouveau-nés par portée au SFS selon le mois et l'année de mise à la reproduction du couple

Tableau 10 - Tableau regroupant les pesées effectuées par le SFS selon le mois de pesée et le mois de naissance (2017 à 2020)

	Date de pesée	Nombre d'animaux pesés		Mois de naissance	Poids moyen selon mois de naissance (g)		Ecart-type selon mois de naissance (g)	
		♂	♀		♂	♀	♂	♀
Année 2017	Avril	37	25	Juillet 2016	272,5	215	36,4	39,4
Année 2018	Pas de pesées cette année							
Année 2019	Avril	5	1	Avril 2018	200,2	208	18,2	/
		98	113	Mai 2018	194,8	160,4	20,6	36,0
		28	38	Juin 2018	193,4	156,9	65,1	25,7
		7	4	Juillet 2018	173,9	148,5	20,5	12,6
Année 2020	Pas de pesées cette année du fait du contexte sanitaire							

NB : les pesées de 2017 ont été réalisées sur des animaux de l'ancien cheptel du SFS, relâchés par la suite pour vide sanitaire

II.C.4. Bilan de la mortalité pour les années 2017 à 2020

La *figures 32* représente le bilan de la mortalité de 2017 à 2020 et les *figures 33a à 33d* le pourcentage de morts selon la cause suspectée de 2017 à 2020. Il a été décidé de ne pas inclure le bilan de la mortalité des animaux avant vide sanitaire dans ces graphiques, l'origine des animaux et la situation sanitaire après juillet 2017 ayant changé.

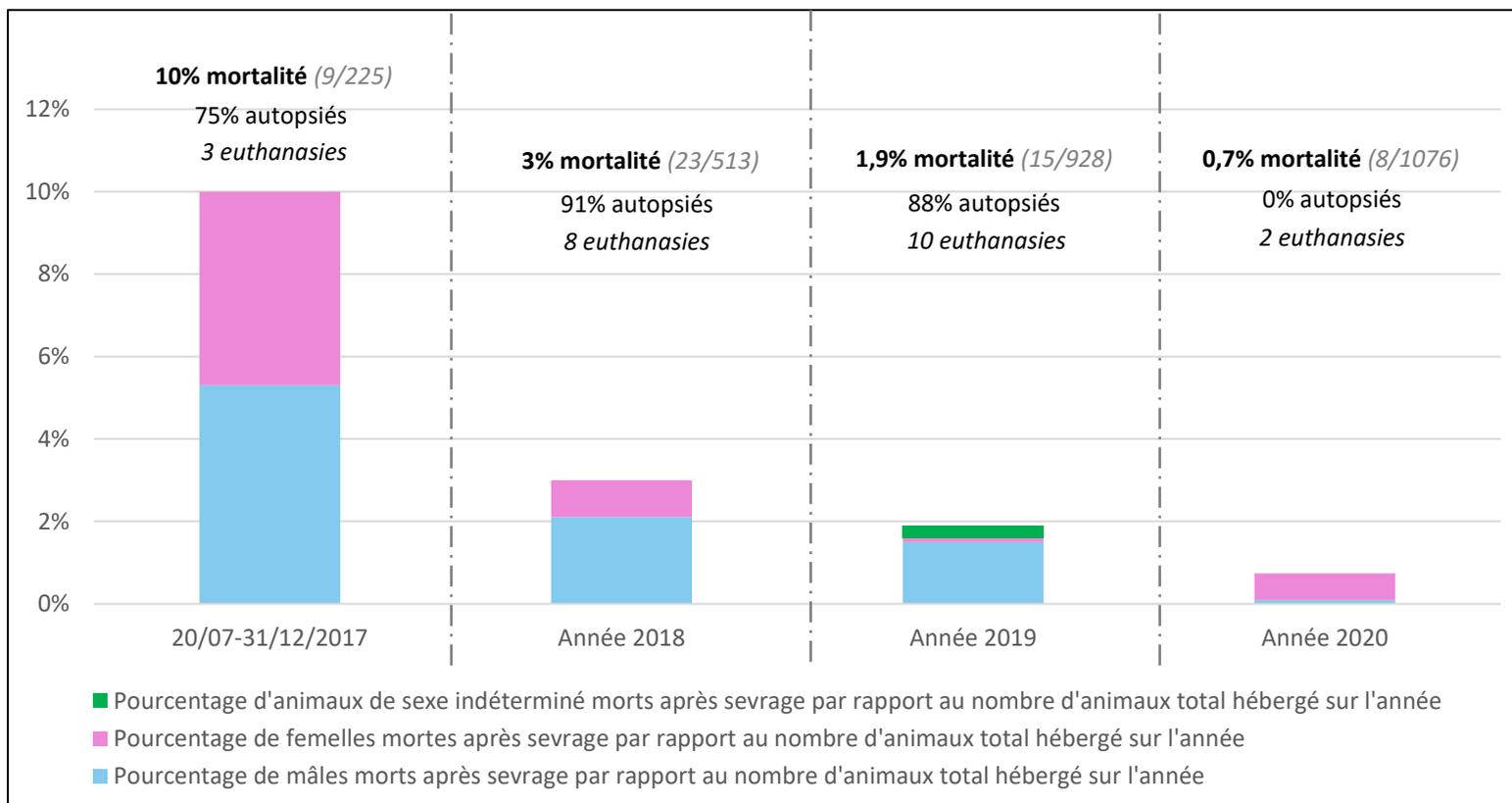
Pour le détail concernant le sex-ratio et l'âge des animaux morts selon la cause, se référer aux tableaux en *annexe II.C*.

II.C.5. Bilan des relâchés pour les années 2017 à 2020

Le bilan des animaux relâchés par année est observable dans le *tableau 11* ci-dessous.

Tableau 11 - Nombre de hamsters relâchés par le SFS par sexe et année de relâchés

	Année 2017	Année 2018	Année 2019	Année 2020
Nombre de hamsters relâchés	423	139	261	452
Nombre de femelles	212	81	127	228
Nombre de mâles	211	58	134	224



Au-dessus des colonnes **en gras** : pourcentage total d'animaux morts après sevrage par rapport au nombre d'animaux total hébergés au cours d'une année
 Au-dessus des colonnes entre parenthèses : ratio nombre total d'animaux morts après sevrage par rapport au nombre d'animaux total hébergés au cours d'une année

Figure 31 - Pourcentage d'animaux morts au SFS après sevrage par rapport au nombre d'animaux total hébergés au cours d'une année et selon le sexe, à partir du 20 juillet 2017 jusqu'à fin 2020

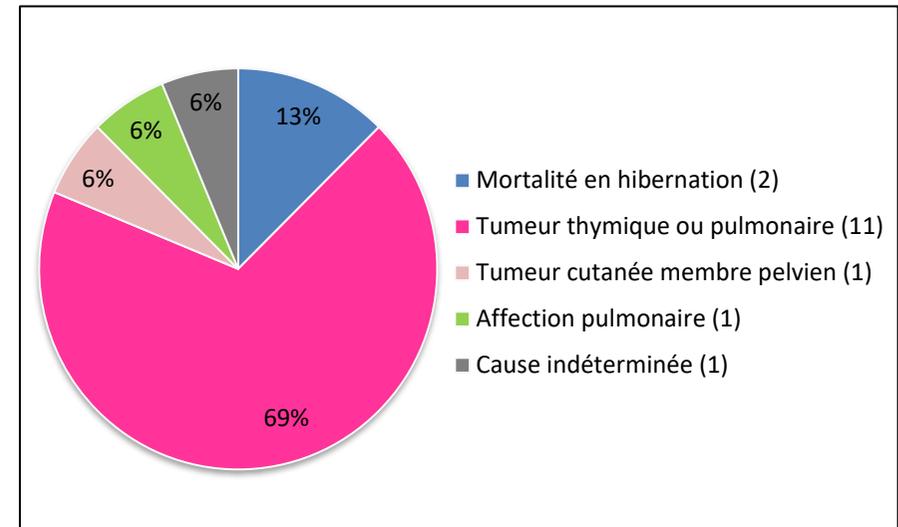
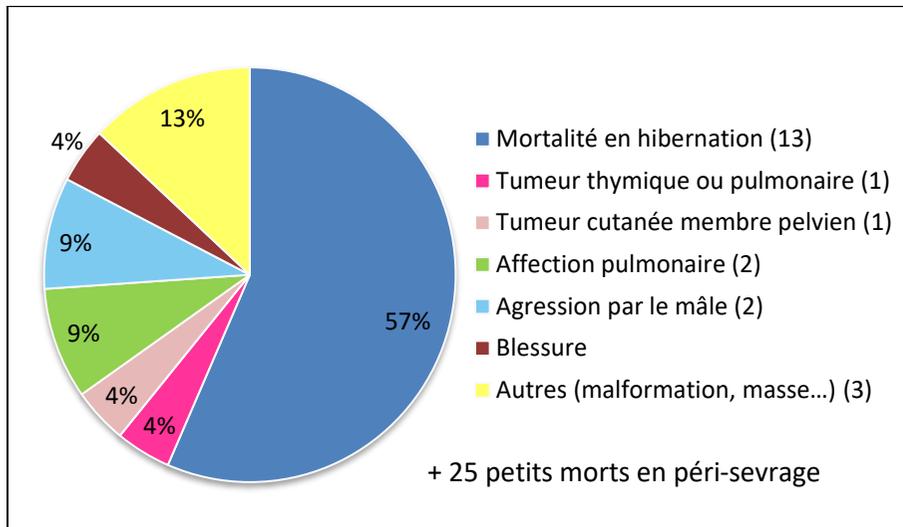


Fig. 32a : Distribution des causes de mortalité au SFS du 01/07/2017 au 31/12/2017

Fig. 32b : Distribution des causes de mortalité au SFS en 2018

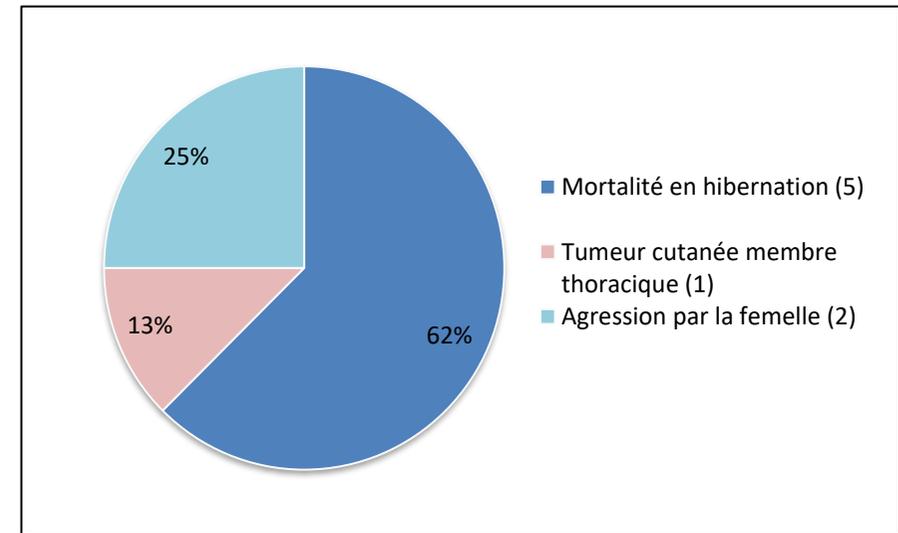
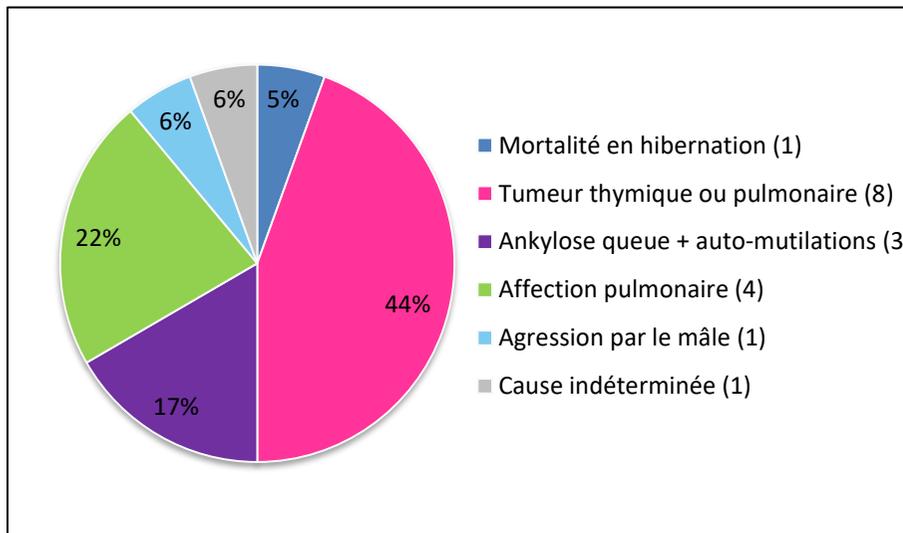


Fig. 32c : Distribution des causes de mortalité au SFS en 2019

Fig. 32d : Distribution des causes de mortalité au SFS en 2020

Entre parenthèses à côté de chaque cause : nombre de morts associés à chaque cause

La cause « agression par le mâle » caractérise une agression au cours de la mise à la reproduction ayant mené à la mort de la femelle blessée.
La cause « mortalité en cours d'hibernation » traduit le décès d'un animal sans cause évidente, même après autopsie, en période d'hibernation.

II.D. Discussion des résultats obtenus pour l'élevage du SFS

II.D.1. Adéquation des animaux à leur environnement

II.D.1.a. Hébergement et bien-être des animaux

Aucune anomalie comportementale pouvant signer une détresse des animaux n'a été rapportée.

La plupart des hamsters de l'élevage sont plutôt timides et se cachent le plus souvent dans leur terrier factice ou au fond de la cage au passage des soigneurs. L'organisation de l'environnement du hamster dans sa propre cage suit un schéma global généralisable à tous les animaux malgré des subtilités individuelles. Notamment, les soigneurs ont pu remarquer une compartimentation du lieu de stockage de la nourriture, du nid et du lieu d'évacuation des excréments, montrant ainsi que malgré l'impossibilité pour les animaux de creuser un vrai terrier dans les cages fournies, ces derniers arrivent à reproduire sommairement l'organisation primitive de leur terrier naturel dans leur cage (voir *partie I.A.2.*).

Selon C. Schappler (SFS), fin novembre 2020, 86% des animaux de l'élevage avaient leur nid à l'intérieur du terrier factice tandis que 14% l'avaient construit à l'extérieur. Parmi ces 14%, 81% des animaux sont nés en 2019 (animaux « âgés ») et 62% sont des femelles. Les individus de 2019 ayant construit leur nid en dehors du terrier représentent 37% de la population de hamster du même âge dans l'élevage fin novembre 2020. Qu'il soit réalisé à l'intérieur ou à l'extérieur du casier à vin, le nid est majoritairement placé à l'arrière de la cage (endroit plus sombre et calme). Aussi, la zone de stockage de nourriture est le plus souvent à proximité du nid, au fond du casier à vin pour les individus faisant leur nid dans le terrier factice ou dans un coin de la cage pour les individus qui font leur nid à l'extérieur. Avant l'hibernation, il arrive que quelques individus déplacent leur nid à l'entrée du terrier factice et constituent une réserve de graines en remplissant tout le casier à vin. La zone pour les excréments se trouve majoritairement dans un coin à l'arrière de la cage. Il arrive que les individus qui font le nid à l'extérieur, fassent leurs besoins dans le casier à vin. C. Schappler a remarqué que les femelles avaient tendance à être globalement plus strictement organisées que les mâles. Chez ces derniers, il n'est pas rare de retrouver également des excréments dans le stock de nourriture.

Il est donc particulièrement notable que la grande majorité des animaux utilisent leur terrier factice à des fins de construction du nid voire de stockage alimentaire malgré quelques exceptions dans l'élevage du SFS. Les animaux les construisant à l'extérieur sont notamment des adultes de plus d'un an, ce qui amène notamment à poser la question de l'adéquation des terriers factices aux animaux, en termes de taille. Seraient-ils trop petits pour les animaux adultes les plus grands ? D'autres hypothèses sont également possibles, notamment le fait que les jeunes individus soient moins à l'aise avec le passage humain et aient donc davantage tendance à cacher leur nid que les adultes, ou encore, de simples préférences individuelles.

II.D.1.b. Paramètres d'ambiance

Il existe des différences significatives entre les années concernant les températures de certaines saisons, sans que les moyennes et médianes ne s'éloignent des températures souhaitées. Il n'y a pas de différence nette répétable de températures entre les deux salles bien que les résultats montrent que certaines années, les températures ont été légèrement plus hautes dans la salle 1 que dans la salle 2 au printemps et en été (voir *figures 23a à 23d*). Ceci pourrait s'expliquer par la présence de deux baies vitrées au plafond dans la salle 1 contre une seule dans la salle 2, laissant donc davantage entrer les rayons du soleil sur les heures chaudes de la journée dans la salle 1. Par ailleurs, les températures présentent des variations quotidiennes assez marquées toutes saisons confondues, avec des valeurs extrêmes s'éloignant de plus ou moins 5°C de la valeur consigne ponctuellement (voir *figures 22a à 22d*).

En ce qui concerne l'éclairage, les valeurs de luminosité au moment choisi pour faire les mesures variaient entre 0 et 147 lux dans les salles d'élevage. Cent quarante-sept lux correspondent à la luminosité dans une pièce dont l'activité nécessite peu de lumière (local de stockage par exemple) [35]. Il est par ailleurs notable que la luminosité, comme espérée, est significativement différente entre l'avant et l'arrière de la cage notamment pour les rangs inférieurs 2, 3 et 4 (voir *tableau 9*) dans les deux salles. Aussi, il existe une différence significative entre la lumière reçue dans une cage de rang 1 et de rang 4. Dans une cage de rang 1, même en fond de cage, la lumière reçue dans les deux salles est non négligeable (93 à 147 lux). Elle est beaucoup plus faible dans les rangs inférieurs et atteint toujours 0 lux au fond des cages de rang 4 dans la salle 1. Ceci peut s'expliquer simplement par le fait que les cages soient éclairées par les baies vitrées au plafond et donc par au-dessus. Dans le terrier factice, la luminosité est toujours de 0 lux. Ces conditions permettent donc au hamster de retrouver une obscurité quasi-totale en fond de cage, notamment sur les rangs les plus bas, comme dans son terrier naturel.

Dans la salle 2, les cages testées n'ont pas toutes la même orientation par rapport à la baie vitrée et seulement 4 cages ont fait l'objet de mesures (voir *figure 27*). Il pourrait être intéressant dans le futur de reprendre davantage de mesures à différents moments de la journée et en différentes saisons afin d'étudier s'il existe des différences significatives entre les deux salles, mais aussi d'évaluer dans quelle mesure les différences de luminosité entre le rang 1 et les autres rangs engendreraient des différences en termes de santé et de performances de reproduction.

II.D.2. Développement des animaux

Le poids du Grand Hamster fluctue selon un cycle endogène circannuel amenant à une forte fluctuation de son poids tout au long de l'année, avec des maxima en été. Aussi, il existe de nombreuses différences interindividuelles [14] [16] [36]. Afin que les données de poids soient comparables entre les différentes générations, il est nécessaire que les animaux soient tous pesés au même âge et à la même période chaque année. Par exemple, seuls les poids des animaux nés en juillet 2016 pesés en avril 2017 et ceux nés en juillet 2018 pesés en avril 2019 seraient réellement comparables entre eux.

Il est par ailleurs notable que le poids moyen des animaux nés en 2016 au SFS est nettement supérieur à celui des animaux nés en 2018. Cela pourrait s'expliquer par le fait que depuis, l'origine des animaux et donc la génétique de l'élevage a changé (tous originaires du CNRS depuis 2017).

II.D.3. Efficacité de la reproduction

En 2017, seulement 42 couples se sont formés parmi les 111 couples mis à la reproduction et aucune femelle n'a mis bas au bout du temps de gestation. Ces résultats pourraient s'expliquer en premier lieu par le fait que les nouveaux animaux en provenance du CNRS (suite au vide sanitaire) sont arrivés le 20 juillet, ainsi les reproductions ont eu lieu du 24 au 27 juillet donc probablement trop tard dans la saison.

Tous les couples testés se sont « formés » de 2018 à 2020, malgré quelques individus blessés voire décédés pendant la période de cohabitation du couple dans la même cage.

Le succès reproductif, associé ici au nombre de mise-bas sur le nombre de couples formés, a varié de 47,5% en 2018 à 86,8% en 2020. Il est également notable que selon le mois de mise à la reproduction, ce succès reproductif a été variable. L'année 2020 se dénote particulièrement des autres années avec 87% de mise-bas pour des animaux mis à la reproduction en avril contre 19 à 25% en 2018 et 2019. Ceci pourrait s'expliquer par le fait qu'en 2020, les animaux ont été mis à la reproduction un petit peu plus tard que les autres années (début à mi-avril en 2018 et 2019 contre le 27 avril en 2020), laissant ainsi supposer un nombre d'animaux aptes à se reproduire plus élevé à cette période.

En ce qui concerne la période de gestation, la date d'accouplement exacte n'étant pas connue, il est impossible pour l'élevage de définir un temps de gestation précis pour chaque animal. En effet, les soigneurs relèvent pour chaque couple la date de la mise à la reproduction, la date de retrait du mâle (depuis 2020) et la date d'observation de la mise-bas. Or, les moyennes du nombre de jours entre la mise en contact et la mise-bas et du nombre de jours entre le retrait du mâle et la mise-bas suggèrent une durée de gestation comprise entre de 15 et 21 jours. Cet intervalle large ne permet donc pas de conclure précisément sur la durée de gestation des femelles au SFS, devant se rapprocher de 18 à 21 jours selon la littérature [6].

Par ailleurs, en supposant une durée de gestation quasi-constante entre les femelles, les différences significatives observées entre le mois d'avril et le mois de mai voire de juin en 2018, en ce qui concerne le nombre de jours entre la mise à la reproduction du couple et la mise-bas suggèrent que les animaux mis à la reproduction en avril (moyenne de 21,7 à 22,6 jours) mettraient plus de temps à s'accoupler qu'en mai ou en juin (moyennes de 19,5 à 21,1 jours). Ces résultats corroborent les observations réalisées par les soigneurs du SFS, qui, à partir de mai, observent régulièrement des animaux s'accoupler directement dans le bac de mise en contact. Il est également notable que le pourcentage du nombre de mise-bas sur le nombre total de couples formés est plus important pour des couples mis à la reproduction en

mai et en juin chaque année, signifiant que les animaux seraient plus enclins à s'accoupler sur cette période.

Aussi, le pourcentage du nombre de femelles ayant mis bas sur le nombre de femelles mises à la reproduction est relativement stable depuis 2018 avec une moyenne de 79,9% sur les trois années. Ce résultat laisse supposer un taux de gestation (nombre de femelles différentes ayant été gravide sur nombre de femelles différentes mises à la reproduction) supérieur ou égal à 79,9%. Dans un élevage bovin, un taux de gestation supérieur ou égal à 85% signe une bonne fertilité du troupeau [37]. En élevage canin, le taux de gestation moyen varie de 84% à 91% selon la race [38]. Une autre source fait remarquer que, chez la souris, le taux de gestation n'atteint que 48 à 57% chez les femelles s'accouplant à leur premier œstrus contre 80 à 90% chez des femelles plus âgées [39]. Par extrapolation, nous pouvons convenir que les résultats pour les hamsters tendent vers cette norme de 80% minimum, et donc, suggèrent une bonne fertilité des individus femelles dans l'élevage du SFS. Par ailleurs, le pourcentage de mâles ayant mené à une mise-bas depuis 2018 est de 79,6% en moyenne, ce qui suggère également que les mâles n'ont aucun problème de fertilité.

Par ailleurs, en 2018 et 2019 le pourcentage du nombre de mise-bas sur le nombre de couples testés pour la deuxième fois est plus élevé que le pourcentage du nombre de mise-bas sur le nombre de couples testés pour la première fois. Ces résultats sont probablement influencés par le fait que les deuxièmes essais de ces couples ont été réalisés plus tard dans la saison, plutôt en mai et juin et donc à une période plus propice à l'acceptation du partenaire comme spécifié plus tôt. On ne peut donc pas conclure ici que les individus se tolèreraient mieux après s'être déjà rencontrés une fois lors d'une session précédente.

Le nombre estimé de nouveau-nés par portée varie de 5,1 à 6,2 en moyenne de 2018 à 2020, ce qui correspond aux valeurs moyennes décrites dans la littérature pour le Grand Hamster, aussi bien en captivité que dans son milieu naturel [40] [41] [12]. Cela montre donc une fécondité dans les normes des femelles de l'élevage. En 2019, les femelles ont eu des portées significativement plus grandes que les autres années, sans qu'il n'y ait de raison évidente. Aussi, bien que les couples mis à la reproduction en avril soient apparemment moins facilement enclins à se reproduire, ils ne sont pas moins prolifiques (nombre estimé de nouveau-nés par portée). Il est rapporté dans la littérature que le nombre maximal de petits par portée serait observé en mai [6]. Pourtant, malgré quelques différences significatives observées entre le nombre estimé de petits par portée selon le mois de mise à la reproduction, il n'y a pas de démarcation nette répétable de ces différences sur les trois années présentées au SFS.

II.D.4. Fréquence des maladies et mortalité

À partir de juillet 2017 (suite au vide sanitaire), la cause de mortalité la plus représentée a été la mortalité en cours d'hibernation. En 2018 et 2019, la cause de mortalité la plus largement représentée a été néoplasique (tumeurs pulmonaire ou thymique). En 2020, la cause de mortalité la plus représentée a été la mortalité en cours d'hibernation.

En 2017, la forte mortalité en hibernation pourrait s'expliquer par le fait que les animaux en provenance du CNRS n'ont jamais connu les conditions d'élevage au SFS avant leur arrivée. Il y'a donc eu un fort changement d'environnement en juillet, à peine deux mois avant les premières entrées en hibernation. De plus, les animaux ont subi un fort stress au moment du changement d'élevage et au moment de la reproduction tardive, ce qui a pu jouer sur la qualité de leur hibernation (voir *discussion partir V.A.3.*).

En 2018, les 23 morts de nouveau-nés observées en avant sevrage peuvent être expliquées par le fait que cette année, les soigneurs ont eu plus de facilité à apercevoir les petits dans les cages. En effet, la plupart des mères ont mis bas en dehors du casier à vin ce qui a facilité l'observation des portées. Ceci peut s'expliquer par le fait que les mères, nées en 2016, ont été préalablement élevées pendant 1 an dans l'élevage du CNRS qui n'utilise pas les mêmes terriers factices. Les autres années aucun mort-né ou mort avant sevrage n'a pu être observé dans la mesure où les mères mettaient bas dans le casier à vin.

Aucune blessure ou maladie n'a été décrite comme étant en lien direct ou indirect avec le matériel utilisé depuis le vide sanitaire 2017.

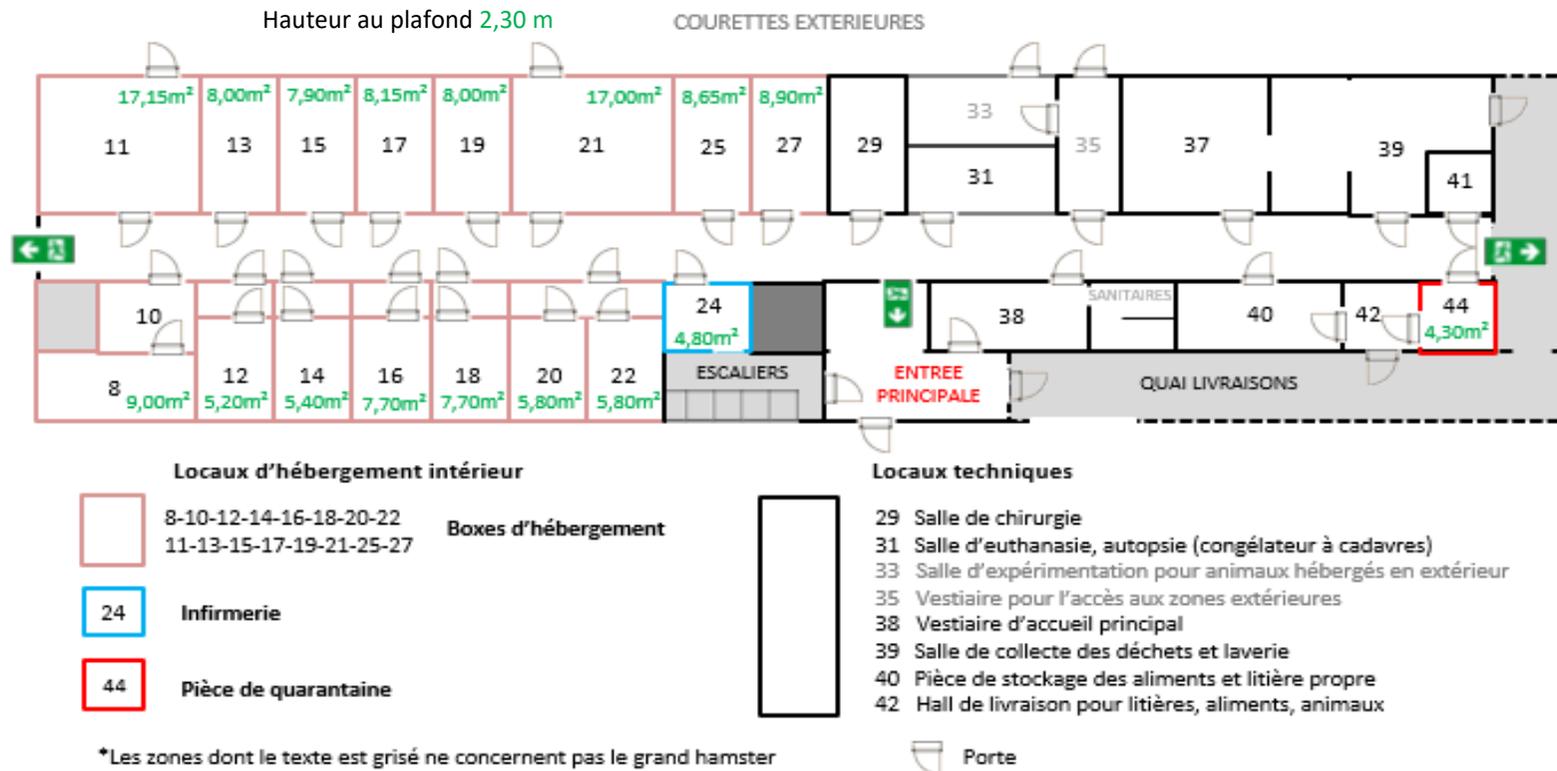


Figure 33 - Schéma du plan de l'animalerie du CNRS
(Source personnelle, basé sur les plans fournis par le CNRS)

III. Protocole d'élevage utilisé au CNRS

III.A. Présentation de la structure

Les hamsters communs élevés par le CNRS sont hébergés dans l'animalerie du DEPE-IPHC qui possède un agrément pour l'élevage d'espèces domestiques (Diamant mandarin ou *Taeniopygia guttata*) et non domestiques parmi lesquelles figure le Grand Hamster (*Cricetus cricetus*). Le Dr Caroline Hibold est la personne capacitaire responsable de l'élevage. Historiquement le laboratoire capturait et utilisait des hamsters dans le cadre de ses recherches en lien avec la santé humaine. À compter de septembre 2012, le CNRS a créé un nouvel élevage de Grand Hamster avec 10 mâles et 100 femelles nés la même année au Chronobiotron de Strasbourg, afin de répondre aux besoins de recherche sur la biologie de l'espèce dans le cadre du PNA et du programme Life Alister. Des individus de l'élevage, parmi lesquels certains ont fait partie de protocoles expérimentaux, sont également dédiés aux opérations de renforcement de population en milieu naturel.

III.A.1. Plan de la structure

L'animalerie est située au rez-de-chaussée du bâtiment de la DEPE-IPHC et comprend les salles ou box d'hébergement pour les animaux, une infirmerie, une salle de quarantaine, une salle de stockage alimentaire, une salle de chirurgie, une salle d'euthanasie et d'autopsie, une salle pour évacuation des déchets et entretien du matériel, des vestiaires et sanitaires, et un hall de livraison (voir *figure 33*).

III.A.2. Organisation de l'élevage

Les box ont une surface de 8 à 10m² environ et une capacité d'hébergement maximale de 70 individus. L'animalerie du CNRS accueille d'autres espèces que le Grand Hamster (diamants mandarins, tamias,...) dont les effectifs varient selon les études en cours. Certains box sont donc dédiés au Grand Hamster pour une période définie. Il se peut que les individus changent de box mais globalement, les box dédiées à l'espèce *Cricetus cricetus* sont assez stables au cours du temps. Souvent, la répartition des individus et l'organisation des soins se fait selon les besoins expérimentaux. Un box contenant des hamsters sera réservé pour une étude précise afin de faciliter le travail et le suivi des chercheurs ainsi que du personnel animalier. Depuis fin 2020, les animaux dédiés exclusivement aux renforcements sont placés dans des box différents des animaux destinés à l'expérimentation.

III.A.3. Effectifs de hamsters hébergés par l'élevage

L'élevage de Grand Hamster du CNRS est en capacité d'accueillir 500 individus maximum en même temps. Il héberge en moyenne de 150 à 500 individus selon l'année (voir *tableau 12*). Tous les animaux sont nés sur place depuis 2013 à l'exception de quatre hamsters sauvages capturés dans la zone de protection sud et transférés au CNRS en septembre de la même année. À partir de 2019, tous les nouveau-nés sont inscrits dans le registre, y compris les petits mort-nés, et donc comptés dans les entrées de l'élevage.

Tableau 12 - Effectifs hébergés par l'élevage du CNRS de 2017 à 2020

		Au 1 ^{er} avril 2017	Au 1 ^{er} janvier 2018 <i>Sur l'année 2017</i>	Au 1 ^{er} janvier 2019 <i>Sur l'année 2018</i>	Au 1 ^{er} janvier 2020 <i>Sur l'année 2019</i>	Au 1 ^{er} janvier 2021 <i>Sur l'année 2020</i>
Nombre de hamsters		461	253 684	160 298	258 420	536
Nombre de femelles		241	131	74		
Nombre de mâles		220	121 <i>+ un individu de sexe indéterminé</i>	86		
Âge	< 1an	361	220	40	231	
	1-2 ans	93	33	120	23	
	2-3 ans	7	0	0	4	
	> 3 ans	0	1	0	0	
Origine/lieu de naissance		CNRS - DEPE	CNRS - DEPE	CNRS - DEPE	CNRS - DEPE	

Les cases grisées représentent les informations manquantes ou non transmises au moment de la collecte de données

III.B. Pratiques d'élevage

III.B.1. Hébergement des animaux

III.B.1.a. Cages, litière et enrichissements utilisés

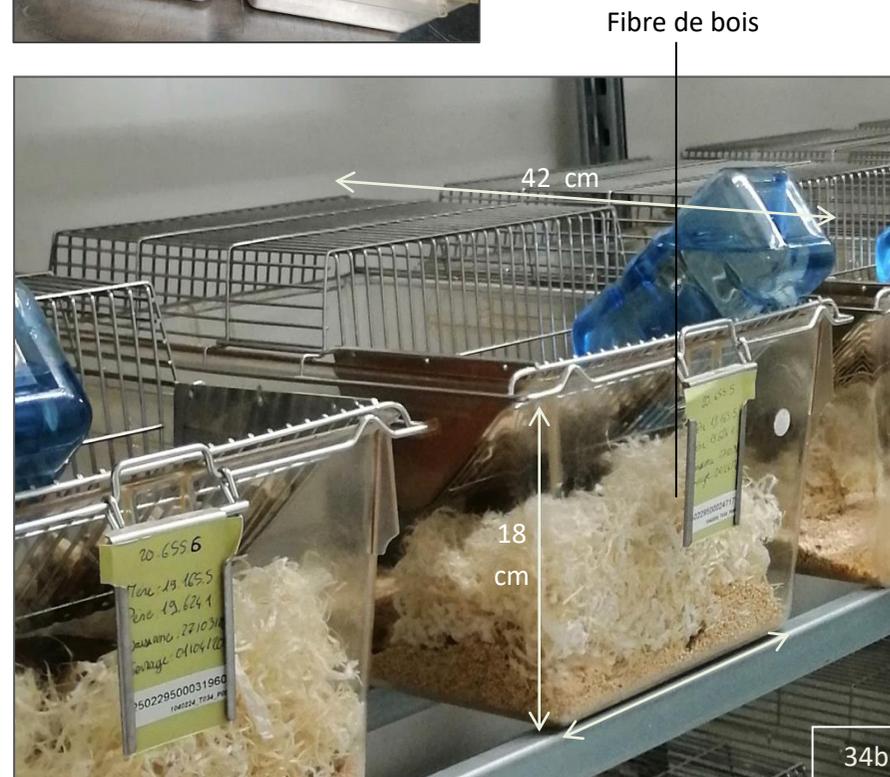
Les animaux sont hébergés individuellement dans des cages couramment utilisées en laboratoire : de type III (420x265x180 mm) ou de type IV de plus grande taille (590x380x200 mm) (voir *figures 34a et 34b*). Pour ces deux types de cages, le couvercle en acier inoxydable est surélevé de 5 cm au-dessus de la limite haute du bac, ce qui permet d'atteindre une hauteur maximale de 23 cm (type III) et 25 cm (type IV) du sol au couvercle. Les cages de type IV sont plutôt réservées aux animaux à la reproduction (couples, femelles avec portées) ou aux hamsters adultes de grande taille qui seraient trop à l'étroit dans une cage de type III. Le bac est fait en polycarbonate ou polysulfone. Ces cages transparentes répondent à la réglementation sur l'expérimentation animale. Lorsque les animaux sont en dehors de leur terrier factice, ils ont une vue sur les cages adjacentes. Les couvercles forment un râtelier pour la nourriture. Les biberons ont une capacité de 750mL et sont placés au niveau du râtelier. Des étiquettes amovibles, indiquant l'identifiant de chaque animal, sont installées sur toutes les cages.

La litière est composée de rafle de maïs. Environ 1L de litière est placé sur le sol de la cage de type III et 2L dans les cages de type IV.

En ce qui concerne les enrichissements, le personnel animalier place quelques feuilles de papier en cellulose pure et un nid composé de fibres de peuplier compactées. De petites buchettes en bois de hêtre d'une dizaine de cm de longueur sont également placées dans les cages (voir *figure 34c*). Les hamsters en rongent en font des fibres eux-mêmes qu'ils utilisent pour leur nid. Environ 2-3 buchettes sont placées par cage si l'animal a tendance à les utiliser, sinon une seule (voire aucune) est mise dans la cage. Les mâles adultes semblent être ceux appréciant le plus ce dispositif.



Cage type IV



Figures 34a à 34c - Photographie d'une cage de type IV (34a), d'une cage de type III (34b) avec leurs enrichissements dont de la fibre de bois (à gauche, 34c) et des buchettes de bois (à droite, 34c)
(Source et annotations personnelles)

Des tubes en PVC sont placés verticalement dans les cages afin de permettre au hamster de se cacher. Le tube en PVC le plus répandu fait 23 cm de hauteur, 16 cm de diamètre, et un trou de 6,5 cm de diamètre est fait au niveau de l'extrémité basse fait (voir *figure 35a*). Certains hamsters vont y construire leur nid. Ce type de tube serait celui que le personnel animalier aimerait généraliser à toutes les cages. D'autres cages possèdent des tubes de plus petites tailles (20cm de hauteur, 6cm de diamètre ; voir *figure 35b*). Dans l'idéal ces plus petits tubes sont placés dans les cages des jeunes hamsters.

La répartition des tubes est faite au mieux en fonction du nombre disponible et de la taille des hamsters (grand tube pour les hamsters adultes). Il arrive, rarement, que certains hamsters n'aient pas de tubes en PVC dans leur cage si les effectifs sont trop élevés en comparaison du nombre de tubes. L'achat de nouveaux tubes est prévu pour l'année qui 2021.

III.B.1.b. Répartition des animaux

Répartition dans les box

Les animaux sont répartis dans des cages individuelles (hors période de reproduction) aléatoirement sur les étagères et dans les box selon la place disponible et/ou selon les besoins des études en cours (voir *figure 36*). Une exception est faite pendant la période de reproduction, où dans la mesure du possible, les couples, mères et fratries sont rassemblés dans une même pièce pour ne pas être dérangés par les hamsters non à la reproduction. Aussi, comme précisé *partie II.A.2.*, depuis fin 2020 les animaux hors expérimentation sont regroupés dans des box séparés des animaux en expérimentation.

Méthode de transport des animaux d'une cage à une autre

Pour toute sortie de leur cage, les animaux sont transportés individuellement dans une boîte de transport de dimensions 210x130x125mm (voir *figure 37*) et ce sans les manipuler directement avec les mains. Cette boîte peut être transparente sans couvercle ou teintée en noir avec un couvercle. Le deuxième format permet notamment de limiter le stress de l'animal en le mettant dans le noir mais également de limiter le risque de morsure. L'utilisation de l'une ou de l'autre boîte est à l'appréciation du manipulateur.



Figure 35a et 35b - Photographie d'un grand tube en PVC (35a) et d'un petit tube (35b)

(Source et annotations personnelles)



Figure 37 - Photographie des boîtes de transport utilisées dans l'animalerie du CNRS

(Source et annotations personnelles)



Figure 36 - Photographie d'une étagère portant des rangées de cages au CNRS

(Source personnelle)

III.B.1.c. Paramètres d'ambiance

Température

La température de toutes les pièces de l'animalerie est contrôlée par thermostat. L'animalerie est équipée d'une thermofrigopompe et d'un système de vannes de régulation de la température (vannes froides, vannes chaudes) avec notamment une pompe de récupération permettant de réadapter la température de la pièce à la valeur consigne lorsque celle-ci s'écarte de plus de 3°C. Une alerte est transmise par SMS en cas de dépassement de cette valeur seuil.

Il est possible de réguler individuellement la température des box. En conditions standards (sans besoin particulier pour une étude), la température consigne est changée deux fois dans l'année, en mars et en octobre. Il arrive que la température consigne varie selon la pièce d'élevage de 1 à 2 °C. Dans les box les plus couramment utilisés, en conditions standards, la température consigne est de 20°C de fin mars à fin octobre et de 10°C de fin octobre à fin mars de l'année suivante. Le changement de température se fait en général progressivement sur plusieurs jours.

Hygrométrie

L'animalerie est équipée d'un système de vannes de régulation de l'hygrométrie avec notamment un humidificateur permettant de réadapter l'hygrométrie de la pièce à la valeur consigne. Il n'y a pas de seuil d'alerte établi pour l'hygrométrie. L'hygrométrie est réglée dans presque tous les box sur 65%. Quelques rares box ont comme valeur d'hygrométrie consigne 60%.

Ventilation et qualité de l'air

Les pièces sont hermétiques donc protégées des courants d'air. Un système de ventilation assure le renouvellement de l'air (environ 20 fois le volume de la pièce par heure) dans chaque pièce via un système centralisé avec filtre.

Eclairage

La lumière est entièrement artificielle (néons) mais proche de la luminosité naturelle en termes de spectre. La luminosité est maintenue en moyenne à 60% de la capacité maximale des néons car cela serait plus adaptée aux rongeurs. Pour les animaux hors cadre expérimental, le cycle lumineux est réglé sur l'éphéméride. La minuterie se règle automatiquement à rythme régulier sur le cycle de lever et de coucher du soleil à Strasbourg. Les transitions lumineuses se font progressivement sur plusieurs heures. Il est possible pour les chercheurs de régler eux-mêmes cette minuterie, ce qui leur permet de changer le rythme en cas de besoin expérimental.

Ambiance sonore

Les locaux de l'animalerie sont isolés du reste du laboratoire donc des bruits humains. Le personnel animalier tente de rester discret en passant dans les box durant la période d'hibernation afin de ne pas déranger les hamsters en torpeur.

La présence d'une alarme sonore activée en cas d'alerte ou de test une à deux fois par an peut générer un stress important chez les animaux.

Gestion de l'hibernation

Dans l'élevage du CNRS, les premiers animaux commencent à entrer en torpeur début septembre et commencent à sortir d'hibernation fin février. Durant cette période, le personnel animalier continue d'assurer son passage quotidien afin de vérifier que les animaux dorment bien et ont assez de nourriture et d'eau. Les animaux ne sont en aucun cas dérangés s'ils sont en torpeur. Le nettoyage des cages n'est pas fait si l'animal est en torpeur et sera réalisé durant une phase d'activité.

III.B.2. Alimentation et boisson

Le *tableau 13* résume l'ensemble des informations ci-après.

III.B.2.a. Alimentation

Alimentation des hamsters adultes à l'entretien

L'aliment principal donné aux adultes à l'entretien est un aliment complet spécial hamster à base de bouchons « Top Rongeur Guyolap » de chez Evalis. Le râtelier est rempli au besoin sans retrait des restes. La composition détaillée de l'aliment est consultable en *annexe II.A*. Depuis août 2020 environ, le personnel animalier ajoute quelques bouchons directement dans un coin de la cage des animaux afin de leur permettre de faire des stocks pour l'hibernation. Cela représenterait un enrichissement positif favorisant l'apprentissage de la recherche de nourriture par l'animal.

La saison de reproduction 2018 a été marquée par un faible nombre estimé de nouveau-nés produits par les élevages du CNRS et de NaturOparC. Le seul élevage n'ayant pas été touché étant le SFS, il en a été déduit que l'élément incriminable était l'alimentation. En effet, il semblerait que la marque de bouchons utilisée à l'époque (Safe Diets 105) par le CNRS et NaturOparC n'était pas adaptée au Grand Hamster. Depuis, les animaux du CNRS ont comme aliment principal les bouchons de chez Evalis.

Les aliments complémentaires à la ration principale dépendent du cadre expérimental. Si l'alimentation ne représente pas un biais possible pour la recherche en cours, une poignée d'un mélange de graines diverses (voir *annexe III.A*) est placée dans la nouvelle cage lors du changement de litière. Ce mélange de graines, en plus d'être une source alimentaire complémentaire aux bouchons, représente également une source d'enrichissement comportemental.

Alimentation des hamsters à la reproduction

Durant la saison de reproduction et dans des conditions standards, l'aliment principal des animaux à la reproduction est exactement le même qu'à l'entretien (bouchons Top Rongeur Guyolap). Après deux semaines de confrontation entre mâle et femelle, les couples sont séparés et placés dans de nouvelles cages. À ce moment, sont ajoutés dans chaque cage (mâle et femelle) un supplément de 100g de granulés de luzerne qualité cheval d'origine

Lorial® et 6g de croquette pour chiot Virbac® Baby Dog Small & Toy en plus des bouchons habituels. Environ 6g de croquettes sont ensuite donnés de manière hebdomadaire pendant 5 semaines après séparation du couple, soit jusqu'au sevrage des petits si la femelle a mis bas. Cinquante grammes de granulés de luzerne sont également ajoutés à la 3^{ème} semaine après la mise-bas.

Alimentation des juvéniles sevrés en croissance

La ration principale et les aliments complémentaires sont les mêmes que pour la mère. Dès la naissance des petits et jusqu'au sevrage, ces derniers peuvent consommer des croquettes parmi les 6g déposés par semaine ainsi que des granulés de luzerne déposés à 3 semaines post-mise-bas.

Alimentation des hamsters avant relâchés

La ration des animaux avant relâchés est la même qu'à l'entretien.

III.B.2.b. Boisson

L'eau proposée aux animaux est de l'eau du robinet de l'animalerie. Le biberon a une capacité de 750 mL. Le niveau d'eau est contrôlé quotidiennement les jours de présence du personnel et les biberons sont remplis dès que le biberon n'est plus rempli qu'à moitié.

III.B.2.c. Gestion des stocks alimentaires

Une salle de stockage est dédiée à l'entreposage des aliments. L'aliment principal non entamé est conservé dans son conditionnement initial. Les bouchons dont le sac a été ouvert sont sortis de leur emballage et placés dans un bac en inox. L'aliment est utilisé jusqu'à épuisement du bac, à une vitesse qui permet d'éviter de dépasser les dates limites de conservation. Les autres aliments ouverts sont soit conservés dans leur conditionnements initial ou placés dans des bacs en plastique fermés (graines et luzerne notamment). La nourriture est achetée au fur et à mesure que les stocks s'amenuisent pour limiter le déperissement des denrées.

L'évaluation qualitative de l'aliment se fait uniquement visuellement par recherche de moisissures ou parasites. La qualité de l'eau est évaluée par l'organisme en charge du contrôle sanitaire de l'eau sur le campus.

III.B.3. Reproduction des hamsters

La méthode de mise à la reproduction peut varier selon le manipulateur, notamment dans le cadre de travaux de recherche. Le protocole présenté comme suit est le protocole le plus utilisé par les manipulateurs et peut être considéré comme le protocole standard. Ce protocole peut aussi bien être utilisé pour des animaux dans un cadre expérimental que non expérimental.

Tableau 13 - Bilan des aliments proposés aux animaux au CNRS selon la période de l'année et leur cycle physiologique

	Animaux à l'entretien	Animaux à la reproduction	Juveniles	Animaux avant relâchés
Ration principale	Bouchons « Top Rongeur Guyolap » de chez Evalis à volonté au râtelier + quelques bouchons directement dans la cage	Bouchons « Top Rongeur Guyolap » de chez Evalis à volonté au râtelier PAS de bouchons posés dans la cage du couple	Bouchons « Top Rongeur Guyolap » de chez Evalis à volonté au râtelier	Bouchons « Top Rongeur Guyolap » de chez Evalis à volonté au râtelier
Aliments complémentaires (par individu)	<u>Toute l'année :</u> Une poignée d'un mélange de graines lors du changement de litière si ne représente pas un biais expérimental	- Au moment de la séparation des couples (au mâle et à la femelle) : 100g de granulés de luzerne et 6g de croquettes pour chiot - 6g de croquettes pour chiot 1 fois par semaine pendant 5 semaines après séparation du couple + 50g de granulés de luzerne à la 3 ^{ème} semaine après la mise-bas	Idem animaux à la reproduction jusqu'au sevrage	Idem animaux à l'entretien

III.B.3.a. L'accouplement

Choix des reproducteurs et génétique

Les couples sont sélectionnés à partir des taux de consanguinité calculés par le logiciel ZooEasy. Les couples choisis sont ceux avec les taux de parenté/consanguinité les plus bas. Il est également essayé de limiter le taux de consanguinité des individus à maximum 10%. Les individus issus de la même fratrie ne forment de ce fait jamais de couples reproducteurs. Les couples choisis peuvent aussi dépendre d'autres paramètres utiles aux études en cours.

Les femelles sont en général mises à la reproduction une seule fois, parfois deux fois et rarement trois fois au cours d'une saison de reproduction (mars à juillet d'une même année). S'il y a plusieurs reproductions pour un individu, elles peuvent être regroupées sur la même saison de reproduction ou espacées d'une année sur l'autre. Dans le cas de certaines études, les femelles peuvent être mises à la reproduction jusqu'à quatre fois dans la même saison. Les mâles sont mis à la reproduction le plus souvent une fois et rarement jusqu'à quatre fois au cours de leur vie à l'élevage.

Même si les couples qui ont bien fonctionné sont conservés le plus souvent, il arrive qu'une femelle soit mise à la reproduction avec un autre mâle lors d'une seconde mise à la reproduction sur une même saison ou sur une autre année. De même, pour les mâles avec un maximum de quatre femelles différentes.

Lors de la mise à la reproduction, les animaux étaient en moyenne âgés de 1 à 2 ans de 2017 à 2020.

Préparation à la mise à la reproduction

Le statut reproducteur des hamsters est évalué sous anesthésie gazeuse en mesurant la taille des testicules et en vérifiant l'ouverture vaginale afin d'estimer si les animaux sont aptes à la reproduction avant de les mettre ensemble. Les animaux sont également pesés. Si le statut reproducteur a été évalué une fois dans la saison de reproduction, il ne le sera normalement plus lors d'autres remises à la reproduction. Des exceptions sont faites si la remise à la reproduction se fait après juin car en cette période les animaux commencent à ne plus être aptes à reproduction, ou bien si la femelle n'a pas mis bas à la dernière reproduction. Dans ces cas, le statut reproducteur est revérifié.

Il n'y a pas de box spécialement dédiés à la reproduction mais quand cela est possible, les animaux à la reproduction sont regroupés dans des box à part des autres. Dans l'idéal, les couples sont mis dans les mêmes pièces et les femelles allaitantes dans une autre pièce.

Technique de mise à la reproduction

Lorsque les couples (1 mâle avec 1 femelle) sont prêts à se reproduire, ils sont placés dans une grande cage (type IV : 590x380x200mm) avec seulement de la litière propre dans un premier temps. Le couple est alors observé pendant environ 10 minutes. Si aucun signe d'agression n'est observé, deux tubes en PVC sont ajoutés dans la cage et elle est placée dans un box dédié à la reproduction de cette année si possible. En effet, les chercheurs et le

personnel animalier ont observé que ces refuges individuels (tubes en PVC) étaient un bon moyen de limiter les agressions. Les animaux sont observés attentivement pendant la première demi-heure après la mise en contact du couple puis à intervalle régulier les jours suivants. Si des agressions trop importantes ou des blessures sont notées, les couples sont séparés.

La durée de gestation minimale connue étant de 17j, il a été décidé de laisser le mâle et la femelle ensemble pendant deux semaines maximum avant d'être séparés dans deux nouvelles cages différentes de type IV. Le mâle est retiré afin d'éviter tout conflit avec la femelle une fois la période de copulation passée. De plus, les deux semaines de temps permettent à la femelle de passer deux œstrus en présence du mâle.

Dates de mise à la reproduction

Les hamsters sont mis à la reproduction à partir de début mars et jusqu'à fin juin. Les mises à la reproduction dès la sortie d'hibernation des animaux en mars se justifient dans le cadre de l'étude de T. Constant (doctorant au CNRS) sur le lien entre reproduction et hibernation.

III.B.3.b. La gestation

Le couple est placé dans une grande cage de type IV avec deux tubes en PVC. Aucun bouchon de la ration principale n'est placé dans la cage du couple et seul sont proposés les bouchons du râtelier à volonté afin d'éviter toute compétition. À partir du moment où le couple est séparé, la femelle est seule dans une nouvelle cage propre de type IV avec un seul tube en PVC. Des aliments supplémentaires (granulés de luzerne et croquettes pour chiot) sont dès lors placés dans la cage selon le protocole cité plus haut.

Aucun diagnostic de gestation n'est effectué sur les femelles des couples formés.

III.B.3.c. Gestion de mise-bas

Comme dit précédemment, l'alimentation est modifiée pour répondre au mieux aux besoins de la femelle. Les cages des femelles sont vérifiées tous les jours afin de constater les mises-bas et de fait déterminer la date de naissance et la taille des portées. Lorsqu'aucune naissance n'a eu lieu 18 jours après la séparation avec le mâle, la femelle est alors pesée pour contrôler la possibilité d'une mise-bas imminente. Si la femelle pèse plus lourd que le poids relevé avant mise à la reproduction, il en est déduit qu'elle porte bien des petits. Dans ce cas, les manipulateurs attendent encore une semaine (jusqu'à 25 jours après la séparation avec le mâle). Si la femelle ne met pas bas dans ce délai, il y a très peu de chance qu'il y ait finalement une mise-bas.

Dans le cas où la femelle ne pèse pas plus qu'avant la mise à la reproduction ou qu'elle ne met pas bas dans la semaine suivant la pesée de vérification, le statut reproducteur est de nouveau évalué et elle est remise à la reproduction avec le même mâle.

III.B.3.d. Gestion des nouveau-nés

Taille des portées et néomortalité

Sont considérés comme mort-nés tous les petits observés morts dans les 24h suivant la mise-bas. Depuis 2019, les nouveau-nés sont tous inscrits dans le registre d'entrée et de sortie. Le nombre de petits est estimé avec le temps par observation régulière et confirmé au moment de la séparation de la fratrie.

Gestion de la période de sevrage

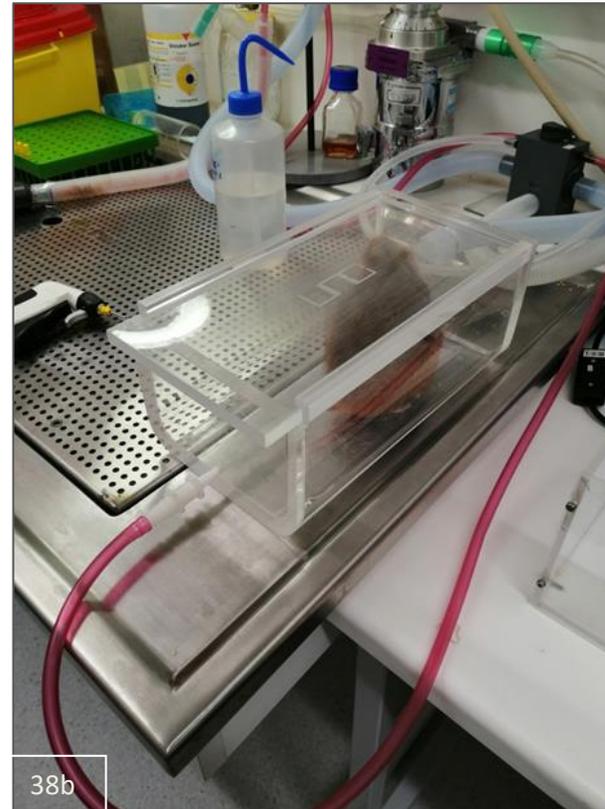
Dans la mesure des places disponibles, les femelles allaitantes sont placées dans une autre pièce à l'écart des couples pour minimiser le stress lié aux bruits. Les femelles et leurs nouveau-nés restent ensemble dans des cages type IV pendant 5 semaines avec le protocole alimentaire cité précédemment. À 5 semaines, les juvéniles sont séparés dans des petites cages individuelles de type III avec les enrichissements d'une cage standard (papier cellulose, fibres de bois, buchettes, tube en PVC). Les tubes en PVC des jeunes sont les petits tubes (20 cm de long et 6cm de diamètre). Ils seront changés à l'âge adulte par des grands tubes dans la mesure des stocks disponibles.

Sexage, pesée et identification

Les jeunes hamsters sont pesés et sexés au moment de la pose du transpondeur aux mois d'août, septembre et octobre selon le nombre de petits à identifier. L'objectif est d'avoir pu identifier tous les animaux avant qu'ils entrent en hibernation. Si un animal est déjà entré en torpeur sur la période de pose de transpondeur, le personnel animalier attend la prochaine phase de réveil pour ne pas le déranger.

Les cages des animaux à identifier sont transportées sur chariot jusqu'à la salle de chirurgie. À ce moment de nouvelles cages propres sont préparées afin de profiter de cet acte pour changer les hamsters de cage et adapter les enrichissements au besoin (tube en PVC notamment). Tout le matériel servant à l'identification ainsi que le registre sont préparés à l'avance afin de faciliter les manipulations. Les étiquettes amovibles des animaux sont complétées et le numéro de transpondeur est apposé.

Les animaux sont sortis de leur cage sans que le manipulateur ne les touche dans une des deux boîtes de transports (voir *figure 38a*). De cette boîte, le hamster va être transféré dans une nouvelle boîte en plexiglass translucide, liée au système d'anesthésie gazeuse de la salle afin d'être anesthésié (voir *figure 38b*). L'anesthésiant utilisé est l'isoflurane (VETFLURANE ND) en général réglé à 3%. Quand l'animal présente des signes de perte de conscience, il est rapidement sorti de la boîte à isoflurane, pesé, sexé, identifié et remis dans la nouvelle cage propre dans la foulée. L'animal encore anesthésié est préférentiellement placé sur le dos dans la nouvelle cage afin de ne pas lui mettre le museau dans la litière. Les manipulations des animaux anesthésiés se font avec des gants jetables.



Figures 38a et 38b - Photographie d'un hamster dans une boîte de transport (38a) et dans une boîte d'induction à l'isoflurane (38b)
(Source personnelle)

III.B.4. Mesures d'hygiène et de biosécurité

III.B.4.a. Organisation des locaux

Organisation des locaux pour les animaux

Une pièce de quarantaine est dédiée à l'introduction de nouveaux animaux dans l'élevage. Un circuit est dédié à l'entrée et à la sortie des animaux dans l'élevage (voir *figure 39*). Les animaux observés malades sont déplacés en salle d'infirmerie. Dans les salles de quarantaine et d'infirmerie, il est fait en sorte qu'il n'y ait pas de mélange d'espèces.

Organisation des locaux pour le personnel

Un sas de change est dédié au personnel (vestiaires). Des carrés d'adhésif double face bleu sont placés à l'entrée des pièces et dans les vestiaires afin de capturer les poussières et autres saletés situés sous les chaussures. Le personnel animalier porte au minimum une blouse lavable. Certains portent une tenue de travail et des chaussures de travail qui restent sur place et sont lavées sur place.

Le personnel animalier essaye au maximum de pratiquer la marche en avant, c'est-à-dire de visiter en premier les individus les plus sensibles (box avec animaux reproducteurs et nouveau-nés) et de terminer par les animaux à risque (animaux malades et en quarantaine). Cependant, le couloir emprunté pour circuler est le même pour tout le personnel donc une personne s'occupant de l'infirmerie peut croiser une personne s'occupant d'animaux sains.

Organisation des locaux pour les visiteurs

Les visiteurs sont normalement tenus de porter au minimum une surblouse ainsi que des surchaussures.

III.B.4.b. Entretien des locaux

Le sol de l'animalerie est en résine étanche facilement nettoyage. L'ensemble des surfaces sont recouvertes d'une peinture facilitant le lavage et la désinfection. Le sol de l'animalerie est lavé tous les jours et désinfecté deux fois par semaine par un broissage à l'aide d'eau de Javel (1,25%). Les murs sont nettoyés à l'occasion d'un vide sanitaire d'un box, avec un détergent.

Une société de dératisation (Alsace Hygiène Partner) passe quatre fois par an. Des pièges (appâts empoisonnés) sont posés dans la salle de stockage alimentaire.

III.B.4.c. Entretien des cages

Le matériel est nettoyé et désinfecté à un rythme régulier et renouvelé si nécessaire. Malgré la présence d'autres espèces dans l'animalerie, le personnel animalier prête une attention particulière à ne pas mélanger le matériel usagé entre espèces ou même entre hamsters.

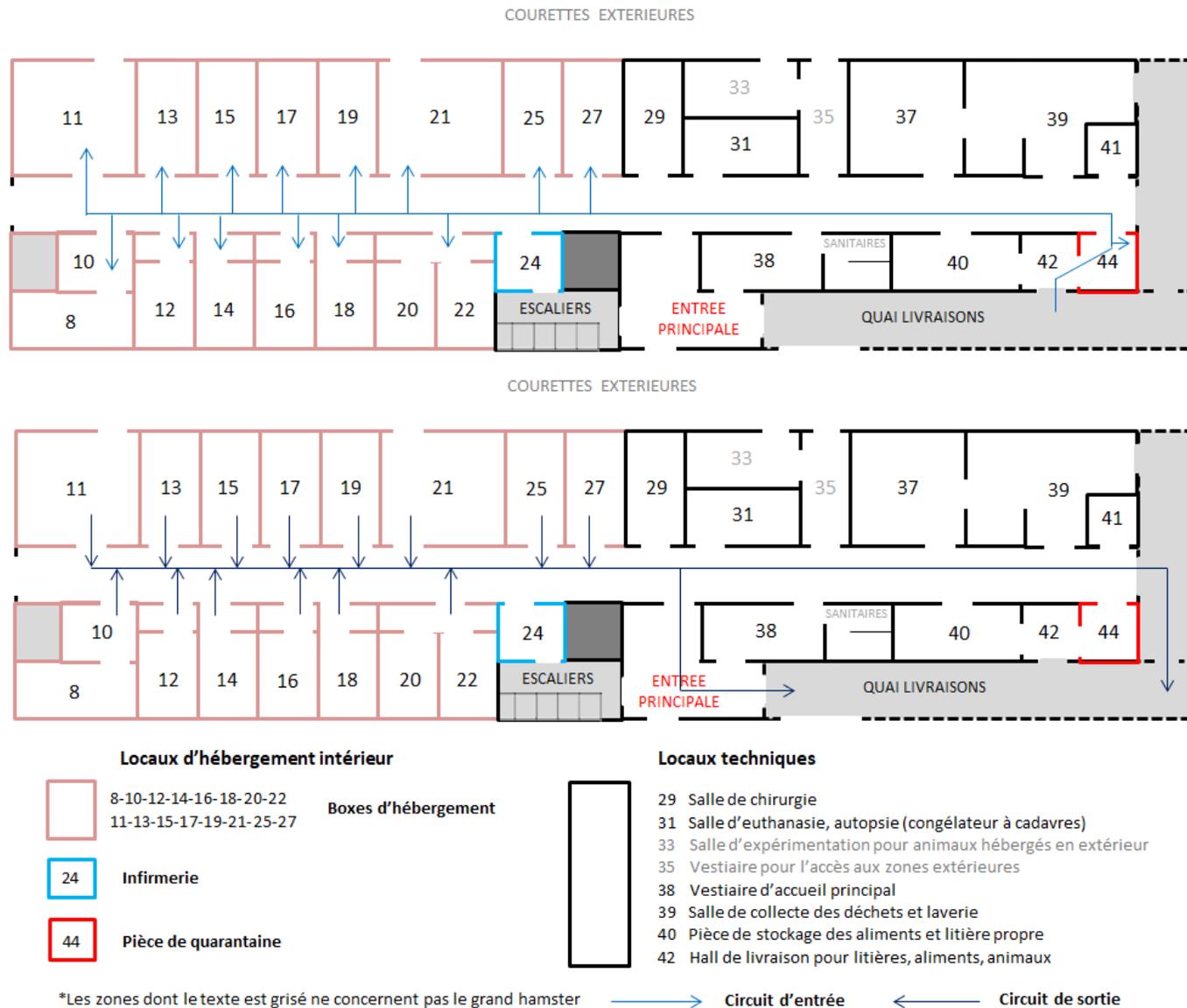


Figure 39 - Schéma du plan de l'animalerie avec circuits d'entrée et de sortie d'animaux
(Source personnelle, basé sur les plans prodigués par le CNRS)

Nettoyage et désinfection des cages

La litière est changée dès que nécessaire, environ une fois toutes les deux semaines jusqu'à un mois en moyenne. Le personnel animalier évalue la qualité de la litière à l'œil en se basant sur des critères de couleur, odeur, humidité. La litière sale devient jaune foncé, prend plus du double en volume et dégage une odeur d'ammoniac (voir *figure 40*). En période d'hibernation, la litière n'est changée que si et seulement si l'animal n'est pas en torpeur soit toutes les trois semaines en moyenne.



Figure 40 - Photographie d'une cage avec litière sale à gauche et cage avec éléments propres à droite
(Source personnelle)

Lors du changement de litière, les animaux sont sortis de leur cage dans une petite boîte de transport sans les toucher directement avec les mains. Le hamster rentre dans cette boîte de transport en PVC placée dans sa cage puis est replacé immédiatement dans une cage propre. Dans la cage propre sont transférés les enrichissements (tube en PVC, bûchettes) ainsi que tout ou partie du nid de l'animal. La grille en acier inoxydable est nettoyée si nécessaire et sera sinon réutilisée. Le bac de la cage sale partira nécessairement pour le nettoyage.

Les cages à nettoyer sont vidées de leur litière sous hotte puis sont passées en machine avec un détergent spécialisé pour nettoyage de cages (Phago'wash ap ND) et un rinçage à 90°C. Le personnel animalier porte des gants jetables pendant le nettoyage.

Nettoyage et désinfection du biberon et du râtelier

L'eau des biberons est changée et le biberon est rempli dès que ce dernier n'est plus plein qu'à moitié, soit environ tous les 5 à 15 jours.

Les biberons et râteliers ne partent au nettoyage que si besoin. Les biberons sont placés dans un bac de pré-trempe contenant un mélange eau et de solution neutralisante (Phago'wash neutral ND) à 2-5% pendant 15 minutes, ou toute la nuit s'ils sont mis à pré-

tremper le soir. S'en suit une phase de nettoyage en machine (hormis les capsules des biberons car trop fragiles) avec le même détergent que pour les cages.

Les râteliers seront également mis à pré-tremper s'il y en a peu à nettoyer (le nombre est conditionné par la taille des bacs de pré-trempage) et/ou passés en machine avec le même détergent que pour les cages.

Nettoyage et désinfection du matériel d'enrichissement

Les matériaux d'enrichissement type tubes en PVC ne sont pas lavés entre chaque nettoyage de cage mais seulement si besoin (tube trop sale, passage à un nouvel animal...). Dans ce cas, le tube est mis à pré-tremper puis passé en machine. Les autres matériaux d'enrichissements (nid, buchettes) sont enlevés si devenus trop sales.

III.B.4.d. Manipulation des animaux

Toute personne manipulant des animaux est tenue de porter des gants. Les gants sont changés si considérés souillés par le manipulateur. Ils ne sont pas forcément changés lors de la manipulation de plusieurs animaux sains d'affilé (pose de transpondeur par exemple).

III.B.4.e. Traitement du matériel

Les plans de travail et ustensiles sont nettoyés après chaque utilisation. Le matériel est nettoyé et désinfecté après chaque passage d'animaux.

III.B.4.f. Gestion des déchets

La litière sale est évacuée sous hotte dans des poubelles du laboratoire puis dans les ordures ménagères.

III.B.5. Santé et soins aux animaux

III.B.5.a. Gestion des animaux malades

L'évaluation de l'état de santé des animaux est à la fois subjective, par évaluation individuelle du personnel animalier et objective en se basant sur une grille de *scoring* (en annexe III.C.). Lors d'observation d'animaux soupçonnés d'être malades, la personne responsable de l'élevage (Dr C. Habold) est contactée pour prise de décision. Le vétérinaire référent de l'élevage (Dr F. Capber) est contacté au besoin afin d'émettre un diagnostic et mettre en place les soins nécessaires. Les animaux diagnostiqués malades sont alors déplacés dans la salle d'infirmerie.

III.B.5.b. Gestion des animaux morts

Dès détection d'un animal mort, le cadavre est retiré de la cage. La personne responsable de l'élevage est contactée afin de savoir si le cadavre doit être conservé pour autopsie. En cas de mort incomprise ou suspecte, une décision d'autopsie est prise. En attendant, le cadavre est stocké dans un sac hermétique et placé dans le congélateur de la salle d'autopsie. Si le personnel animalier sait dès la découverte du cadavre que ce dernier va subir une autopsie, le cadavre est placé maximum 24h au réfrigérateur pour être autopsié le

jour même ou le lendemain. Si l'animal n'est pas autopsié ou après autopsie, le cadavre est stocké à l'extérieur de l'animalerie dans des conteneurs dédiés aux déchets biologiques afin d'être évacués par une société de gestion de ces déchets.

Les animaux morts avant sevrage ne sont jamais autopsiés.

III.B.5.c. Gestion des soins prodigués aux animaux

Deux personnes sont exclusivement dédiées aux soins des animaux dans la structure et constituent le personnel animalier. Par jour, le personnel animalier intervient 1 à 4 fois avec en moyenne 2 passages par jour dans les box : le matin lors du contrôle visuel de l'état de santé des animaux, du niveau de remplissage du râtelier et du biberon et le soir pour un dernier contrôle. Le remplissage des biberons et râteliers nécessite d'intervenir une fois de plus au moins. Ces visites sont susceptibles d'amener un contact visuel avec les hamsters d'autant plus que les cages sont transparentes. Les éleveurs consacrent en moyenne 5 minutes par hamster et par jour, dans la mesure où l'animal doit nécessairement être vu afin de respecter la législation en vigueur sur le bien-être de l'animal de laboratoire.

Toute personne travaillant directement avec les hamsters (personnel animalier et doctorants) évite les contacts tactiles. Cependant, ils sont capturés au minimum pour sexage et identification, lors de la mise en reproduction et/ou lors des réintroductions en milieu naturel. Les animaux sont également déplacés à chaque changement de litière.

Les animaux ayant besoin de soins nécessitant une anesthésie sont transportés en salle de chirurgie. La salle de chirurgie comprend le dispositif d'anesthésie gazeuse, une pharmacie vétérinaire et un poupinel pour la stérilisation du matériel de chirurgie.

III.B.5.d. Gestion des animaux nouvellement introduits dans l'élevage

Une pièce de quarantaine est dédiée à l'introduction de nouveaux animaux dans l'élevage. La durée de quarantaine est d'une durée minimum de 2 semaines mais pouvant aller jusqu'à un mois selon les places disponibles dans l'animalerie pour les entrées. Les animaux ayant fait un séjour en extérieur en semi-captivité, par exemple dans le cadre d'une étude en cours sur la prédation, sont traités avec un antiparasitaire mixte (STRONGHOLD ND - sélamectine). Si tout va bien, les animaux sont ensuite intégrés à l'élevage.

III.B.6. Gestion des relâchés

Les lâchers se préparent dès la réception par l'élevage des cartes des terriers envoyées par NaturOparC (voir *partie IV.B.6.*). L'équipe sélectionne le même nombre de mâles que de femelles adultes pour les relâchés. Une alternance mâle/femelle sur la parcelle est réalisée afin de favoriser la reproduction. Il est fait en sorte de limiter la proximité entre des individus d'une même portée sur la parcelle. Le jour des relâchés, les animaux sont placés dans des boîtes de transport afin d'être acheminés sur site.

III.B.7. Suivi zootechnique

III.B.7.a. Registres à renseigner

Le personnel a plusieurs registres papier obligatoires à renseigner :

- le registre d'entrée et de sortie des animaux, il permet notamment de retrouver l'ensemble des données sur les effectifs d'animaux hébergés par l'élevage. Jusqu'en 2016, ce registre était complété en version papier. Depuis 2017, il est complété à partir d'une version officielle informatisée. L'ensemble des types de données entrées dans ce registre sont référencés dans le *tableau 14* ;
- le registre individuel des animaux, référençant tout élément majeur survenu au cours de la vie de l'animal (inclusion dans une étude, soins médicaux...) ;
- le registre d'entrée et de sortie de visiteurs dans l'animalerie avec la date et l'heure d'entrée, le nom de la personne entrante, la date et l'heure de sortie ;
- les registres d'entrée et de sortie des visiteurs dans les salles de chirurgie et d'autopsie avec la date et l'heure d'entrée, le nom de la personne entrante, la date et l'heure de sortie.

Les nouveau-nés (y compris mort-nés) sont entrés dans le registre d'entrée et de sortie des animaux le jour-même de la découverte de la naissance depuis 2018. Le numéro d'identification de l'animal (différent du numéro de transpondeur) entré dans le registre se définit comme suit :

17.731.7

Ces trois nombres correspondant respectivement à l'année de naissance, au numéro de portée (3 derniers chiffres du numéro de transpondeur de la mère) et au numéro du petit dans sa portée.

III.B.7.b. Autres données collectées

Données sur la répartition des animaux

Les soigneurs référencent dans un fichier annexe les numéros de box occupés par le Hamster commun et le nombre d'individus dans chaque box.

Données sur le développement des animaux

Les animaux sont normalement pesés une à quatre fois au cours de leur vie :

- au moment de l'identification ;
- au moment de la mise à la reproduction (en même temps que la vérification du statut reproducteur) ;
- lors d'une seconde mise à la reproduction tardive ;
- en cas de doute sur la gravidité d'une femelle.

Les animaux ne sont pas mesurés.

Données de température, hygrométrie et luminosité

La température est collectée une fois par jour à 12h00. La température de référence est également relevée tous les jours à la même heure. Les valeurs d'hygrométrie sont relevées en même temps que la température.

L'élevage n'a à ce jour pas de données sur la luminosité en tant que telle (nombre de lux dans les pièces et dans les cages), mais la durée d'éclairage est contrôlée par minuteur automatisé sur l'éphéméride. Les intervenants référencent dans le même fichier que celui des box occupés par les animaux, tout changement dans le rythme d'éclairage.

Données sur la reproduction

L'ensemble des données concernant la reproduction relevées par l'élevage sont réparties sur plusieurs documents dont le registre d'entrée et de sortie, ainsi que des fichiers tableurs spécifiques. Les principaux indicateurs relevés, différents selon le manipulateur ayant réalisé les mises à la reproduction, sont regroupés *tableau 15*.

Données sur la morbidité et la mortalité

Les animaux malades, les dates d'observation des signes cliniques et les traitements associés sont relevés dans le registre individuel des animaux.

Les animaux morts sont renseignés dans le registre d'entrée et de sortie (voir *tableau 14*). Les résultats des autopsies sont intégrés aux observations. Certaines années, le personnel renseigne en plus un fichier tableau annexe regroupant tous les animaux décédés.

Données sur les relâchés

Les animaux relâchés et les dates de relâchés sont référencés dans le registre d'entrée et de sortie (voir *tableau 14*).

Données sur la génétique

Les données généalogiques disponibles sont normalement entrées sur ZooEasy par les personnes réalisant les mises à la reproduction et ce afin de calculer le taux de consanguinité pour chaque couple possible.

Analyse des données

Les données expérimentales sont analysées par les acteurs de la recherche de l'équipe, encadrés par le Dr C. Habold. Il n'y a pas de rédaction de rapport technique annuel.

III.B.8. Personnel soignant et organisation du travail

Parmi le personnel animalier, une personne était embauchée à temps plein dans la structure et une deuxième à temps partiel à 80% en 2020. Une dernière personne intervient également une fois par semaine depuis 2019. Deux étudiants en thèse d'université participaient au suivi et à la manipulation des animaux en 2020 (J. Fleitz et T. Constant). La personne responsable de l'ensemble de l'animalerie est Mme Hélène Gachot. La personne responsable scientifique de l'élevage est le Dr. Caroline Habold.

Tableau 14 - Type de données sur les effectifs, la mortalité et les relâchés relevés par l'élevage du CNRS dans ses registres et documents annexes

	Registre officiel d'entrée et de sortie papier (jusqu'en 2016)	Registre officiel d'entrée et de sortie informatisé (à partir de 2017)	Fichier tableur des mortalités
Date d'entrée de l'animal	X	X	
Espèce	X	X	
Sexe	X	X	
Date de naissance		X	
Origine (lieu de naissance)			
Identité des parents	X	X	
Numéro d'identification de l'animal	X	X	X
Numéro de transpondeur	X	X	
Numéro de cage			
Nature de l'entrée			
Provenance (lieu d'élevage précédent)	X	X	
Date de sortie	X	X	X
Nature de la sortie (transfert, relâché ou décès)	X	X	
Destination de sortie	X	X	
Cause de la mort			X
Observation diverses	X	X	
Informations complémentaires ajoutées par le personnel			
Numéro DAP*		X	
Date de sevrage		X	
Cause d'euthanasie		X	
Si animal autopsié suite décès et résultats		X	
Indicateurs d'intérêt calculables à partir de ces documents			
<ul style="list-style-type: none"> - Nombre d'animaux hébergés dans l'élevage à un moment défini dans l'année, ainsi que leur âge et leur sexe - Nombre estimé de nouveau-nés produits chaque année - Nombre de morts, leur âge et leur sexe chaque année ainsi que les dates, les causes supposées des morts, le nombre d'animaux euthanasiés et autopsiés - Nombre d'animaux transférés, leur âge et leur sexe chaque année - Nombre d'animaux relâchés, leur âge et leur sexe chaque année 			

*Le numéro DAP (Demande d'Autorisation de Projet) est également renseigné pour les animaux utilisés à des fins expérimentales, sinon il est simplement noté « conservation » pour les animaux non concernés ;

Tableau 15 - Type de données sur la reproduction relevés par l'élevage du CNRS dans son registre d'entrée et sortie et documents annexes

	Indicateurs calculables à partir du registre d'entrée et de sortie tableur	Indicateurs « standards » référencés dans les tableurs de mise à la reproduction
Date de mise à la reproduction pour chaque couple		X
Nombre de couples testés par session		X
Identité des couples testés pour la reproduction par session		X
Nombre de couples formés par session		
Date de séparation du couple		
Qualité génétique du couple (taux de consanguinité des petits)		
Observations lors de la mise contact		
Observations lors de la séparation du couple		
Identité des parents de chaque portée	X	
Date de naissance estimée pour chaque portée	X	X
Nombre estimé de petits pour chaque portée	X	X
Numéro d'identification de chaque nouveau-né	X	
Sexe de chaque nouveau-né	X	
Remarques sur les nouveau-nés		
Nombre de mort-nés pour chaque portée	X	
Autres informations spécifiques opérateur-dépendantes selon le contexte expérimental		
Indicateurs d'intérêt calculables à partir de l'ensemble de ces données		
<ul style="list-style-type: none"> - Nombre total de couples testés par session et année ; - Nombre de femelles ayant mis bas au total et par session et nombre de mâles ayant eu des petits au total et par session ; - Nombre total de petits nés par année et nombre total de mort-nés par année - Nombre estimé de petits nés au total puis en moyenne par portée, sur une ou l'ensemble des sessions ; - Nombre de portées par femelle au cours de sa vie ; - Nombre d'accouplements ayant mené à une mise-bas pour un mâle au cours de sa vie ; - Âge moyen de mise à la reproduction ; 		

III.C. Résultats d'élevage

III.C.1. Environnement

III.C.1.a. Relevés de température

L'ensemble des données de température ont été condensées dans *les figures 41a à 41d et 42a à 42d*. Afin de simplifier l'analyse et les calculs, la saison hiver a été définie en comprenant les mois de janvier, février, mars de l'année en cours. La saison printemps a été définie en comprenant les mois d'avril, mai, juin de l'année en cours. La saison été a été définie en comprenant les mois de juillet, août, septembre de l'année en cours. La saison automne a été définie en comprenant les mois d'octobre, novembre, décembre de l'année en cours. Les valeurs de température ont toutes été relevées à 12h.

Les données de température en hiver 2017 et en automne 2020 sont manquantes et donc non présentes sur les graphiques et boxplots.

Pour rappel, la majorité des box ont pour températures consignes standards 10°C en hiver et en automne, contre 20°C au printemps et en été. Pour les graphiques suivants, il est à prendre en compte que certains box avaient des températures consignes différentes des autres du fait d'expérimentations en cours sur les animaux présents dans ces box, et que la transition de température de 10°C (augmentation en fin d'hiver, baisse en début d'automne) peut biaiser en partie les moyennes saisonnières.

Au bilan, les moyennes de températures estivales et printanières sont bien toutes autour de 20°C et les températures automnales autour de 10°C (sauf indication contraire) avec des valeurs quotidiennes s'éloignant peu des températures consignes.

III.C.1.b. Relevés des valeurs d'hygrométrie

L'ensemble des données d'hygrométrie ont été condensées dans *les figures 43a à 43d et 44a à 44d*. Les graphiques ont été construits selon les mêmes consignes que celles expliquées pour les températures (*partie II.C.1.a.* ci-dessus).

Les données d'hygrométrie en hiver 2017 et en automne 2020 sont manquantes et donc non présentes sur les graphiques et boxplots. Pour rappel, la majorité des box ont comme valeur d'hygrométrie consigne 65% toutes saisons confondues.

Au bilan, ces graphiques révèlent que les valeurs d'hygrométrie sont extrêmement variables selon la saison et l'année. Les moyennes saisonnières sont comprises entre 60 et 80% environ (voir *figures 44a à 44d*).

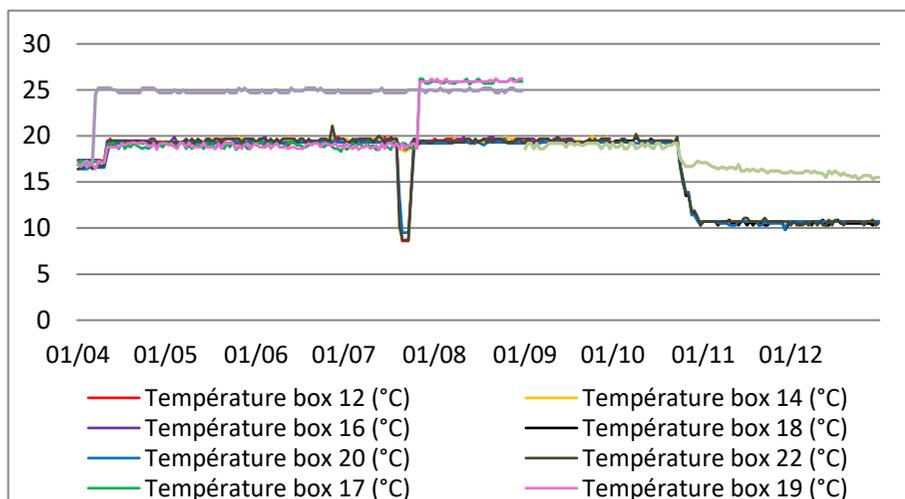


Figure 41a : Evolution de la température dans les box occupés par le Grand Hamster au CNRS au cours de l'année 2017

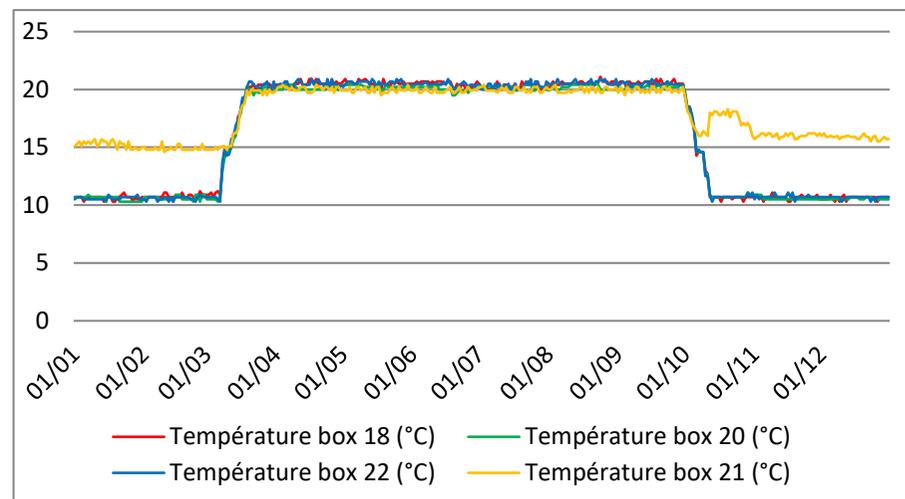


Figure 41b : Evolution de la température dans les box occupés par le Grand Hamster au CNRS au cours de l'année 2018

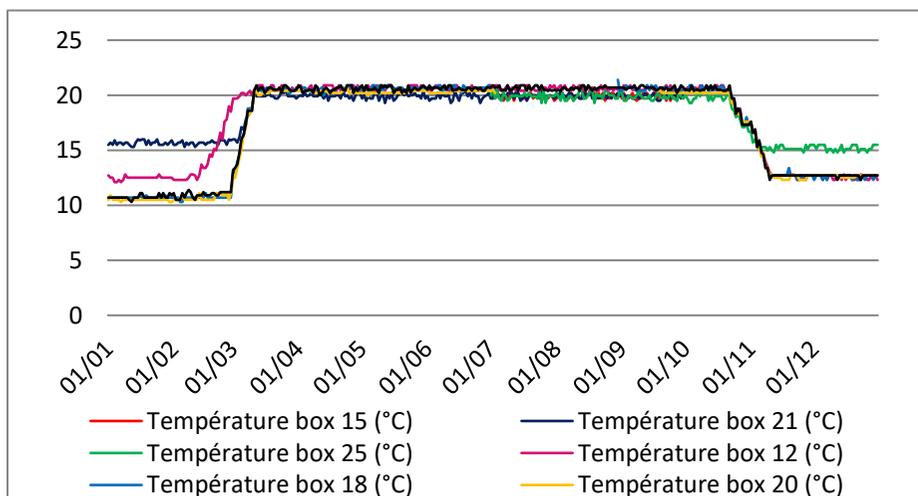


Figure 41c : Evolution de la température dans les box occupés par le Grand Hamster au CNRS au cours de l'année 2019

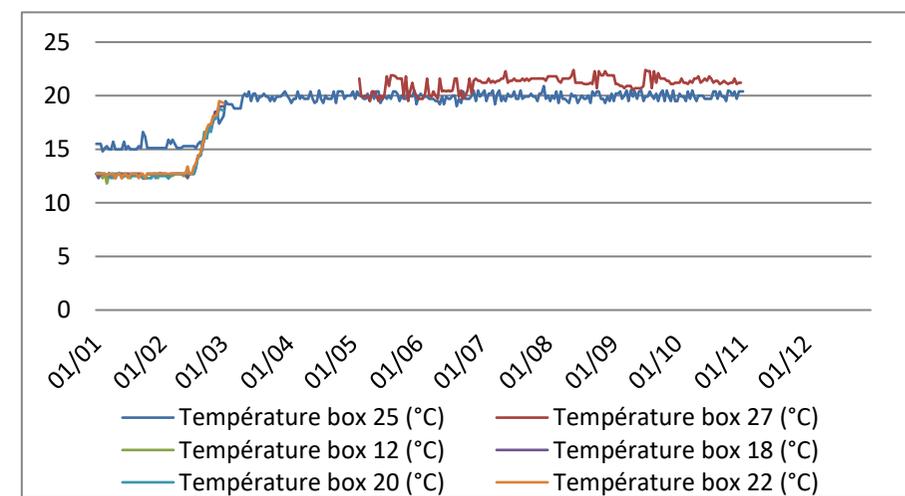


Figure 41d : Evolution de la température dans les box occupés par le Grand Hamster au CNRS au cours de l'année 2020

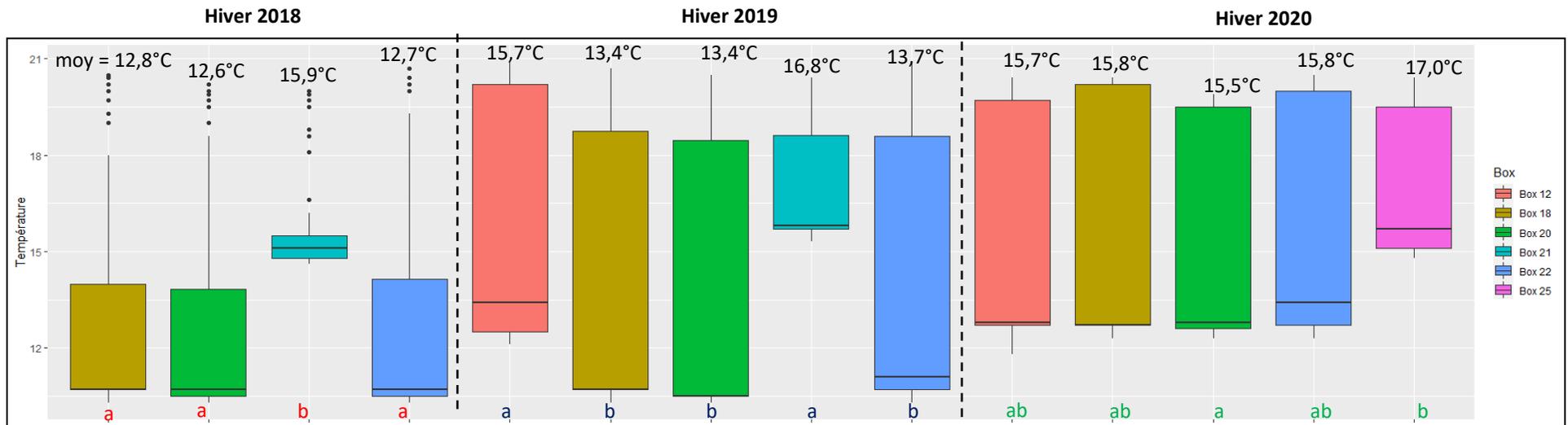


Figure 42a : Boxplots des valeurs de température (°C) au CNRS en hiver de 2018 à 2020

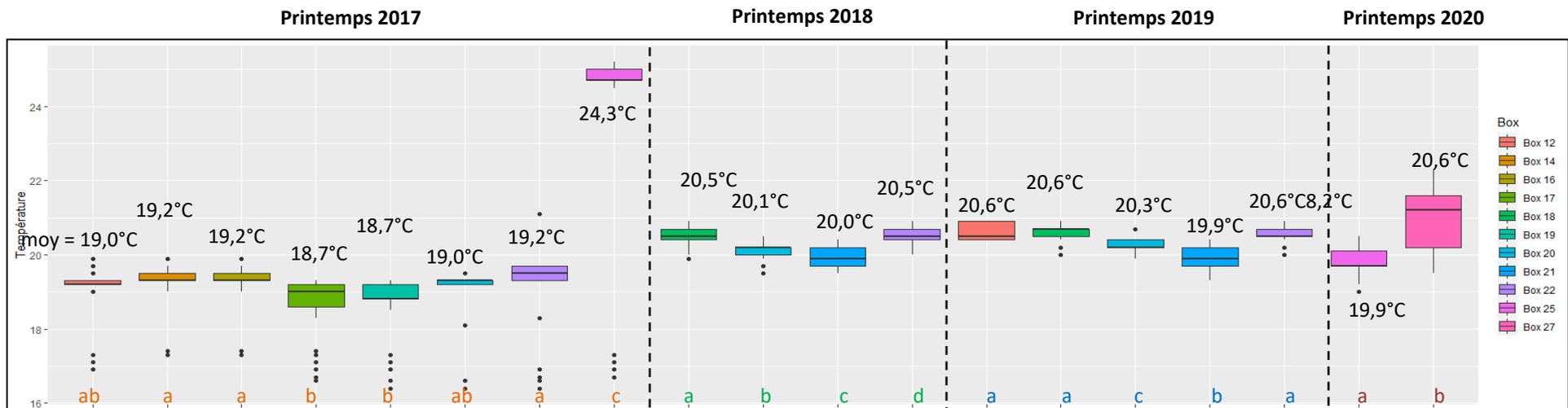


Figure 42b : Boxplots des valeurs de température (°C) au CNRS au printemps de 2017 à 2020

ab: Deux lettres d'une même couleur signifient que les valeurs de températures des box ne diffèrent pas significativement entre elles
 moy = moyenne des températures sur la saison par salle

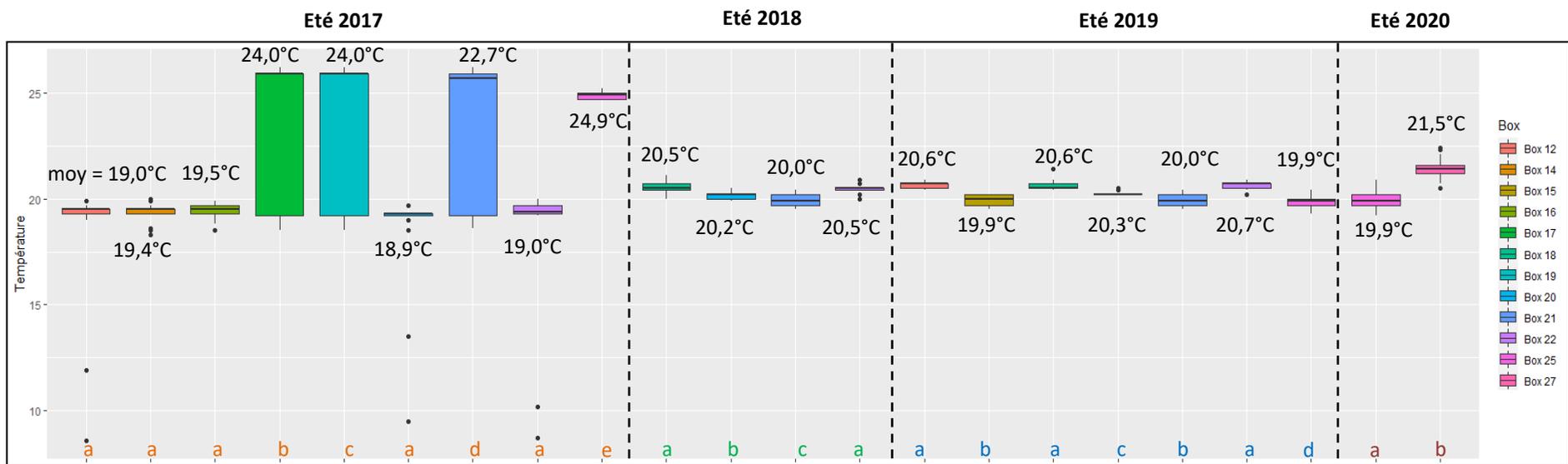


Figure 42c : Boxplots des valeurs de température (°C) au CNRS en été de 2017 à 2020

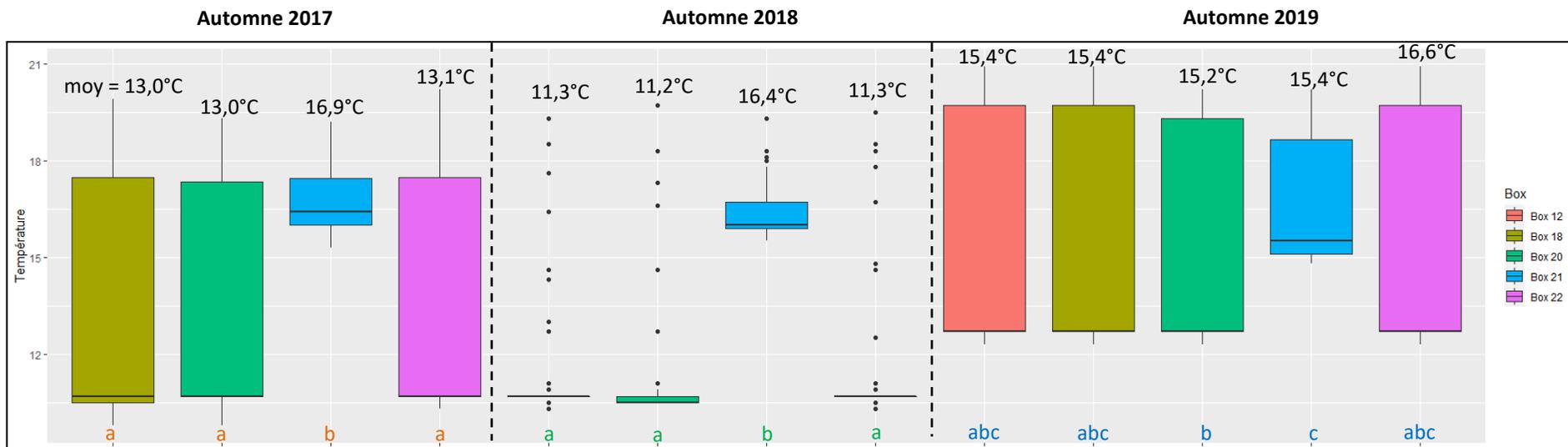


Figure 42d : Boxplots des valeurs de température (°C) au CNRS en automne de 2017 à 2019

ab: Deux lettres d'une même couleur signifient que les valeurs de températures des box ne diffèrent pas significativement entre elles
 moy = moyenne des températures sur la saison par salle

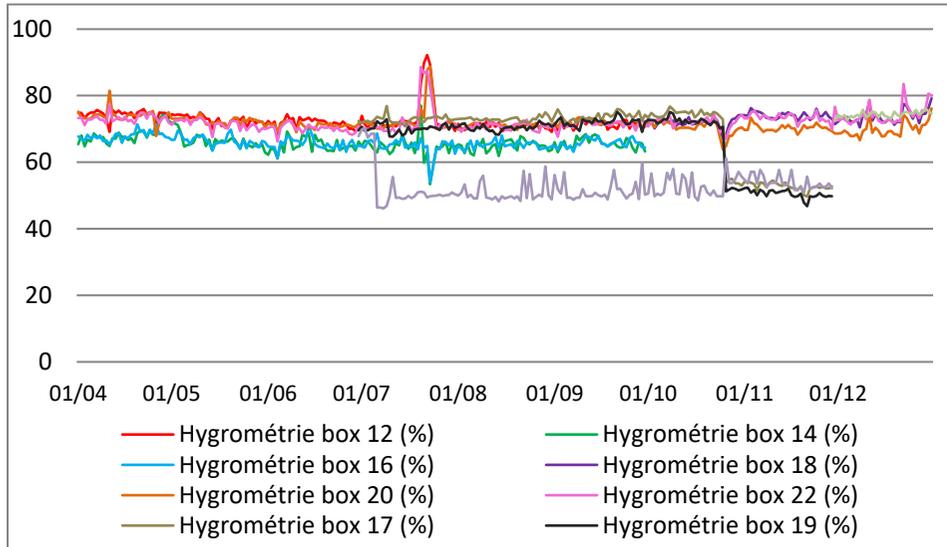


Figure 43a : Evolution de l'hygrométrie dans les box occupés par le Grand Hamster au CNRS au cours de l'année 2017

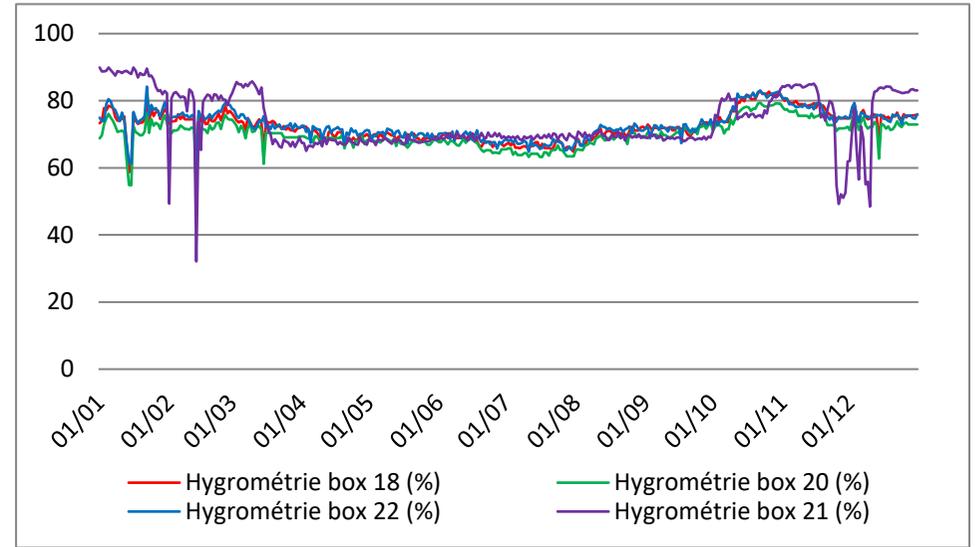


Figure 43b : Evolution de l'hygrométrie dans les box occupés par le Grand Hamster au CNRS au cours de l'année 2018

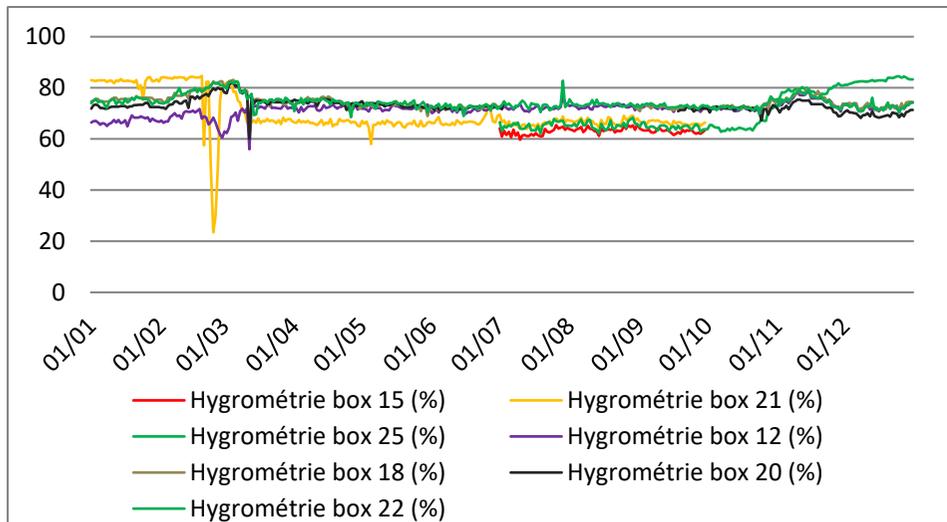


Figure 43c : Evolution de l'hygrométrie dans les box occupés par le Grand Hamster au CNRS au cours de l'année 2019

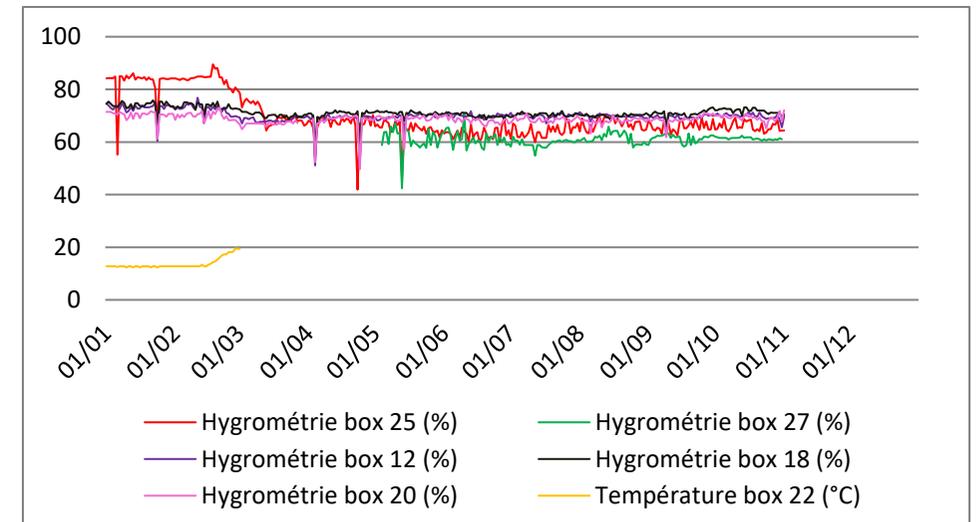


Figure 43d : Evolution de l'hygrométrie dans les box occupés par le Grand Hamster au CNRS au cours de l'année 2020

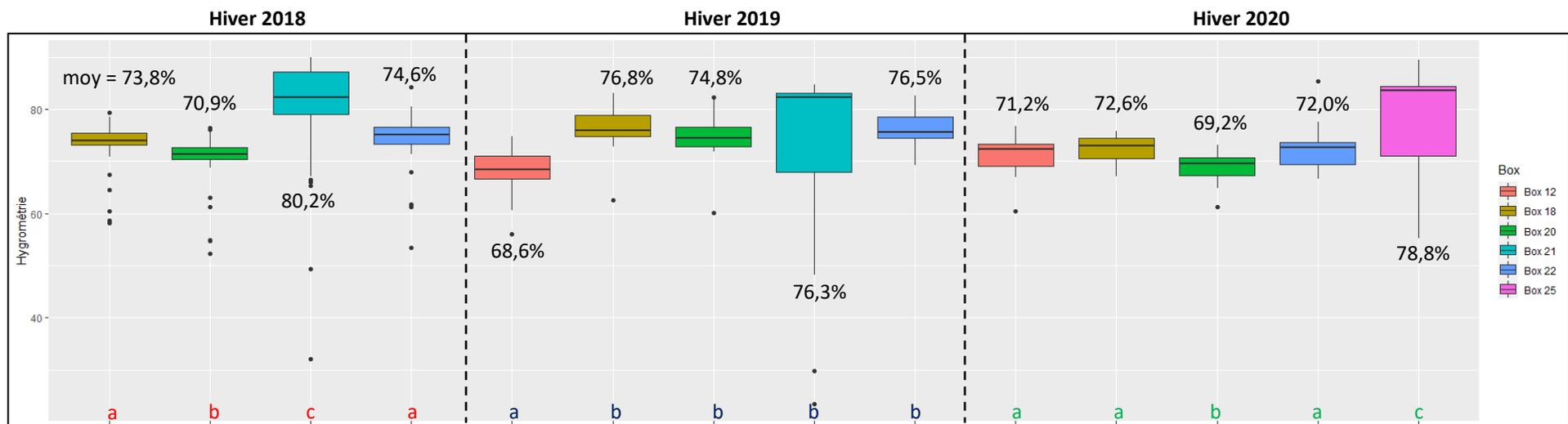


Figure 44a : Boxplots des valeurs d'hygrométrie (%) au CNRS en hiver de 2018 à 2020

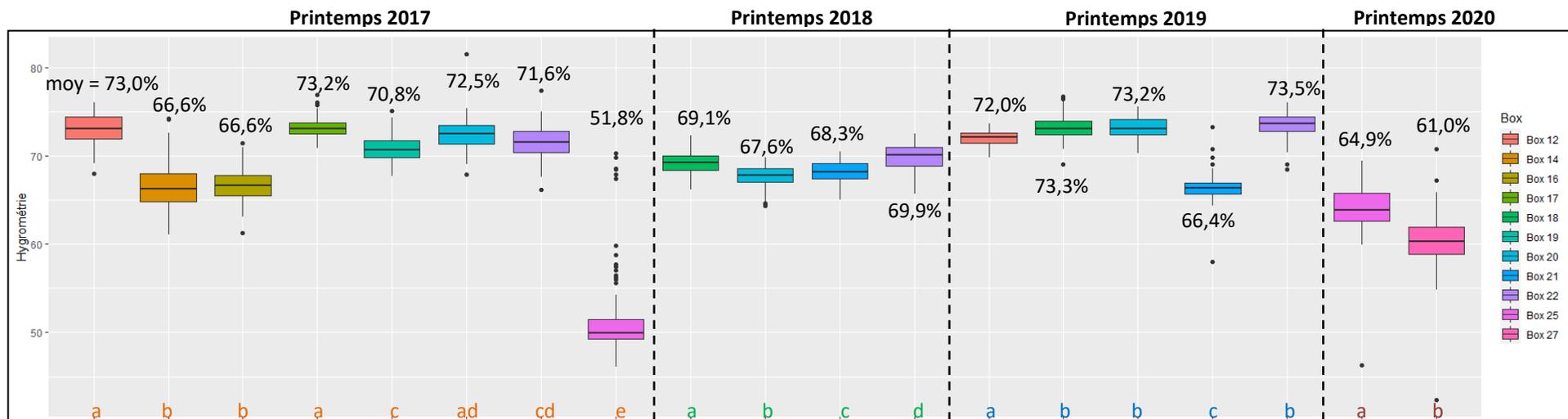


Figure 44b : Boxplots des valeurs d'hygrométrie (%) au CNRS au printemps de 2017 à 2020

ab: Deux lettres d'une même couleur signifient que les valeurs de températures des box ne diffèrent pas significativement entre elles

moy = moyenne des valeurs d'hygrométrie sur la saison par salle

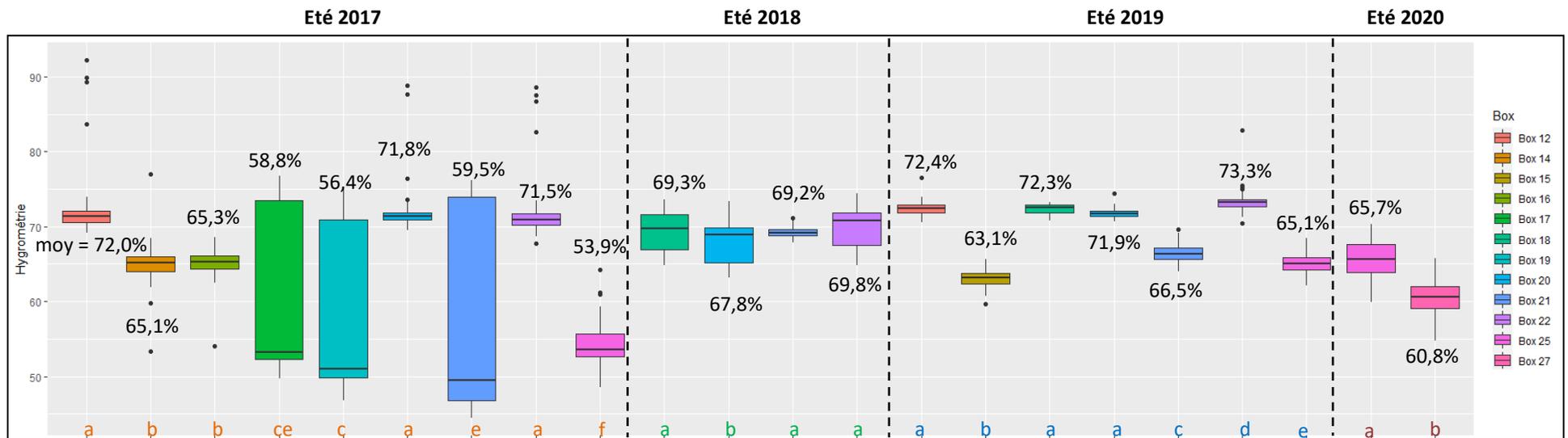


Figure 44c : Boxplots des valeurs d'hygrométrie (%) au CNRS en été de 2017 à 2020

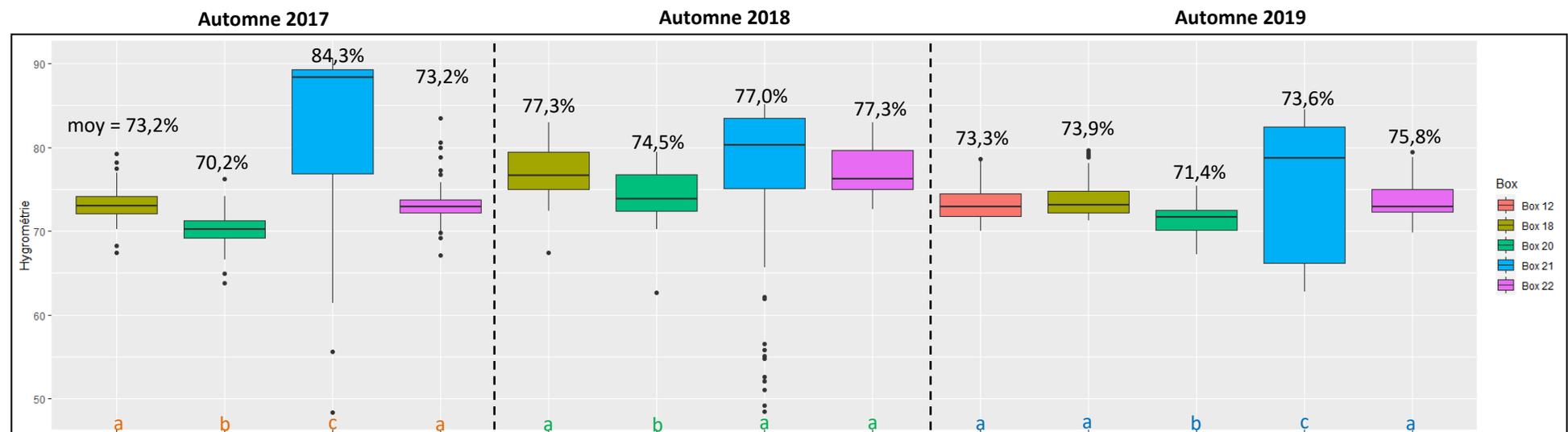


Figure 44d : Boxplots des valeurs d'hygrométrie (%) au CNRS en hiver de 2017 à 2019

ab: Deux lettres d'une même couleur signifient que les valeurs de températures des box ne diffèrent pas significativement entre elles
 moy = moyenne des valeurs d'hygrométrie sur la saison par salle

III.C.2. Reproduction

Les données de reproduction transmises sont pour la quasi-totalité des résultats de mise à la reproduction dans un cadre expérimental et ne sont pas interprétables sans biais. L'ensemble des résultats sont consultables en *annexe III.C*. Certaines années comme en 2019 et 2020, le nombre de petits obtenus lors d'expérimentation abordant la reproduction du Grand Hamster a été suffisant et donc, il n'y a pas ou peu eu de mises à la reproduction hors expérimentation. C'est pourquoi l'ensemble des résultats du CNRS ne seront pas discutés au cours de cette étude. Ne seront mentionnés ici que les résultats de 2019 hors expérimentation, mais il faut savoir que ces résultats ne sont pas représentatifs du succès reproductif obtenu au CNRS dans des conditions expérimentales.

Les couples ayant passé le test des 10 minutes d'observation après mise en contact sont considérés comme formés. Le « nombre de couples formés » peut inclure plusieurs fois le même couple si ce couple s'est entendu sur plusieurs sessions.

Hors expérimentation en 2019, 11 couples ont été mis à la reproduction en mars et tous se sont formés. Une seule portée de 4 petits est née.

III.C.3. Bilan des pesées pour les années 2017 à 2020

Les données de pesées hors cadre expérimental n'ont pas été transmises.

III.C.4. Bilan de la mortalité pour les années 2017 à 2020

La *figure 45* représente le bilan de la mortalité de 2017 à 2020 et les *figures 46a à 46d* la distribution des morts selon la cause suspectée de 2017 à 2020. Pour le détail concernant le sex-ratio et l'âge des animaux morts selon la cause, se référer aux tableaux en *annexe III.D*.

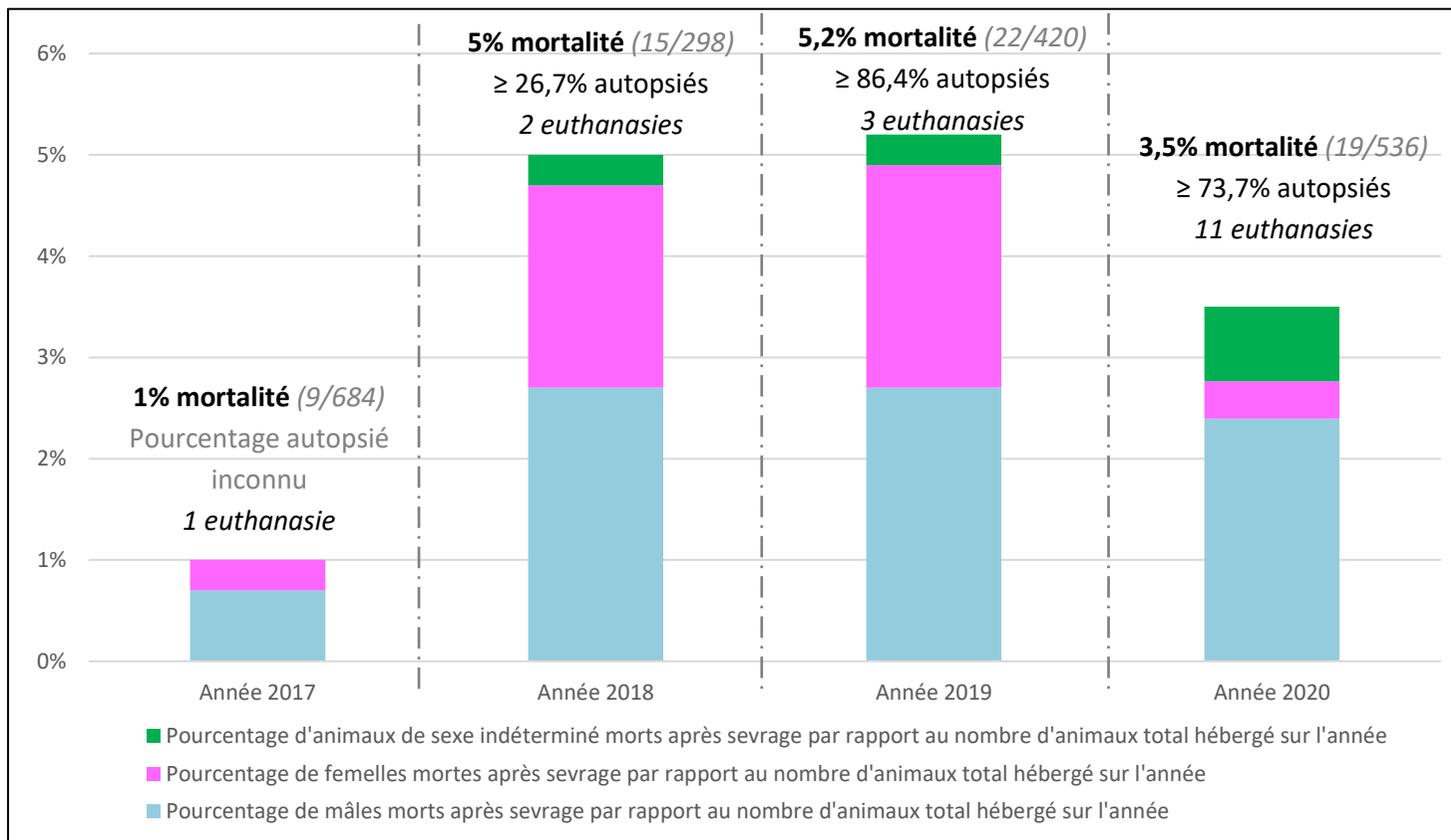
III.C.5. Bilan des relâchés pour les années 2017 à 2020

Le bilan des animaux relâchés par année est observable dans le *tableau 16* ci-dessous.

Tableau 16 - Nombre de hamsters relâchés par le CNRS déclinés par sexe et année de relâchés

	Année 2017	Année 2018	Année 2019	Année 2020
Nombre de hamster relâchés	156	116	96	
Nombre de femelles	103	49	54	
Nombre de mâles	53	67	42	

Les cases grisées représentent les informations non transmises ou non disponibles au moment de la collecte de données



Au-dessus des colonnes **en gras** : pourcentage total d'animaux morts après sevrage par rapport au nombre d'animaux total hébergés au cours d'une année
 Au-dessus des colonnes entre parenthèses : ratio nombre total d'animaux morts après sevrage par rapport au nombre d'animaux total hébergés au cours d'une année

Figure 45 - Pourcentage d'animaux morts au CNRS après sevrage par rapport au nombre d'animaux total hébergé au cours d'une année, de 2017 à 2020

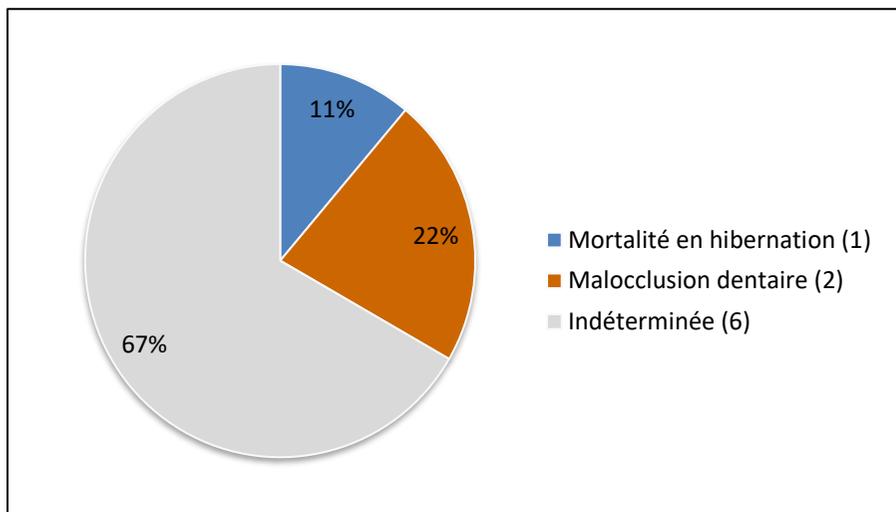


Figure 47a : Distribution des causes de mortalité au CNRS en 2017

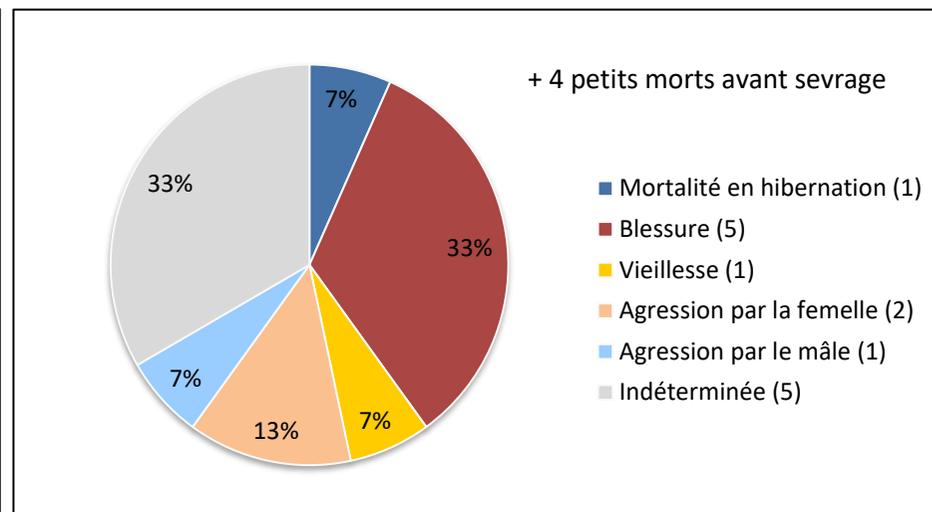


Figure 47b : Distribution des causes de mortalité au CNRS en 2018

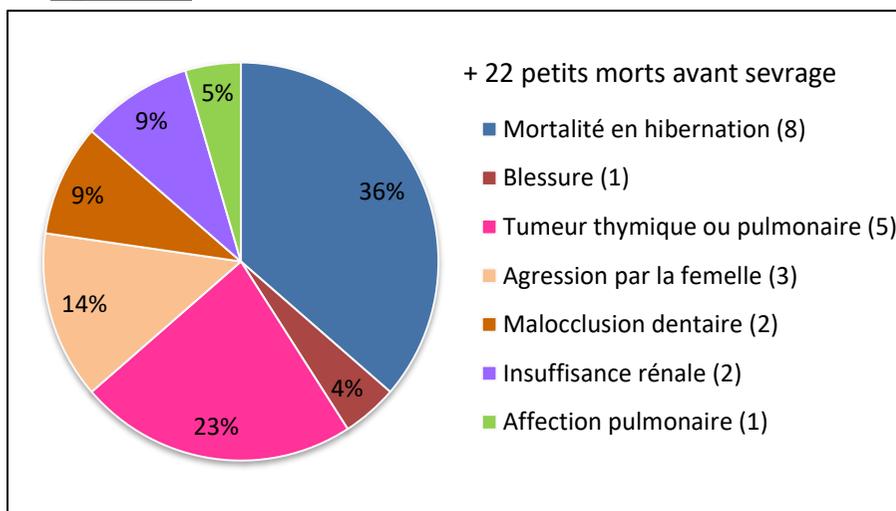


Figure 47c : Distribution des causes de mortalité au CNRS en 2019

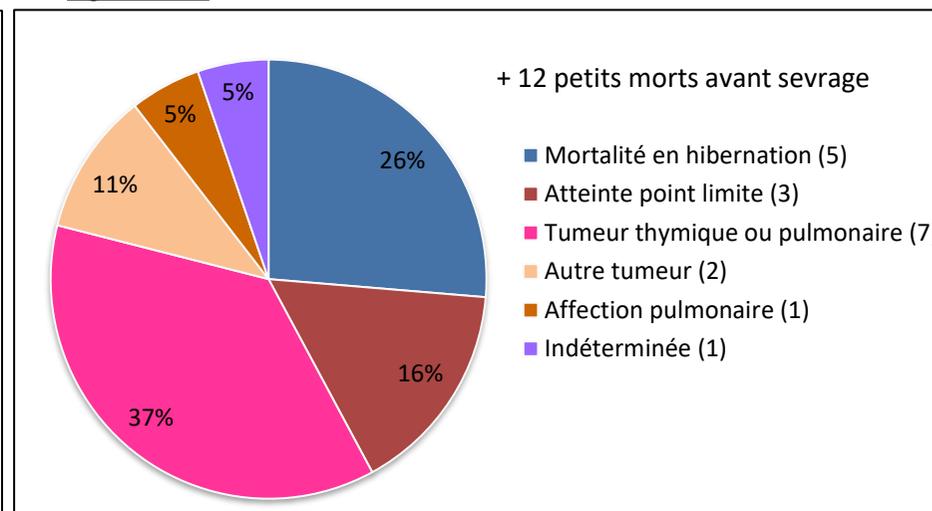


Figure 47d : Distribution des causes de mortalité au CNRS en 2020

Entre parenthèses à côté de chaque cause : nombre de morts associés à chaque cause

La cause « agression par le mâle » caractérise une agression au cours de la mise à la reproduction ayant mené à la mort de la femelle blessée.

La cause « mortalité en cours d'hibernation » traduit le décès d'un animal sans cause évidente, même après autopsie, en période d'hibernation.

La cause « atteinte point limite » est attribuée aux animaux utilisés en expérimentation, euthanasiés en cas d'état de santé trop dégradé répondant à des critères spécifiques établis par le laboratoire

III.D. Discussion des résultats obtenus pour l'élevage du CNRS

III.D.1. Adéquation des animaux à leur environnement

III.D.1.a. Hébergement et bien-être des animaux

Aucune anomalie comportementale pouvant signer une détresse des animaux n'a été rapportée.

Cependant, il serait intéressant de questionner l'utilisation de cages transparentes, autorisant les animaux à se voir entre eux et de facilement voir les soigneurs, ce qui pourrait perturber l'apprentissage et le comportement du Grand Hamster. Le Grand Hamster est un animal solitaire et nous pouvons supposer que la vue possible sur ses voisins d'étagères peut causer un stress chez l'individu. Aussi, le phénomène d'habituation est un phénomène pouvant subvenir chez certaines espèces de mammifères de la faune sauvage suite aux contacts répétés, qu'ils soient tactiles, visuels, olfactifs ou auditifs, avec l'homme et notamment chez les individus juvéniles. Ce phénomène peut impacter le comportement de l'individu avec ses congénères, avec l'homme, et réduire ses chances d'adaptation dans son environnement naturel [42] [43] [44]. Le personnel animalier a par ailleurs remarqué qu'une proportion non négligeable d'individus présente un comportement curieux et sortent de leur cachette en présence des soigneurs. Il est toutefois à noter que peu d'informations sont disponibles concernant les conséquences comportementales de ce phénomène d'habituation chez le Grand Hamster spécifiquement et notamment après relâcher. Par ailleurs, la Convention européenne sur la protection des animaux vertébrés utilisés à des fins expérimentales ou à d'autres fins scientifiques ne précise pas l'obligation d'utilisation de cages transparentes mais impose un suivi régulier et rigoureux des animaux au quotidien [45]. Les animaux doivent donc être vu au moins une fois par jour afin d'évaluer leur état de bonne santé et de bien-être, ce que des parois opaques pourraient empêcher de faire correctement.

De plus, le manque de terriers factices pourrait favoriser encore davantage ce phénomène d'habituation car les animaux n'ont pas d'endroit spécifique pour se soustraire du regard de l'homme. Il est déjà prévu par le personnel du CNRS d'augmenter le nombre de terriers factices progressivement, cependant, afin d'assurer des conditions d'élevage à but ré-introductif optimales pour les hamsters, l'achat d'un certain nombre de terriers factices serait une avancée à réaliser dans l'immédiat.

H. Gachot, responsable animalière de l'élevage, a remarqué que l'utilisation des tubes en PVC par les hamsters pour la construction du nid est extrêmement variable selon le temps et les individus. Il n'y a, à ce jour, pas de données quantifiables précises disponibles sur l'utilisation des terriers pour la construction du nid par les hamsters au CNRS.

III.D.1.b. Paramètres d'ambiance

Il existe des différences significatives de température entre les années, les saisons et les box, notamment en lien avec les différences de températures consignes appliquées dans des cadres expérimentaux. Pour chaque box, les températures restent globalement très

proches de la température consigne et oscillent peu, montrant une bonne qualité de régulation par le système de thermostat, gage de stabilité des températures.

Au vue de la stabilité des températures dans les box, nous pouvons par ailleurs supposer que les écarts journaliers de température sont très faibles au CNRS. Il serait intéressant de pouvoir confirmer cette hypothèse à l'avenir à partir de plusieurs relevés journaliers.

Néanmoins, les valeurs d'hygrométrie semblent élevées avec des valeurs au-delà de 70% sur plusieurs mois voire dépassant 80% ponctuellement. La grande variabilité de ces valeurs d'hygrométrie, avec des moyennes saisonnières par box pouvant aller de 55% à 80%, encourage la mise en place de seuil d'alerte en cas d'écart trop conséquent avec la valeur consigne de 65%. Il est à noter cependant que les conditions d'hygrométrie dans un terrier de hamster sont peu connues, ne permettant donc pas de conclure sur une inadéquation réelle de ces températures pour l'espèce en captivité.

III.D.2. Efficacité de la reproduction

Les résultats obtenus pour la mise à la reproduction d'animaux hors expérimentation en 2019 montrent un pourcentage de mise-bas sur le nombre de couples testés de 9%. La méthode de mise à la reproduction utilisée par le manipulateur n'est pas connue (standard ou non) et a pu influencer ces résultats.

III.D.3. Fréquence des maladies et mortalité

En 2018, la cause de mortalité la plus représentée a été la cause traumatique (blessure). Le pourcentage de mort d'origine indéterminée est également un des plus hauts. Certaines de ces morts ont eu lieu dans un cadre expérimental. Notamment, les morts suite à une/des blessures ont eu lieu dans le cadre d'un projet de recherche sur l'alimentation. Les animaux morts à la reproduction faisaient partie du même projet. Enfin, deux morts de cause indéterminée à l'autopsie ont eu lieu respectivement dans le cadre expérimental d'essais sur la pollution lumineuse et d'un projet sur la capacité du Grand Hamster à se défendre face à un prédateur pour lequel les animaux sont en semi-captivité.

En 2019, une majorité d'animaux sont décédés en cours hibernation. Deux animaux ont été euthanasiés car étaient cachectiques. Selon Dr F. Capber, cette cachexie peut être liée à des carences alimentaires (animaux issus des tests de cultures favorables) pouvant causer un retard de croissance et une condition corporelle insuffisante à l'entrée en hibernation et ainsi favoriser la mortalité hivernale [46]. De plus, trois des animaux morts à l'hibernation 2018-2019 avaient fait un séjour en extérieur dans un cadre expérimental.

Le nombre de morts en péri-sevrage a largement augmenté en 2019, car à partir de cette année, tous les animaux nouveau-nés y compris les mort-nés sont entrés au registre, ce qui a permis un meilleur suivi des jeunes et des décès.

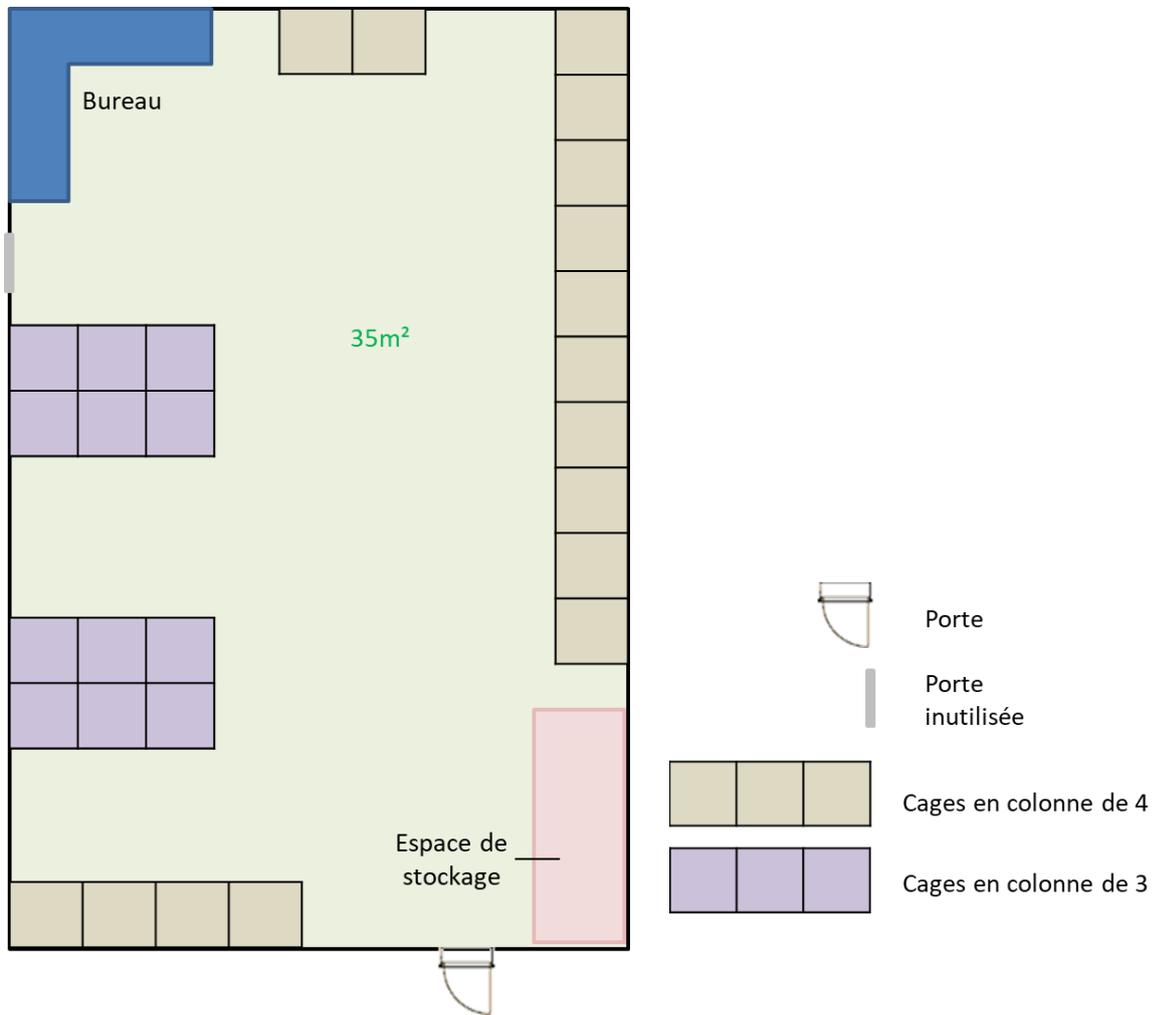


Figure 47 - Schéma du plan de la salle d'élevage de NaturOparC
(Source personnelle, basé sur le plan prodigué par NaturOparC)

IV. Protocole d'élevage utilisé au local de Naturoparc

IV.A. Présentation de la structure

Le site d'élevage situé à Hunawihhr appartenait jusqu'en 2015 à l'association SFS. NaturOparC dispose depuis la fin de l'année 2016 de toutes les autorisations nécessaires pour la détention et la reproduction de grands hamsters. L'élevage a donc débuté en 2017, par transfert d'animaux du CNRS. Le parc accueille en tout trois types d'espèces dans un but conservatoire : la Cigogne blanche (programme de sauvegarde terminé en 2015), la Loutre d'Europe (programme terminé en 2001) et le Grand Hamster. La personne capacitaire pour l'élevage est M. Anthony Chuet.

IV.A.1. Plan de la structure

L'élevage est localisé dans une pièce de 35m² (77m³) dans un bâtiment isolé et inaccessible au public. La pièce d'élevage contient un espace de travail (bureau) et un espace de stockage (étagères contenant nourriture, eau, matériel de manipulation) (voir *figure 47*).

IV.A.2. Organisation de l'élevage

L'élevage héberge 100 cages et a donc une capacité d'hébergement de 100 individus en conditions optimales. L'ensemble des manipulations sont réalisées dans cette même pièce.

IV.A.3. Effectifs de hamsters hébergés par l'élevage

Le transfert des animaux du SFS s'étant fait de 2015 à 2016, le lancement du nouvel élevage à NaturOparC s'est fait à partir de mars 2017 suite à la réception de 34 individus en provenance du CNRS. Les animaux sont de fait tous originaires du CNRS. Les données généalogiques transmises permettent aux soigneurs de remonter jusqu'aux grands-parents des animaux transférés, tous nés en 2016. L'ensemble des effectifs détenus par NaturOparC est référencé *tableau 17*.

IV.B. Pratiques d'élevage

IV.B.1. Hébergement des animaux

IV.B.1.a. Cages, litière et enrichissements utilisés

Tous les hamsters sont logés dans des cages individuelles de 60x60x40cm en métal par colonne de 3 ou 4 cages (voir *figure 48*). La profondeur du bac de cage est de 9 cm. Les grilles des cages sont équipées d'un biberon individuel gradué de 300 mL et d'un râtelier à nourriture d'une capacité d'environ 80 g pour l'aliment proposé. Des étiquettes amovibles, indiquant l'identifiant de chaque animal, sont installées sur toutes les cages.

La litière est composée aux 2/3 de rafle de maïs et à 1/3 de litière de lin.

Tableau 17 - Effectifs hébergés par l'élevage de NaturOparC de 2017 à 2020

		Au 1^{er} avril 2017	Au 1^{er} janvier 2018 <i>Sur l'année 2017</i>	Au 1^{er} janvier 2019 <i>Sur l'année 2018</i>	Au 1^{er} janvier 2020 <i>Sur l'année 2019</i>	Au 1^{er} janvier 2021 <i>Sur l'année 2020</i>
Nombre de hamsters		34	93* <i>119</i>	44* <i>127</i>	48* <i>90</i>	77** <i>126</i>
Nombre de femelles		18	80	22	33	21
Nombre de mâles		16	13	18	15	15
Âge	< 1an	34	77	33	27	38
	1-2 ans	0	16	7	11	
	2-3 ans	0	0	4	9	
	> 3 ans	0	0	0	1	
Origine/lieu de naissance	CNRS	- 16 du CNRS - 77 de NaturOparC	NaturOparC	NaturOparC	NaturOparC	

*Parmi ces effectifs, un mâle et trois femelles sont dédiés à la présentation au public.

** Parmi ces effectifs, un mâle et trois femelles sont dédiés à la présentation au public et 38 jeunes sont non sexés.

Les cases grisées représentent les informations non transmises ou non disponibles au moment de la collecte de données.

Chaque animal dispose d'un terrier artificiel sous forme de casier à vin en argile de 30x17x17 cm et de 13 cm de diamètre pour le cylindre accessible au hamster, lui permettant de se cacher et de construire son nid (voir *figure 48*). Le terrier artificiel est orienté de manière à limiter les contacts visuels avec les soigneurs. De nouveaux modèles de terriers artificiels sont en cours de réflexion.

Quelques feuilles de papier essuie-tout sont placées en dehors du casier à vin à chaque nettoyage de litière pour que les hamsters puissent construire leur nid. Au moment d'un changement de cage, du papier essuie-tout est également placé à l'intérieur du casier à vin. Jusqu'en 2020, une petite quantité de paille était proposée aux animaux en octobre pour la construction du nid avant l'hibernation. Depuis 2020, la paille a été remplacée par de la fibre de bois (marque Kleber) afin de limiter les poussières émises.

IV.B.1.b. Répartition des animaux

Répartition dans les cages

Il n'y a pas de modalité de répartition particulière hors période de reproduction. Les animaux sont placés aléatoirement dans les cages selon la place disponible.

Depuis 2019, les animaux mis à la reproduction sont placés dans les rangées de colonnes de 3 cages afin de les placer à distance des autres individus et ainsi limiter leur dérangement. Les cages de ces animaux se faisant face, les soigneurs ont plus de facilité à les observer au moment de la mise à la reproduction (voir *figure 47*).

Méthode de transport des animaux d'une cage à une autre

Pour toute sortie de leur cage, les animaux sont transportés individuellement dans un récipient opaque avec anse et couvercle permettant de mettre l'animal dans le noir et ainsi de limiter son stress mais aussi le risque de morsure. Si les soigneurs et/ou le vétérinaire ont besoin de voir l'animal, un cylindre en plexiglass transparent permet de le déplacer et de l'observer en même temps (voir *figure 49a et 49b*). Il est prévu pour l'année 2021 de peser les animaux au moment de chaque déplacement en posant le tube de transport sur la balance préalablement tarée.

Dix caisses de transports en plexiglass transparentes sont utilisables pour les transports longs (déplacement chez le vétérinaire par exemple) et les soins.



Figure 48 - Photographie de plusieurs rangées de cages et de leurs enrichissements
(Source photo : NaturOparC, annotations personnelles)

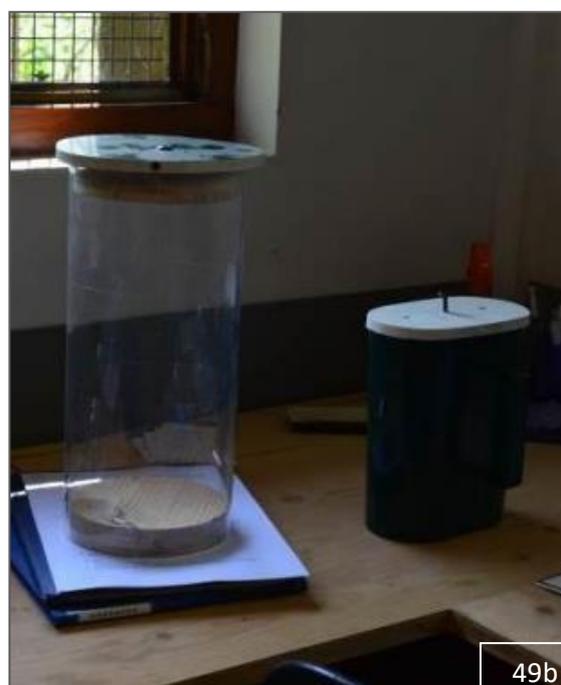
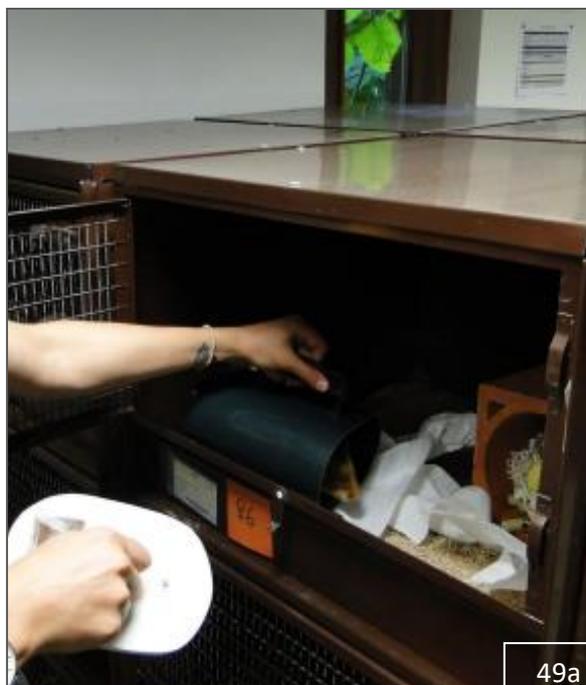


Figure 49a et 49b - Photographies du déplacement d'un mâle à l'aide du récipient opaque (49a) et des deux types de récipients (49b)
(Source : NaturOparC)

IV.B.1.c. Paramètres d'ambiance

Température

Un climatiseur réversible ainsi que deux chauffages sur sonde sont en place dans la pièce d'élevage. Le climatiseur est activé en été pour faire descendre les températures en dessous de 21°C et les chauffages en hiver afin d'éviter des températures trop faibles. Les chauffages possèdent un système de sonde régulatrice, les soigneurs fixent la température souhaitée dans la pièce sur les chauffages et ces derniers régulent le débit d'air chaud en fonction du retour de la sonde. La température était mesurée via une sonde localisée sur le bureau jusqu'en 2020, qui est désormais localisée sur une cage depuis 2020 (voir *figure 50*).

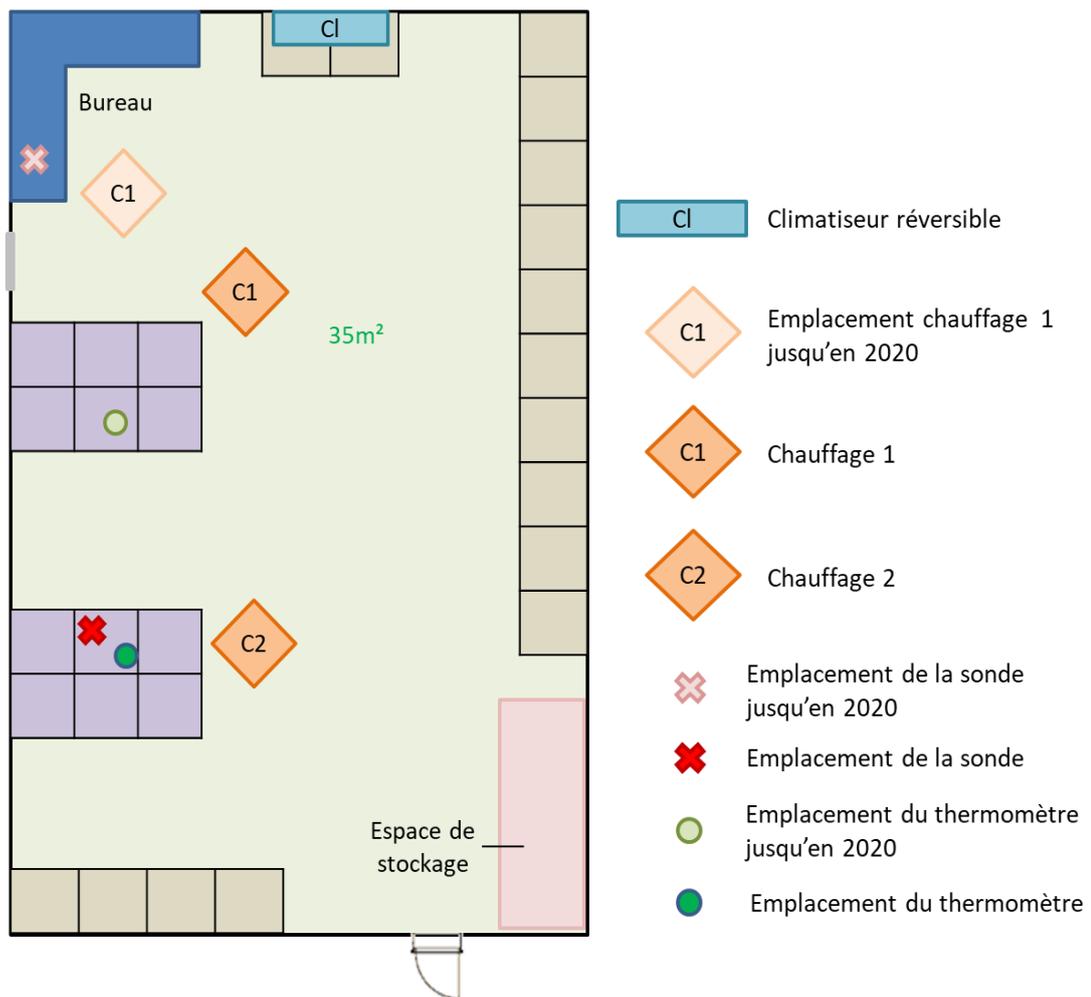


Figure 50 - Localisations du climatiseur, chauffages, sonde et thermomètre

(Source personnelle, basé sur le plan prodigué par NaturOparC)

La température est relevée à partir d'un thermomètre placé sur une des colonnes de cages. L'emplacement du thermomètre a changé en 2020. La température est relevée de manière hebdomadaire depuis 2020.

En 2017, la température recherchée était comprise entre 10 et 15°C en hiver et entre 19 et 23°C en été. À partir de 2018, comme convenu avec les trois autres élevages, la température a été fixée à 10°C dans l'idéal en hiver et à 20°C en été (voir *tableau 18*).

Tableau 18 - Température consigne (°C) choisie par l'élevage de NaturOparC selon le mois et l'année

	Novembre année N-1 à mars année N	Mars année N à novembre année N+1
Année 2017	11,5	13°C minimum à partir de mars 19 et 23°C en été
Année 2018	10	20
Année 2019	10	20
Année 2020	10	20

Hygrométrie

Un système de ventilation mécaniquement contrôlé et un déshumidificateur d'atmosphère avec des pastilles absorbant l'humidité permettent de réguler l'hygrométrie dans la salle d'élevage. Aucun intervalle critique d'hygrométrie n'est encore défini dans l'élevage.

L'hygrométrie est mesurée par le thermomètre-hygromètre. Les relevés d'hygrométrie sont effectués de manière hebdomadaire depuis début 2020.

Ventilation et qualité de l'air

Un dispositif de ventilation mécaniquement contrôlé (VMC) permet le renouvellement continu de l'air ambiant dans l'ensemble de l'élevage. Le débit de cette VMC est inconnu. Ce système d'extraction d'air ne possède pas de fonction de traitement de l'air introduit.

Eclairage

L'éclairage est à la fois naturel (fenêtres) et artificiel (lumière). Plusieurs fenêtres permettent de faire entrer la lumière. La lumière artificielle est réglée par minuteur. L'élevage n'a pas encore de données précises concernant la quantité de lumière fournie par la lumière naturelle et artificielle. Les horaires d'éclairage de 2018 et 2020 sont présentés dans le *tableau 19*.

Tableau 19 - Horaires d'éclairage dans l'élevage de NaurOparC de 2018 à 2020

	Eclairage dans l'élevage selon les mois de l'année de 2018 à 2019		
	Heure de début d'éclairage en moyenne	Heure de fin d'éclairage en moyenne	Durée d'éclairage journalier en moyenne
Décembre à février	9h	16h30	7 heures 30 min
Mars à mai	8h30	17h00	8 heures 30 min
Juin à août	8h	18h	10 heures
Septembre à novembre	9h	16h30	7 heures 30 min
	Eclairage dans l'élevage selon les mois de l'année de 2020		
	Heure de début d'éclairage en moyenne	Heure de fin d'éclairage en moyenne	Durée d'éclairage journalier en moyenne
Janvier à mars	9h	16h30	7 heures 30 min
Avril à mai	8h30	17h00	8 heures 30 min
Juin à août	8h30	18h00	9 heures 30 min
Septembre	8h30	17h30	9 heures
Octobre	9h00	01/10 : 17h00 18/10 : 16h45 28/10 : 16h30	8 heures à 7 heures 30 min
Novembre	9h00	16h15	7 heures 15 min
Décembre	9h30	15h30	6 heures

Pour 2021, il est prévu d'adapter la durée d'éclairage chaque mois, en retardant l'allumage d'une heure et 30 minutes après le lever du soleil et en avançant l'extinction d'une heure et 30 minutes avant le coucher du soleil (voir *tableau 20*).

Tableau 20 - Horaires d'éclairage dans l'élevage de NaurOparC prévus pour 2021

	Heure de début d'éclairage en moyenne	Heure de fin d'éclairage en moyenne	Durée d'éclairage journalier en moyenne
Janvier	9h45	15h15	5 heures 30 min
Février	9h30	16h00	6 heures 30 min
Mars	8h30	16h30	9 heures 30 min
Avril	8h30	18h30	10 heures
Mai	7h30	19h15	11 heures 45 min
Juin	7h00	20h00	13 heures
Juillet	7h00	20h00	13 heures
Août	7h30	19h30	12 heures
Septembre	8h	18h	10 heures
Octobre	9h	17h	8 heures
Novembre	8h45	15h45	7 heures
Décembre	9h30	15h30	6 heures

Ambiance sonore

L'élevage est localisé dans le parc et donc à l'écart des bruits continus de la civilisation.

Gestion de l'hibernation

Dans l'élevage de NaturOparC, les premiers animaux à entrer en hibernation commencent à entrer en torpeur entre mi et fin septembre et commencent à sortir d'hibernation fin mars.

Courant octobre, de la fibre de bois est ajoutée dans les cages avant l'hibernation. La fréquence de passage quotidien ne change pas pendant la période d'hibernation. Cependant, le nettoyage des cages est limité au strict minimum. La litière n'est jamais changée et les cages ne sont ouvertes qu'une fois par mois maximum pour le dépôt d'aliments frais. Le biberon est rempli par le dessus une fois par semaine en laissant le couvercle légèrement ouvert afin d'éviter les vibrations sonores au moment de son ouverture. L'alimentation est également adaptée au mieux durant cette période. Enfin, le remplissage du râtelier et le nettoyage des sols sont limités également à une fois par semaine.

Tous les 15 jours, un test est réalisé à l'aide d'un essuie-tout glissé dans la cage et dont la disparition atteste du réveil de l'individu. En général, l'essuie-tout disparaît dans les 7 à 8 jours maximum. Passé ce délai l'état de survie de l'individu devient douteux et une inspection de l'état de santé de l'animal est réalisée. Le jour auquel l'essuie-tout disparaît est consigné dans une fiche de suivi, permettant de suivre les sorties de torpeur des individus de mi-octobre à mars.

Au cours des quatre dernières années, aucune mortalité d'hibernation n'a eu lieu.

IV.B.2. Alimentation et boisson

Le *tableau 21* résume l'ensemble des informations ci-après.

IV.B.2.a. Alimentation

Alimentation des hamsters adultes à l'entretien

Jusqu'en novembre 2019, l'aliment principal était un aliment complet spécial hamster à base de bouchons « Safe Diets 105 » de chez Safe. Suite à deux saisons de reproduction aux résultats en deçà des espérances, les soigneurs de NaturOparC (et du CNRS) ont suspecté une implication de l'alimentation dans un défaut de fécondité/fertilité et sont de fait passés à l'aliment « Top Rongeur » de chez Evialis. Tous les hamsters ont à leur disposition quotidiennement environ 80g de bouchons car le râtelier est rempli au maximum tous les jours en période de haute activité (printemps/été) puis une fois par semaine en période d'hibernation (mi-octobre à mars), en conservant les restes encore présents dans le râtelier.

En plus des bouchons, les hamsters à l'entretien sont complétés de mars à octobre (hors période d'hibernation) avec :

- 40 g de produits frais (fruits et légumes divers lavés au préalable) deux fois par semaine (une fois tous les deux jours jusqu'en 2019) ;
- 25 g des céréales (maïs, blé, pois, milo, vesces, féveroles, graines de tournesols, cardy) une à deux fois par semaine.

Une réserve de 250 g de céréales est distribuée 2 fois en cours l'hivernation (en novembre et en janvier). À cette période, divers produits frais étaient également distribués occasionnellement à travers les barreaux de la cage, en même quantité que la ration journalière jusqu'en 2019. Depuis 2020, les produits frais ont été remplacés par environ 150 g de betterave sucrière donnée une fois par mois. La betterave sucrière a été choisie car c'est un aliment qui ne déperit pas vite dans la cage des animaux et qui sera retrouvé dans leur milieu naturel alsacien.

Alimentation des hamsters à la reproduction

Durant la haute saison, l'aliment principal des femelles reproductrices est la même que celles des animaux à l'entretien.

Les animaux à la reproduction reçoivent en plus des produits frais et céréales habituels, des vers de farine (une dizaine) ainsi que des croquettes pour chat ou chaton (15 g) deux fois par semaine (tous les deux jours jusqu'en 2019) afin d'enrichir l'alimentation en protéines. Occasionnellement, des graines de tournesol sont également proposées aux femelles supposées en gestation.

Alimentation des juvéniles sevrés en croissance

La ration principale est la même que celle de la mère. Dès leur naissance et jusqu'à 7-8 semaines, les petits reçoivent des produits frais, des céréales, des croquettes pour chat ou des vers de farine en alternance deux fois par semaine (tous les deux jours jusqu'en 2019). Ces aliments, notamment les produits frais, sont donnés en quantité supérieure (au moins le double) en adaptant ces quantités au nombre d'animaux dans la cage.

Alimentation des hamsters avant relâchés

Environ un mois avant les opérations de relâchés, les hamsters destinés à être réintroduits sont nourris exclusivement avec des produits frais (40-50 g) et un mélange de céréales (30 g) donnés tous les 2 jours. Le râtelier est également retiré. Cela permet de favoriser l'acclimatation des animaux avant de les libérer dans la nature

IV.B.2.b. Boisson

L'eau courante est absente dans le bâtiment d'élevage, de fait l'eau potable est acheminée à l'aide de bidons de 8 litres dans la salle d'élevage.

Le biberon a une capacité de 300 mL. Le niveau d'eau est contrôlé quotidiennement et le biberon est rempli si besoin.

Tableau 21 - Bilan des aliments proposés aux animaux à NaturOparC selon la période de l'année et leur cycle physiologique

	Animaux à l'entretien	Animaux à la reproduction	Juveniles	Animaux avant relâchés
Ration principale	Bouchons « Top Rongeur » de chez Evalis à volonté au râtelier	Bouchons « Top Rongeur » de chez Evalis à volonté au râtelier + bouchons posés dans la cage du couple	Bouchons « Top Rongeur » de chez Evalis à volonté au râtelier	Environ 1 mois avant relâchés : retrait du râtelier et des bouchons
Aliments complémentaires (par individu)	<p><u>De mars à octobre :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - ~40 g de produits frais (fruits et légumes divers lavés au préalable) 2 fois par semaine - 25g des céréales 1 à 2 fois par semaine <p><u>De novembre à avril :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - 250g de céréales 2 fois au cours de l'hibernation - 150g betterave sucrière 1 fois par mois 	<ul style="list-style-type: none"> - Produits frais et céréales habituels - Vers de farine (une dizaine) ou croquettes pour chat ou chaton (15g) en alternance 2 fois par semaine - Graines de tournesol occasionnel 	<p>Idem animaux à la reproduction jusqu'à séparation des portées</p> <p>Quantités augmentées selon nombre de petits estimé</p>	<p>Exclusivement produits frais (40-50g) et mélange de céréales (30g) tous les 2 jours</p>

En période d'hibernation, les biberons ne sont remplis qu'une fois par semaine en laissant le couvercle légèrement ouvert afin de limiter le bruit au moment du remplissage. L'eau des biberons est complètement changée dès que besoin selon l'appréciation du soigneur (présence de souillures).

Les soigneurs retirent les biberons aux animaux devant être relâchés un mois avant les opérations de renforcement. Cela a pour but d'habituer les animaux à puiser l'eau dans leur nourriture et de limiter le stress occasionné par le changement brutal d'environnement (absence d'eau en biberon) le jour du lâcher.

IV.B.2.c. Gestion des stocks alimentaires

Les aliments sont entreposés dans la salle d'élevage au niveau de l'espace de stockage. L'aliment non entamé est conservé dans son conditionnement initial. Le contenu des sacs ouverts est transféré dans des contenants hermétiques et l'aliment est utilisé si possible dans le mois suivant l'ouverture, ne dépassant ainsi jamais les dates limites de conservation. La nourriture est achetée au fur et à mesure que les stocks s'amenuisent pour limiter le déperissement des denrées.

L'évaluation qualitative de l'aliment se fait uniquement visuellement par recherche de moisissures ou parasites. Il n'y a pas de contrôle qualité effectué sur l'eau par les soigneurs.

IV.B.3. Reproduction des hamsters

IV.B.3.a. L'accouplement

Au cours d'une saison de reproduction (annuelle), les soigneurs mettent les animaux à la reproduction au cours de 2 à 4 sessions différentes afin d'espacer les mises à la reproduction et les mises-bas.

Choix des reproducteurs et génétique

Les critères de choix principal est génétique par sélection préalable des couples reproducteurs avec un taux de consanguinité idéalement de 0% et de maximum 3-4% selon la matrice de consanguinité obtenue avec le logiciel ZooEasy.

Lors de la mise à la reproduction, les animaux étaient en moyenne âgés de 1 an en 2017 de 1 à 2 ans en 2018, 2019, 2020.

En cas de mauvaise entente, un couple peut être re-testé à une autre session ou le partenaire peut être changé en cours de session ou à la session suivante. Les couples s'étant entendu mais n'ayant pas eu de petits sont remis à la reproduction à la session suivante. Les femelles et les mâles ne sont reproduits normalement qu'une seule fois au cours de l'année. Rarement, certains animaux intéressants d'un point de vue génétique (selon coefficient de consanguinité) et ayant réussi à se reproduire peuvent être remis à la reproduction l'année suivante. Le *tableau 22* représente les pourcentages de consanguinité des individus nés dans l'élevage, classés selon le nombre de couples ayant donné ces pourcentages de 2017 à 2019.

Tableau 22 - Nombre de couples en fonction du taux de consanguinité de leur descendance de 2017 à 2019

	Taux consanguinité	Nombre de couples sur l'année	Pourcentage parmi les couples sur une année
Année 2017	0,00%	16	94%
	3,13%	1	6%
Année 2018	0,00%	7	100%
Année 2019	0,00%	3	43%
	0,20%	1	14%
	0,33%	3	43%

Préparation à la mise à la reproduction

Les femelles destinées à la reproduction sont placées dans leur cage au moment du nettoyage de cage du printemps qui nécessite dans tous les cas un déplacement des animaux. Ces cages sont regroupées dans des rangs de cages éloignés des rangs hébergeant les animaux à l'entretien. Les femelles y restent jusqu'à l'introduction des mâles (moins d'un mois en général).

Afin de préparer au mieux l'arrivée du mâle, un second terrier artificiel et des feuilles d'essuie-tout dans chaque brique sont ajoutés. Les briques sont tournées de sorte à ce que les soigneurs puissent voir l'intérieur des briques pour la surveillance (voir *figure 51*). Une poignée de bouchons est également placée dans la cage. Cela permet d'éviter qu'un des deux individus ne mange pas si le second monopolise la nourriture au râtelier.



Figure 51 - Photographie d'une cage préparée pour la reproduction à NaturOparC
(Source : NaturOparC)

Les soigneurs vérifient également sommairement à travers le tube de transport transparent que les mâles et femelles choisis ont respectivement des testicules bien

descendus et une vulve suffisamment développée, signant ainsi que les animaux sont aptes à la reproduction.

Technique de mise à la reproduction

Au lancement de chaque nouvelle session, les mâles sont déplacés dans les cages des femelles, préparées pour leur arrivée. Les animaux sont dès lors surveillés pendant 1 à 2 heures en moyenne puis toutes les demi-heures. Les soigneurs continuent cette surveillance toutes les heures le lendemain. Si un des deux individus présente de l'agressivité ou si l'acceptation mutuelle reste douteuse, le couple est séparé pour la nuit et la mise en contact est retentée le lendemain. Cette opération peut être répétée une troisième fois au besoin. En cas de troisième séparation, il est estimé par les soigneurs que le couple ne s'entendra pas. Si un des deux individus est sérieusement blessé pendant la mise en contact, le couple est séparé définitivement pour la session en cours.

Les individus sont plus précisément séparés en cas de :

- stress intense avec des individus très actifs qui vocalisent beaucoup ;
- blessures, notamment si la femelle cherche à mordre le mâle derrière les oreilles car cela signifierait que la femelle cherche à tuer le mâle ;
- joues gonflées.

Au contraire, des individus calmes montrant des signes d'apaisement et de soumission (mise sur le dos) de la part de la femelle, ou avec des abajoues pleins (limite la possibilité de morsure) sont des critères de non séparation des animaux. Un couple est donc considéré comme formé si le mâle est finalement laissé avec la femelle. Si tout se passe bien, le mâle reste dans la cage de la femelle pendant 8 jours puis réintègre sa cage d'origine. En 2017 et 2018, les mâles restaient respectivement 12 et 10 jours dans la cage de la femelle. Cette durée a été progressivement réduite car les soigneurs ont constaté des blessures sur les mâles au-delà de 8 jours, période où la femelle finit son premier cycle œstral et entre potentiellement en gestation. En se référant aux dates de mise-bas, les soigneurs ont estimé que l'accouplement prenait en moyenne 4 jours en 2017, et 5 jours en 2018.

Dates de mise à la reproduction

Les hamsters sont mis à la reproduction à partir de fin avril et jusqu'à fin juin.

IV.B.3.b. La gestation

La femelle est seule dans la cage dans laquelle elle a été placée initialement à partir du moment où le mâle est retiré (8 jours suite à la mise à la reproduction). Comme dit précédemment, l'alimentation est changée pour répondre au mieux aux besoins de la femelle.

Aucun diagnostic de gestation n'est effectué sur les femelles des couples formés.

IV.B.3.c. La gestion des mise-bas

Les soigneurs ne font pas de diagnostic afin d'identifier exactement le moment de la mise-bas. Les dates sont calculées à partir des jours de mise à la reproduction. À partir du

18^{ème} jour suivant la 1^{ère} mise en contact, les soigneurs portent une attention particulière aux femelles potentiellement gestantes, afin de détecter la présence éventuelle de petits. Les soigneurs détectent notamment les naissances grâce au bruit émis par les jeunes. La mise-bas est confirmée si ces derniers sont observés dans la cage. Si aucun petit n'est observé au bout de 30 jours suite au premier jour de la mise en contact avec le mâle, les soigneurs concluent que la femelle n'a pas mis bas.

IV.B.3.d. La gestion des nouveau-nés

Taille des portées et néomortalité

Sont considérés comme mort-nés tous les petits observés morts dans les 24h suivant la mise-bas. Les mort-nés sont difficiles à observer dans la mesure où les mères ont tendance à les manger après la mise-bas. Les soigneurs ne dérangent pas les mères après la mise-bas pour aller compter les mort-nés ou les petits. Le nombre de petits est estimé avec le temps par observation régulière.

Gestion de la période de sevrage

Les mères avec leurs petits restent dans la cage de la femelle. La mère est déplacée dans une autre cage 1 mois post-mise-bas maximum, lorsque les petits sont considérés comme correctement sevrés. L'alimentation donnée aux petits est la même que celles des mères.

Trois à quatre semaines après le déplacement de la mère, les jeunes sont également séparés du fait d'une agressivité croissante entre eux et placés chacun dans des cages individuelles. Depuis 2020, les soigneurs profitent de ce déplacement pour peser les petits en posant le tube de transport sur la balance préalablement tarée.

Sexage, pesée et identification

Le sexage et la pose de transpondeur se font en sortie de première hibernation des animaux. Les animaux sont sexés en utilisant le tube de transport transparent afin d'avoir une vue sur les organes génitaux. Une chaussette est ensuite placée au bout du tube transparent afin que l'animal aille s'y cacher. La pose de transpondeur est réalisée à travers le tissu par le vétérinaire référent de l'élevage, le Dr F. Capber. Il est également prévu pour la prochaine session de pose de transpondeur de peser les animaux à ce moment.

IV.B.4. Mesures d'hygiène et de biosécurité

IV.B.4.a. Organisation des locaux

Organisation des locaux pour les animaux

Il n'existe pas de pièce de quarantaine. Les animaux malades ayant besoin de soins sont placés dans des cages transparentes (mêmes cages qui servent pour les transports longs) dans l'élevage. Pour l'instant l'élevage n'a pas eu à faire à des maladies à forte morbidité ou létalité d'origine infectieuse, mais si cela venait à arriver, il leur serait possible de transférer les animaux malades dans une salle inoccupée du même bâtiment servant alors d'infirmierie.

Organisation des locaux pour le personnel

Le personnel du parc a à disposition des vestiaires. Des chaussures de travail (type crocs) sont utilisées par les soigneurs pour entrer dans l'élevage. Un pédiluve est placé à l'entrée de salle d'élevage. Il contient une solution à 1% de Virkon S ND. Les soigneurs passent par le pédiluve en entrant et en sortant de la salle. Les consignes d'hygiène et de sécurité sont affichées dans l'élevage.

Organisation des locaux pour les visiteurs

Les visiteurs sont tenus de porter au minimum des sur-chaussures proposées par les soigneurs. Les soigneurs n'ont pas encore de surblouses à disposition des visiteurs mais ont vocation à en proposer. Toute personne est normalement tenue de passer par le pédiluve en entrant et en sortant de la salle.

IV.B.4.b. Entretien des locaux

Hors saison d'hibernation, le balai est passé tous les jours et les sols sont désinfectés de manière hebdomadaire avec du Saniterpen ND. Les surfaces sont dépoussiérées deux fois par mois. Le pédiluve est nettoyé selon appréciation de son état par les soigneurs (en moyenne une fois par semaine).

IV.B.4.c. Entretien des cages

Le matériel est nettoyé et désinfecté à rythme régulier et renouvelé si nécessaire. Pour toute phase de nettoyage, les soigneurs portent des gants jetables.

Nettoyage et désinfection des cages

La litière des cages est changée une fois par mois en haute saison de mars à octobre puis n'est plus changée du tout en période d'hibernation afin de ne pas déranger les individus. Le changement de la litière se fait par un nettoyage grossier de la litière souillée avec une petite pelle, sans approcher de trop près les animaux dans la cage. De la litière neuve est ensuite ajoutée dans la cage.

Deux nettoyages intensifs des cages avec désinfection sont effectués au cours de l'année, en début (mars-avril) et en fin de haute saison (août-septembre). Les bacs de cage ainsi que les colonnes dans leur totalité sont sortis de la pièce d'élevage pour être rincés au jet d'eau en extérieur et désinfectés au Virkon-S ND (dilué à 1%). Au moment de ce nettoyage intensif, et du fait d'une marge de 20 cages non occupées, les animaux sont décalés de 20 en 20 dans les colonnes propres préalablement préparées, pendant que les colonnes sales partent pour nettoyage.

Nettoyage et désinfection du biberon et du râtelier

La fréquence de nettoyage des biberons en routine est variable, selon appréciation de l'état du biberon (souillure ou dépôt minéraux au fond du biberon) par les soigneurs. Les biberons sont nécessairement nettoyés en mêmes temps que les nettoyages et désinfections intensives des cages deux fois par an. Les biberons sont transportés à un point d'eau chaude du parc du fait de l'absence de l'eau courante dans le bâtiment d'élevage. Les soigneurs les

nettoient au savon et parfois au vinaigre blanc afin d'éliminer tout dépôt calcaire. Le râtelier n'est jamais décroché de son support et est nettoyé en même temps que la cage.

Nettoyage et désinfection du matériel d'enrichissement

Au moment des deux grands nettoyages de cages, les casiers à vins sont frottés et nettoyés avec du Saniterpen ND.

IV.B.4.d. Manipulation des animaux

Les soigneurs portent des gants jetables pour toute manipulation des animaux et pour le nourrissage. Les gants ne sont pas changés entre chaque cage. Les soigneurs ne touchent jamais les animaux. Une salle d'eau non potable est accessible dans le bâtiment et du gel hydroalcoolique est également présent.

IV.B.4.e. Traitement du matériel

Les ustensiles type pelle pour nettoyage des cages sont nettoyés juste après utilisation (*a minima* rincés). Les chiffons sont nettoyés en machine avec une lessive classique.

IV.B.4.f. Gestion des déchets

La litière sale est récoltée dans des bacs puis est acheminée directement vers la fosse à fumier du parc. Les autres déchets partent dans les ordures ménagères.

IV.B.5. Santé et soins aux animaux

IV.B.5.a. Gestion des animaux malades

Dix cages transparentes de 36x20x20 cm sont utilisées dans le cadre de soins afin de faciliter l'observation des animaux (voir *figure 52*). En présence d'animaux, ces cages sont placées sur le bureau. L'évaluation de l'état de santé des animaux est subjective et se base sur l'expérience des soigneurs. En cas d'observation anormale, le vétérinaire référent de l'élevage (Dr Fabrice Capber) est contacté afin d'émettre un diagnostic et mettre en place des soins.



Figure 52 - Photographie d'une cage utilisée pour les soins et transports longs à NaturOparC
(Source photo : NaturOparC, annotations personnelles)

IV.B.5.c. Gestion des animaux morts

Tous les animaux mort de manière inexplicée sont autopsiés sauf les morts avant sevrage. Les cadavres sont acheminés au Laboratoire Vétérinaire Départemental de Colmar le jour même de la découverte. En cas de fermeture du laboratoire, ils seront placés dans un sac de congélation dans un des congélateurs du parc jusqu'au prochain jour d'ouverture du laboratoire. Si l'animal a été euthanasié, alors c'est le vétérinaire qui réalise l'autopsie.

IV.B.5.d. Gestion des soins prodigués aux animaux

Deux personnes sont exclusivement dédiées aux soins des animaux dans la structure. Par jour, les soigneurs interviennent au minimum 1-2 fois en moyenne dans l'élevage lors du nourrissage et du contrôle du niveau d'eau dans les biberons. Ces visites sont susceptibles d'amener un contact visuel avec les hamsters. Les soigneurs consacrent en moyenne moins d'une minute par hamster et par jour (10 minutes environ pour tout l'élevage), mais il arrive que les animaux soient cachés donc ne soient pas vus.

Les soigneurs évitent tout contact tactile avec les hamsters. Cependant, ils sont capturés au minimum de 3 à 6 reprises dans l'année. Les adultes sont sortis de leur cage pour sexage définitif et identification au printemps, pour les deux phases de nettoyage intensif des cages, pour la mise à la reproduction et la séparation du mâle de la femelle à la reproduction et/ou lors des réintroductions en milieu naturel.

IV.B.5.e. Gestion des animaux nouvellement introduits dans l'élevage

L'élevage ne possède pas de pièce de quarantaine. Les animaux sont directement intégrés au cheptel.

IV.B.6. Gestion des relâchés

IV.B.6.a. Choix des animaux à relâcher

Depuis 2019, NaturOparC assure le pilotage du programme de renforcement (fiche action 4.2 du PNA Hamster 2019-2028). Le parc gère notamment la préparation des terrains, les périodes de relâchés et les lâchés eux-mêmes, mais aussi la signature des conventions avec les agriculteurs pour l'accès à leurs terrains. Quelques mois avant les relâchés, l'OFB et la DREAL transmettent la localisation des parcelles où pourront être relâchés les hamsters, ainsi que les coordonnées des agriculteurs à M. Frolicher (NaturOparC). Cette dernière s'occupe ensuite de la répartition des clôtures ainsi que des pré-terriers sur la parcelle. Le nombre de hamsters à relâcher sur une parcelle est défini en fonction du nombre d'animaux disponibles pour chaque élevage et les dates de relâchés possibles. Il revient alors à chaque élevage de répartir sur la carte ses propres hamsters aux emplacements convenus.

À NaturOparC, les soigneurs choisissent des animaux de 1 à 2 ans. Le sex-ratio des animaux choisis dépend également du sex-ratio des individus proposés par les autres élevages. L'objectif est d'avoir un sex-ratio des animaux relâchés proche de 1. Aussi, les soigneurs prêtent attention au coefficient de consanguinité des animaux placés dans des terriers côte à côte et notamment évitent des rapprocher des frères et sœurs lors des relâchés.

IV.B.6.b. Période des relâchés et technique

Les animaux sont normalement relâchés en plusieurs fois et sur différents sites de fin mai à mi-juillet maximum. Le jour des réintroductions, les animaux sont tous capturés à partir de 6h du matin puis sont transportés dans des boîtes de transport de dimensions 26x15x16 cm (voir *figure 53*), dans la voiture de service de l'élevage, jusqu'au site où ils sont libérés au niveau de chaque pré-terrier en respectant le plan de répartition mis en place par l'élevage. Il est en réflexion de peser les animaux placés dans leur boîte de transport avant de les relâcher. L'avant de la boîte comprend une trappe soulevable pour faire entrer et sortir le hamster. L'arrière est percé de trou afin de trouver un compromis entre garder l'animal dans le noir afin de limiter son stress et assurer le renouvellement de l'air dans la boîte.

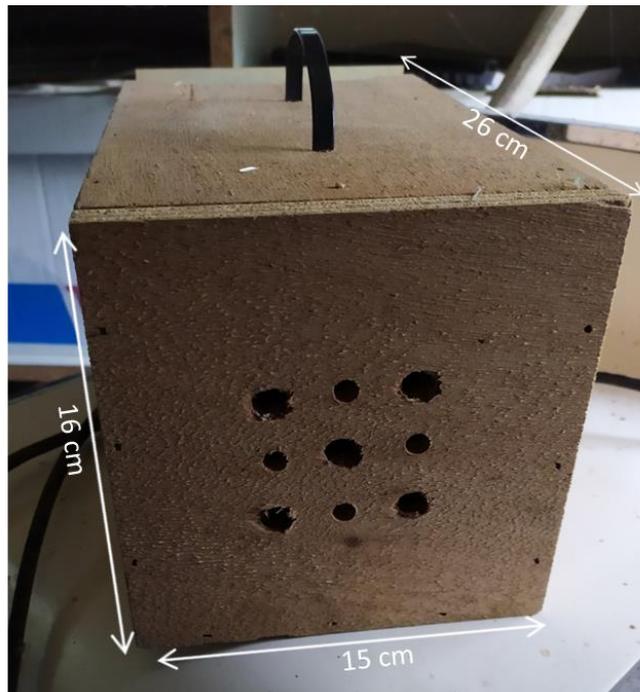


Figure 53 - Photographie d'une boîte utilisée pour les relâchés
(Source photo : NaturOparC, annotations personnelles)

IV.B.7. Suivi zootechnique

IV.B.7.a. Registres à renseigner

Les soigneurs renseignent régulièrement deux registres papiers :

- le registre d'entrée et de sortie des animaux, obligatoire selon l'arrêté du 8 octobre 2018 fixant les règles générales de détention des animaux d'espèces non domestiques ;
- le livre journal des mouvements d'animaux détenus en captivité.

Ils permettent notamment de retrouver l'ensemble des données sur les effectifs d'animaux hébergés par l'élevage. Les soigneurs utilisent également le registre de ZooEasy qui référence l'ensemble des animaux présents dans l'élevage. De nombreuses données

concernant les effectifs sont également renseignées dans le rapport technique annuel. L'ensemble des types de données entrées dans ces registres et dans le rapport technique sont référencées dans le *tableau 23*.

Le numéro d'identification de l'animal (différent du numéro de transpondeur) entré dans le registre se définit comme suit :

1150/18

Le numéro de l'animal correspond à son numéro au registre d'entrée des animaux du parc suivi de son année de naissance.

IV.B.7.b. Autres données collectées

Données sur le développement des animaux

À partir de 2021 les animaux seront pesés :

- au moment de la séparation de la portée ;
- au moment du sexage et de l'identification ;
- au moment du nettoyage intensif bisannuel des cages ;
- au moment de la mise à la reproduction et du retrait du mâle/de la mère ;
- potentiellement au moment des relâchés.

Les animaux ne sont pas mesurés.

Données de température, hygrométrie et luminosité

Depuis 2020, la température et l'hygrométrie sont collectées de manière hebdomadaire dans un fichier excel. Les températures de réglage et les bornes de variation de la température sont précisées dans le rapport technique. Les bornes de variation de l'hygrométrie sont également précisées dans le rapport technique.

Concernant la luminosité, les soigneurs n'ont à ce jour pas de données (nombre de lux dans les pièces et dans les cages), mais la durée d'éclairage est contrôlée par minuteur.

Données sur la reproduction

L'ensemble des données concernant la reproduction sont réparties dans plusieurs documents dont :

- le registre d'entrée et sortie
- le registre ZooEasy référençant chaque individu et ses parents ;
- un tableur informatique spécifique.

Les indicateurs relevés sont regroupés *tableau 24*.

Données sur la morbidité et la mortalité

Les informations concernant les animaux malades et morts sont référencées dans le rapport technique annuel (voir *tableau 23* pour les indicateurs relevés).

Données sur les relâchés

Les informations concernant les animaux relâchés sont référencées dans le rapport technique annuel (voir *tableau 23* pour les indicateurs relevés).

Données sur la génétique

Toutes les données généalogiques disponibles sont entrées sur ZooEasy par les soigneurs afin d'affiner les calculs de consanguinité par la suite. Les coefficients de consanguinité sont conservés dans le registre ZooEasy pour chaque individu.

Analyse des données

Les soigneurs rédigent tous les ans un rapport technique qui regroupe les grandes lignes de leur conduite d'élevage, les données actualisées sur les effectifs, le bilan des données de reproduction, de mortalité et de relâchés, les nouveautés de l'année apportées à l'élevage, ainsi que leurs objectifs pour l'année suivante. À travers ces rapports techniques, les résultats de l'année sont commentés et comparés à ceux des années précédentes.

IV.B.8. Personnel soignant et organisation du travail

Deux personnes travaillent à temps plein dans la structure (M. Froliger et A. Chuet). Une présence est assurée 7 jours sur 7, ce qui en 2019 constitue un ratio nombre d'animaux/nombre de travailleurs d'environ 22 animaux par personne au 1^{er} janvier.

Les horaires des soigneurs sont changeants selon les besoins du parc. Si les soigneurs habituels de l'élevage sont absents, un autre soigneur du parc assurera le passage quotidien afin de vérifier l'état de bonne santé des animaux.

Tableau 23 - Type de données sur les effectifs, la mortalité et les relâchés relevés par l'élevage de NaturOparC dans ses registres et documents annexes

	Registre officiel d'entrée et de sortie	Livre journal officiel des mouvements d'animaux	Registre ZooEasy	Rapport technique annuel
Date d'entrée de l'animal	X			
Espèce		X	X	
Sexe	X		X	
Date de naissance	X		X	
Origine (lieu de naissance)	X			
Identité des parents			X	
Numéro d'identification de l'animal intra-élevage	X		X	
Numéro de transpondeur	X			
Numéro de cage				
Nature de l'entrée	X			
Provenance (lieu d'élevage précédent)	X			
Date de sortie	X		X (seulement si décès)	
Nature de la sortie (transfert, relâché ou décès)	X			
Destination de sortie	X			
Cause de la mort	X			
Observation diverses	X		X (taux de consanguinité)	
Date d'entrée/de sortie d'un groupe		X		X (individu ou groupe)
Nombre d'animaux concernés par un mouvement		X		X
Effectifs d'animaux présents dans l'élevage après chaque mouvement				
Informations complémentaire ajoutés par les soigneurs				
Informations sur les animaux malades :				
Numéro d'identification du malade				X
Date de diagnostic				X
Diagnostic et prise en charge				X

Indicateurs calculables à partir de ces documents

Inclus dans le rapport technique annuel :

- Nombre de nouveau nés par mois
- Nombre de transferts en entrée et en sortie de l'élevage, les dates de chaque transfert avec le nombre d'animaux transférés et leur sexe
- Nombre de morts, leur âge et leur sexe chaque année ainsi que les dates et causes supposées des morts, le nombre d'animaux euthanasiés et autopsiés
- Nombre d'animaux relâchés, leur âge, leur sexe et les lieux de relâchés chaque année
- Nombre d'animaux aux alentours du 1er janvier et du 31 décembre ainsi que leur sexe et leur âge

Non inclus dans le rapport technique annuel :

- L'âge de certains animaux entrés ou sortis

Tableau 24 - Type de données sur les effectifs, la mortalité et les relâchés relevés par l'élevage de NaturOparC dans ses registres et documents annexes

	Indicateurs calculables à partir du registre d'entrée et de sortie et du registre ZooEasy	Indicateurs référencés dans le tableur spécifique des couples mis à la reproduction, pour une année	Indicateurs référencés dans le rapport technique
Dates de début et de fin de chaque session		X	
Nombre de couples testés par session		X	
Identité des couples testés pour la reproduction par session		X	
Nombre de couples formés par session		X	
Date de mise à la reproduction pour chaque couple		X	
Date de séparation du couple		X	
Numéro de cage du mâle et de la femelle			
Rang de cage du couple (1 à 4)		X	
Qualité génétique du couple (taux de consanguinité des petits)	X		
Observations lors de la mise contact		X	
Observations lors de la séparation du couple			
Identité des parents de chaque portée	X	X	X
Date de naissance estimée pour chaque portée	X	X	X
Nombre estimé de petits pour chaque portée	X (mort-nés exclus)	X	X (mort-nés exclus)
Numéro d'identification de chaque nouveau-né	X (mort-nés exclus)		X (mort-nés exclus)

Numéro de cage de chaque nouveau-né après séparation des fratries			X (mort-nés exclus)
Sexe de chaque nouveau-né	X (mort-nés exclus)		X (mort-nés exclus)
Remarques sur les nouveau-nés			X (mort-nés exclus)
Nombre de mort-nés pour chaque portée		X	
Informations complémentaires ajoutées par les soigneurs			
Identité des couples testés plusieurs fois sur l'année		X	
Nombre de couples séparés au cours des trois premiers jours		X	X
Nombre de blessés graves ou légers		X	X
Indicateurs bilans calculés par les soigneurs			
Nombre total de couples testés par année		X	X
Nombre total de couples formés par année		X	
Nombre total estimé de nouveau-nés par année		X (+ par session)	X
Nombre total de portées produites par année		X (+ par session)	X
Nombre moyen de nouveau-nés/portée par année		X	
Nombre total de mort-nés par année		X	
Autres indicateurs calculables à partir de ces documents			
<ul style="list-style-type: none"> - Nombre de portées par femelle au cours de sa vie - Nombre d'accouplements pour un mâle au cours de sa vie - Âge moyen de mise à la reproduction 			

IV.C. Résultats d'élevage

IV.C.1. Environnement

IV.C.1.a. Relevés de température

En 2017, les valeurs de température ont varié entre 10,7 et 16,8°C. En 2018 et 2019, les températures ont varié entre 10 et 20°C. En 2020, les valeurs de température ont été relevées une fois par semaine et sont observables sur la *figure 54*.

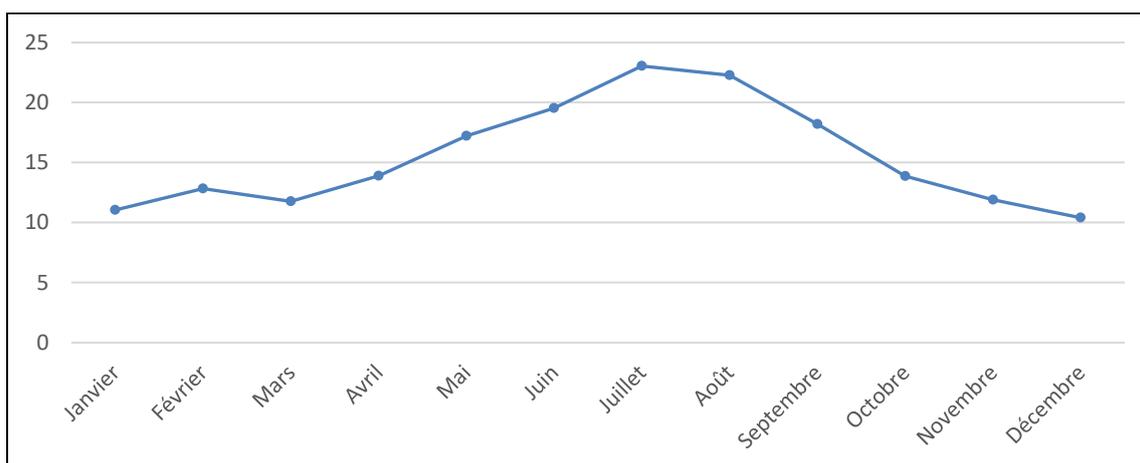


Figure 54 – Evolution des moyennes de températures (°C) relevées à NaturOparC selon le mois en 2020

IV.C.1.b. Relevés des valeurs d'hygrométrie

Les valeurs d'hygrométrie sont extrêmement variables selon les jours. L'hygrométrie dans la pièce d'élevage est en moyenne de 60% chaque année. En 2017, elle a varié entre 35 et 80%. En 2018, elle a varié entre 42% et 80%. En 2019, l'hygrométrie n'a pas été relevée. En 2020, les valeurs d'hygrométrie ont été relevées une fois par semaine et sont observables sur la *figure 55*.

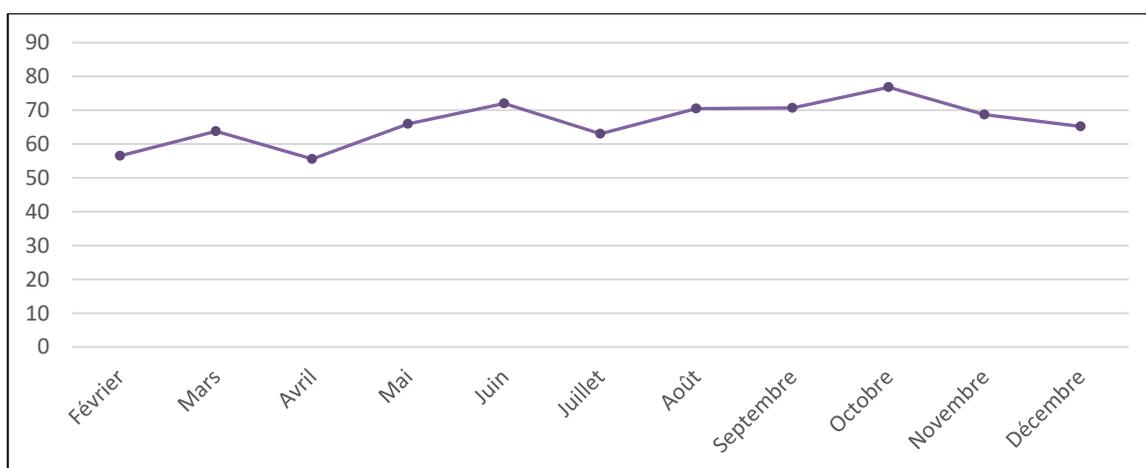


Figure 55 - Evolution des moyennes des valeurs d'hygrométrie (%) relevées à NaturOparC selon le mois en 2020

IV.C.2. Reproduction

IV.C.2.a. Bilan des mises à la reproduction

L'ensemble de résultats concernant la mise à la reproduction au sens propre sont condensés dans les *figures 56a à 56b*. Un couple « formé » est un couple ayant passé le test des 24 heures sans séparation. Le « nombre de couples formés » peut inclure plusieurs fois le même couple si ce couple s'est accepté durant une autre session. Il est donc à différencier du « nombre de couples différents formés ».

IV.C.2.b. Bilan des gestations et mises-bas

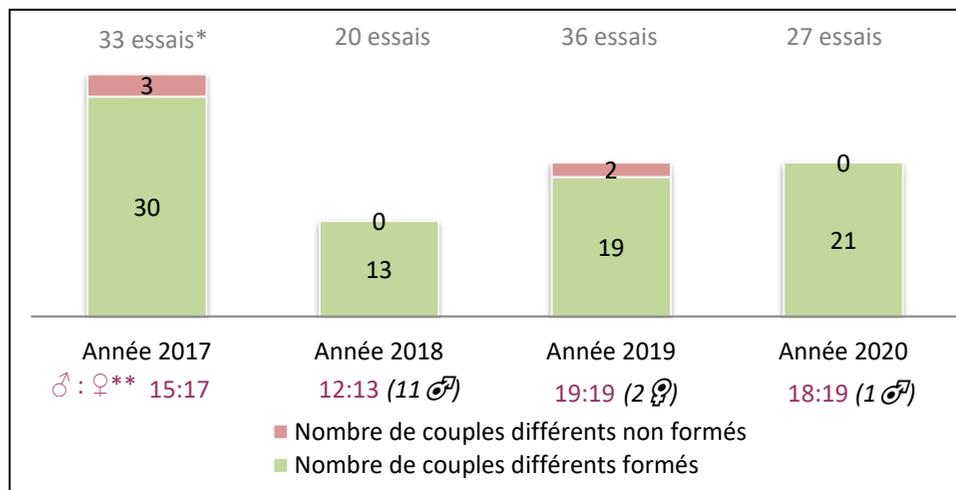
La durée de gestation est difficilement évaluable dans la mesure où la date d'accouplement réelle n'est pas connue. Cependant, le nombre de jours entre la mise en contact et la mise-bas est un indicateur de la durée maximale possible de la gestation. Le nombre de jours entre le retrait du mâle et la mise-bas est un indicateur de la durée minimale possible de gestation. Les boxplots comparant le nombre de jours entre la mise en contact et la mise-bas selon le mois et l'année sont disponibles *figure 56c*. La moyenne du nombre de jours entre le retrait du mâle et la mise-bas est de 11 jours. L'ensemble des résultats des mises-bas sont condensés *figures 57a à 57c*.

IV.C.2.c. Bilan concernant le nombre estimé de nouveau-nés

L'ensemble des informations concernant les nouveau-nés sont regroupées *figure 58*. Le sex-ratio parmi les nouveau-nés est toujours de 1:1, environ.

IV.C.3. Bilan des pesées pour l'année 2020

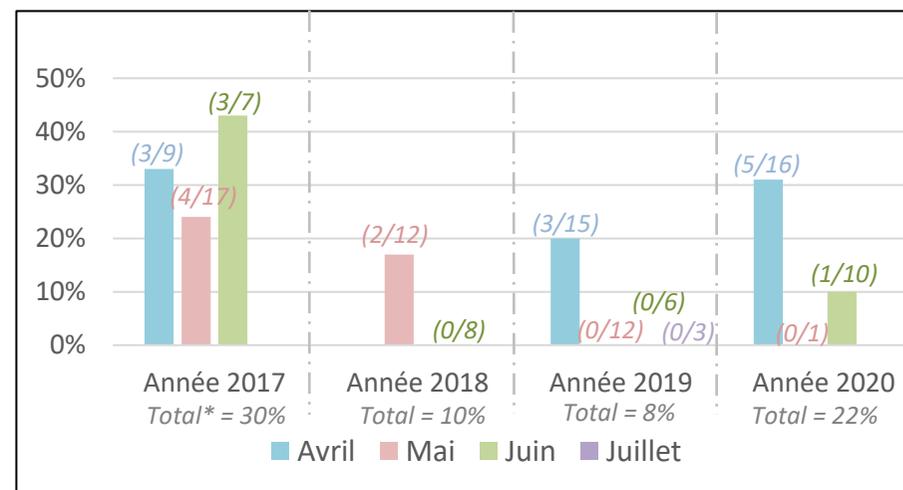
Les résultats des pesées effectuées en 2020 sont observables dans le *tableau 25*.



*Au-dessus des colonnes en gris : nombre d'essais totaux réalisés au cours de la saison de reproduction avec les différents couples testés

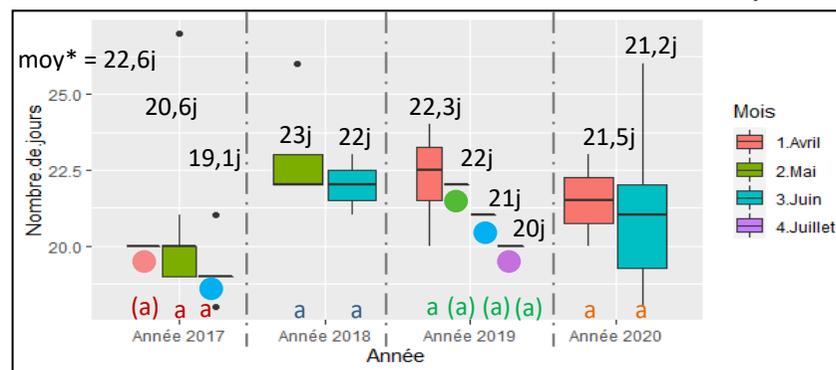
**En-dessous des colonnes : sex-ratio en violet et nombre d'animaux s'étant déjà reproduits l'année précédente en italique

Figure 56a : Nombre de couples différents mis à la reproduction à NaturOparC selon l'année



Il n'y a eu aucun mort suite à la reproduction dans l'élevage de NaturOparC depuis 4 ans. Au-dessus des colonnes en gris : ratio nombre de blessés lors de la mise en contact sur nombre d'essais par mois

*En-dessous des colonnes : pourcentage de blessés total/nombre d'essais total à l'année
Figure 56b : Pourcentage du nombre d'animaux blessés lors de la mise en contact des couples sur le nombre d'essais à NaturOparC, par mois de mise à la reproduction et par an



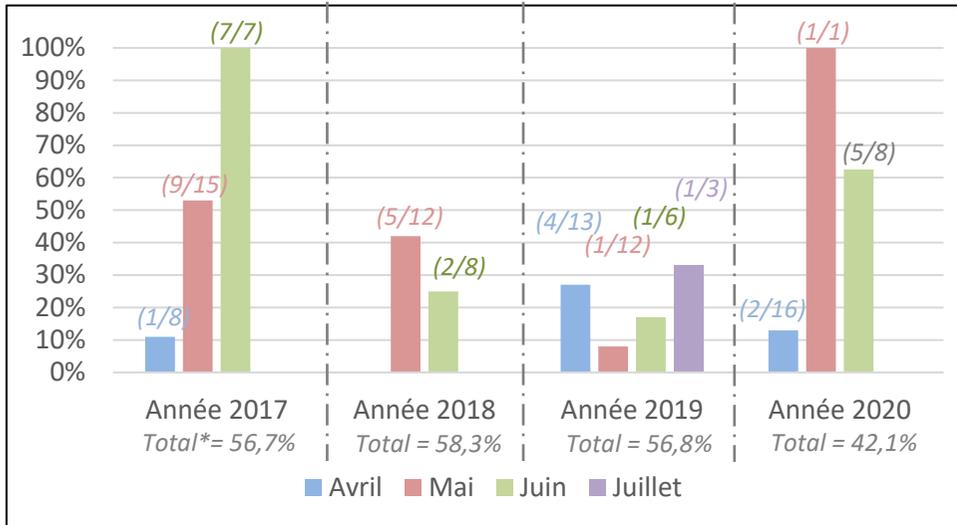
*moy = moyenne du nombre de jours par mois et année

Les pastilles de couleur sous les boxplots notifient le mois de mise à la reproduction selon la légende à droite du graphique

ab : deux mêmes lettres d'une même couleur signifient que les valeurs ne diffèrent pas significativement entre elles.

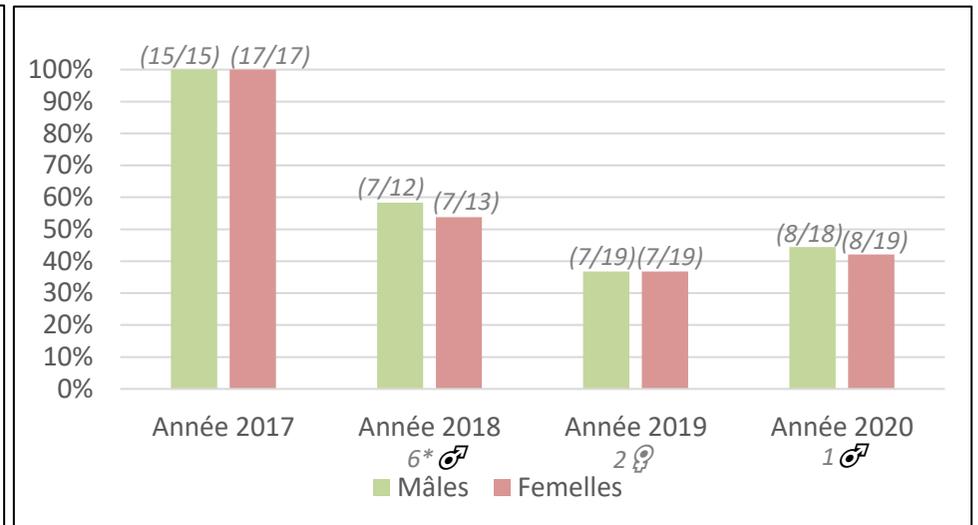
(a) : une seule valeur dans le groupe

Figure 56c : Boxplots affichant le nombre de jours entre la date de mise en contact du couple et la date de mise-bas à NaturOparC selon le mois et l'année de mise à la reproduction



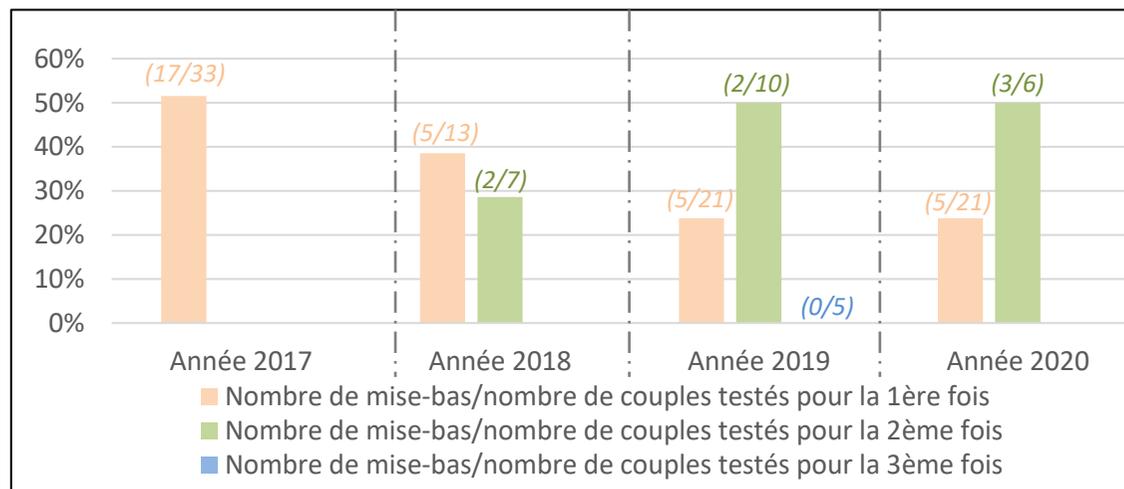
*Pourcentage du nombre total de mise-bas sur nombre total de couples formés à l'année
 Au-dessus des colonnes en gris : ratio nombre de mise-bas sur nombre de couples formés

Figure 57a : Pourcentage du nombre de mise-bas sur le nombre de couples formés à NaturOparC, par mois de mise à la reproduction et par an



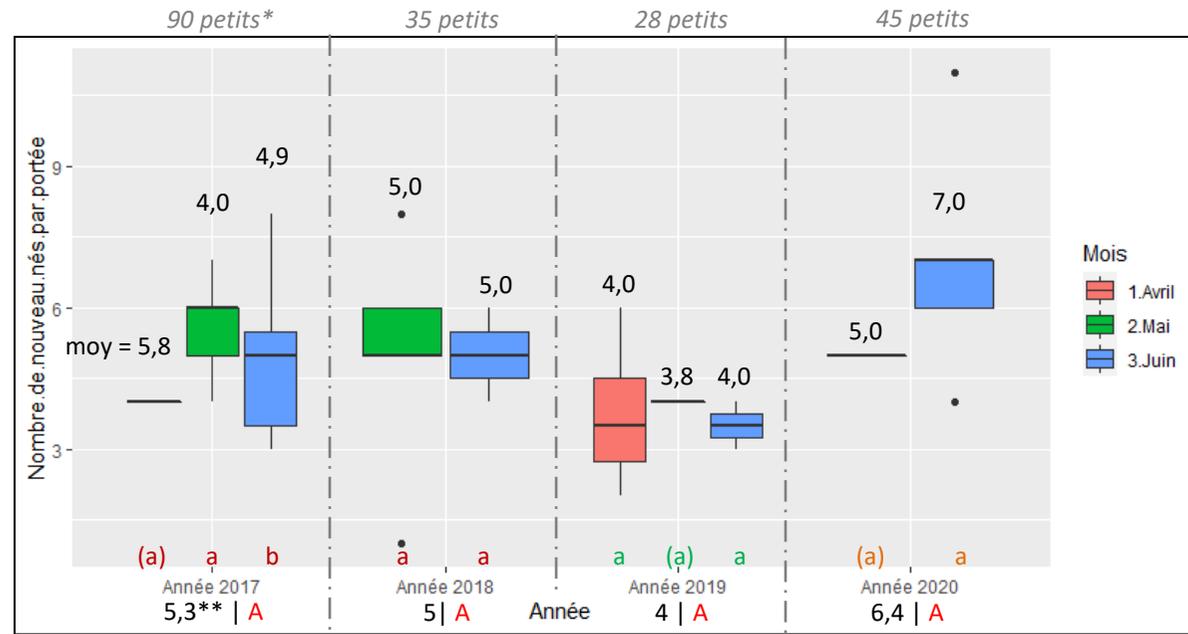
Au-dessus des colonnes en gris : ratio nombre de mâles/femelles ayant eu des petits sur nombre de mâles/femelles à la reproduction par an
 *En-dessous des colonnes : nombre d'animaux ayant déjà réussi à se reproduire l'année précédente

Figure 57b : Pourcentage du nombre de mâles et femelles ayant eu des petits sur le nombre de mâles et femelles à la reproduction à NaturOparC par an



Au-dessus des colonnes : ratio nombre de mise-bas/nombre de couples testés pour énième fois
 NB : ce rapport concerne un même couple sur plusieurs sessions consécutives et non pas sur une même session

Figure 57c : Pourcentage du nombre de mise-bas sur le nombre de couples testés à NaturOparC pour la énième fois, par an



*Nombre de petits nés cette année

**Moyenne du nombre estimé de nouveau-nés par portée sur toute l'année

ab, AB: deux lettres d'une même couleur signifient que les valeurs ne diffèrent pas significativement entre elles.

(a) : une seule valeur dans le groupe

Figure 58 - Boxplots affichant le nombre estimé de nouveau-nés par portée à NaturOparC selon le mois et l'année de mise à la reproduction

Tableau 25 - Tableau regroupant les pesées effectuées par NaturOparC selon le mois de pesée et le mois de naissance

	Date de pesée	Nombre d'animaux pesés		Mois de naissance	Poids moyen selon mois de naissance (g)		Ecart-type selon mois de naissance (g)		
		♂	♀		♂	♀	♂	♀	
Année 2020	Juillet	5	5	Mai 2020	173	132	6,2	11,9	
	Août	18	17	Juin 2020	159,5	129,8	14	16,1	
	Septembre		0	6	Mars 2019	/	292,3	/	50,5
			4	5	Mai 2019	386,6	290,3	82,6	21,2
			4	4	Mai 2020	197,5	159,3	17	15,4
			9	7	Juin 2020	177,1	148,1	21,8	11,6
	Octobre	7	8	Juin 2020	190	145,1	10,4	20,7	

NB : seuls les groupes (un mois de pesée et de naissance donnés) avec au minimum deux individus pesés sont présentés ici

IV.C.4. Bilan de la morbidité et mortalité de 2017 à 2020

Les animaux observés malades de 2017 à 2020 ont tous fait l'objet d'une consultation vétérinaire. Le détail des affections observées est consultable *figures 60a à 60d*. Aussi en 2018, des tests PCR pour la recherche de *Lawsonia intracellularis* ont été réalisés sur des fèces de hamsters de l'élevage. Tous les lots se sont révélés négatifs.

Le bilan de la mortalité de 2017 à 2020 est présenté *figure 59*. Les graphiques *61a à 61b* présentent la distribution des causes de mortalité suspectée. En 2017, seul un jeune de l'année est décédé de manière accidentelle. En 2018, un seul individu est décédé à la suite de blessures à la reproduction. Pour le détail concernant le sex-ratio et l'âge des animaux morts selon la cause, se référer aux tableaux en *annexe IV.C*.

IV.C.5. Bilan des relâchés pour les années 2017 à 2020

Le bilan des animaux relâchés par année est observable dans le *tableau 25* ci-dessous.

	Année 2017	Année 2018	Année 2019	Année 2020
Nombre de hamster relâchés	0	81	31	41
Nombre de femelles	0	31	10	25
Nombre de mâles	0	50	21	16

Tableau 26 - Nombre de hamsters relâchés par NaturOparC déclinés par sexe et année de relâchés

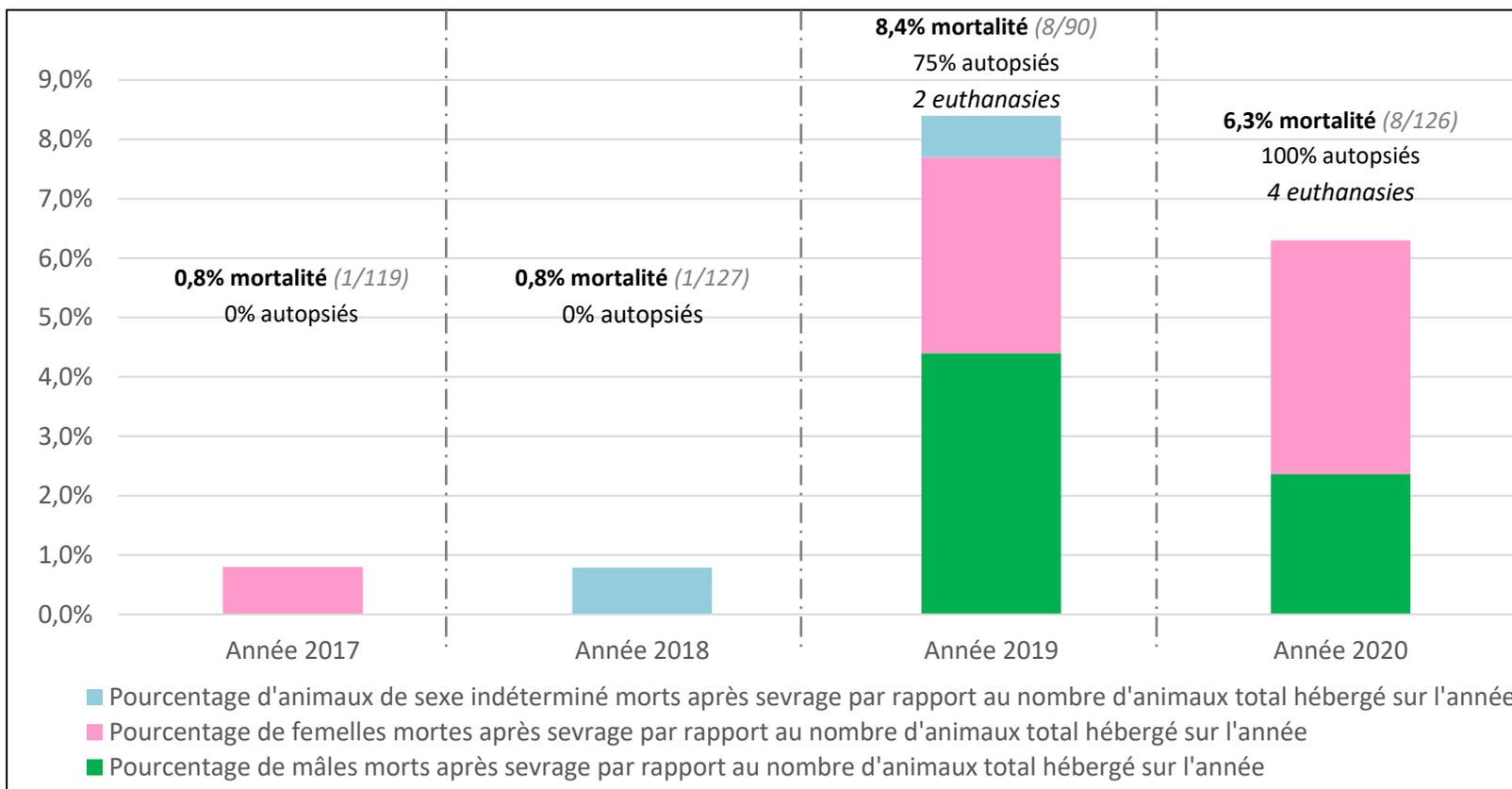


Figure 59 - Pourcentage d'animaux morts à NaturOparC après sevrage par rapport au nombre d'animaux total hébergé au cours d'une année, à partir du 20 juillet 2017 jusqu'à 2020

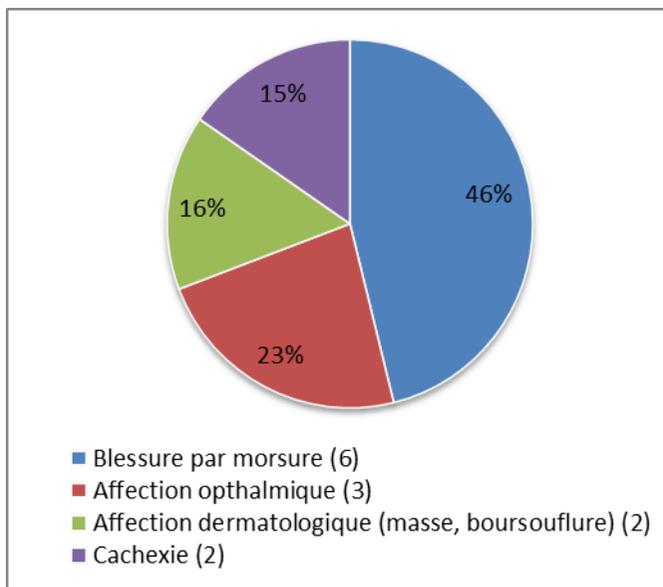


Figure 60a : Distribution des affections à NaturOparC en 2017

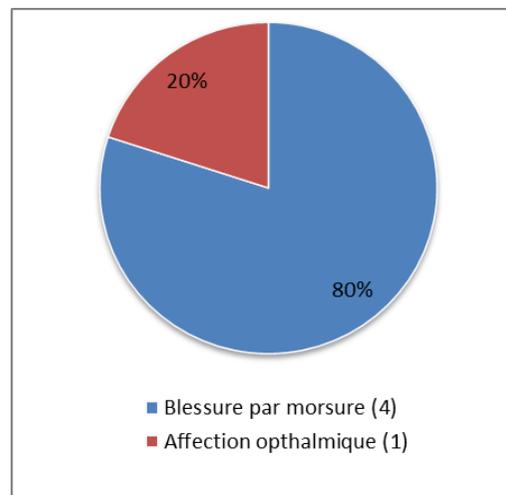


Figure 60b : Distribution des affections à NaturOparC en 2018

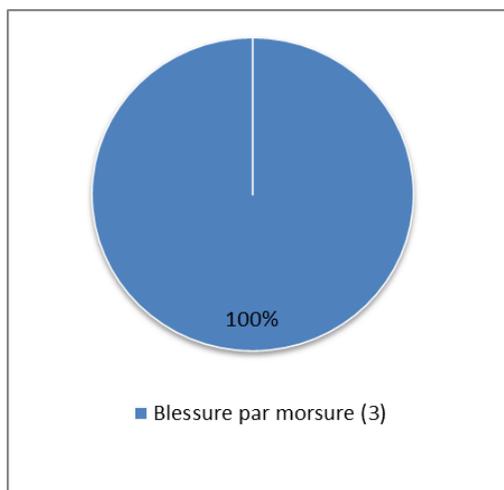


Figure 60c : Distribution des affections à NaturOparC en 2019

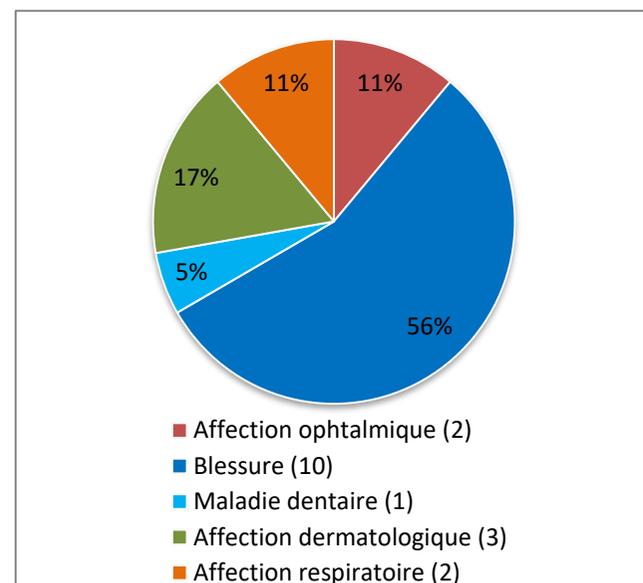


Figure 60d : Distribution des affections à NaturOparC en 2020

Entre parenthèses à côté de chaque cause : nombre de malades associés à chaque cause

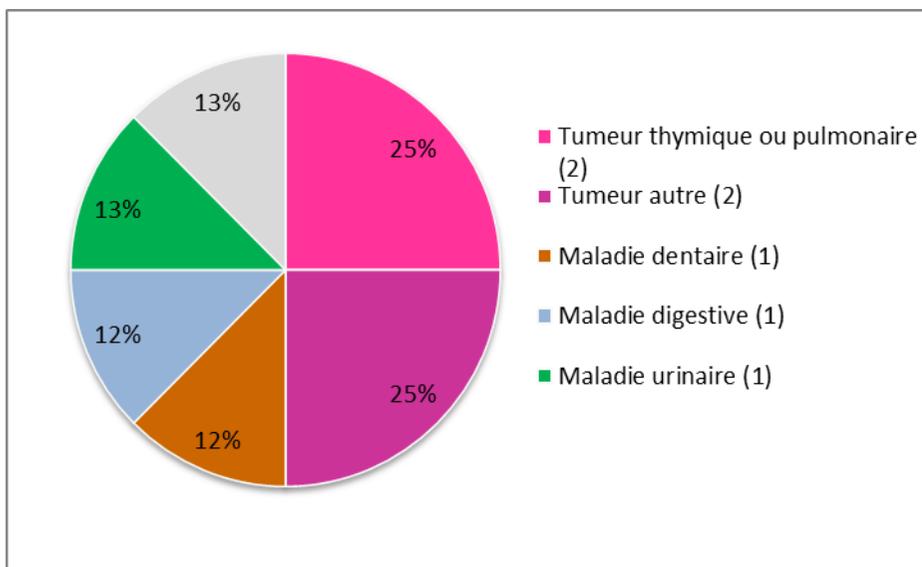


Figure 61a : Pourcentage d'animaux morts à NaturOparC selon la cause en 2019

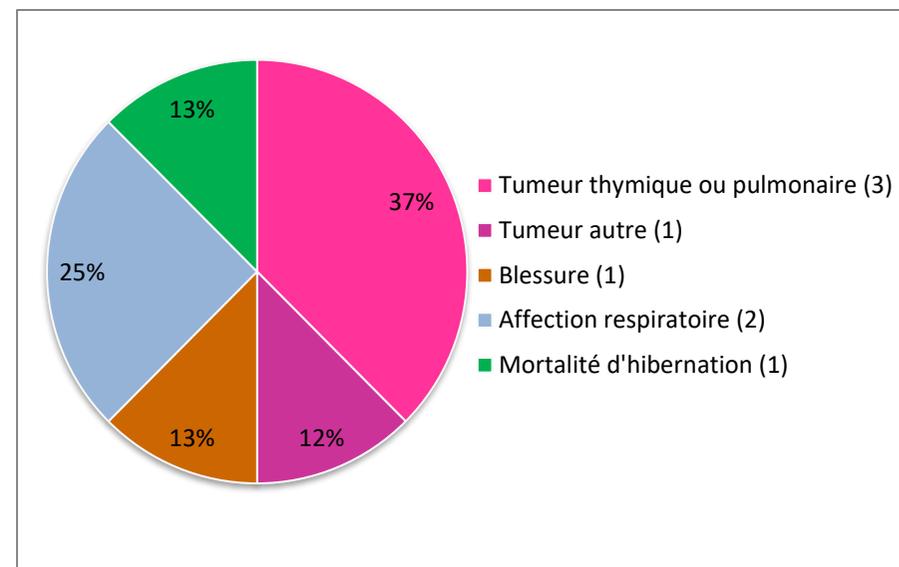


Figure 61b : Pourcentage d'animaux morts à NaturOparC selon la cause en 2020

Entre parenthèses à côté de chaque cause : nombre de morts associés à chaque cause

IV.D. Discussion des résultats obtenus pour l'élevage de NaturOparC

IV.D.1. Adéquation des animaux à leur environnement

IV.D.1.a. Hébergement et bien-être des animaux

Aucune anomalie comportementale pouvant signer une détresse des animaux n'a été rapportée. L'organisation de l'environnement du hamster dans sa propre cage suit le même schéma global que celui observé au SFS avec une compartimentation du lieu de stockage de la nourriture, du nid, et du lieu d'évacuation des excréments. En effet, M. Froliger (NaturOparC) a remarqué, à l'instar de C. Schappler (SFS), que les animaux faisaient leurs besoins, et notamment urinaient, dans un coin de cage bien défini. Le stockage de nourriture, s'effectue également majoritairement près du lieu de construction du nid voire dans le nid pour certains.

Le 8 décembre 2020, 9,2% des individus de l'élevage de NaturOparC avaient leur nid à l'intérieur du terrier en brique selon M. Froliger. Ces individus sont tous nés en 2020 (7 individus sur 47 jeunes). Il convient ici de se poser la question de la forme et notamment de la taille du terrier factice s'il est proposé à des fins de construction du nid comme au SFS. De nouveaux prototypes de terriers factices sont déjà à l'étude à NaturOparC et le premier prototype proposé dans une cage a été utilisé pour la construction du nid de l'individu au cours de l'hiver 2020-2021.

IV.D.1.b. Paramètres d'ambiance

L'élevage de NaturOparC n'a pas pu fournir de relevés de température et d'hygrométrie détaillés de 2017 à 2019. En 2020, la fréquence de relevés de la température montrent des valeurs dans les normes exigées par l'élevage (environ 10°C en hiver, 20°C en été).

Les valeurs d'hygrométrie semblent cependant élevées avec des valeurs au-delà de 70% sur plusieurs mois voire dépassant 80% ponctuellement. Ces observations sont concordantes avec les conditions d'élevage à NaturOparC, le bâtiment hébergeant les hamsters étant entouré de points d'eau (enclos des loutres à proximité immédiate notamment). À l'instar de ce qui avait été discuté concernant les valeurs d'hygrométrie au CNRS (*partie III.D.1.b*), il n'existe pas de données de littérature permettant de conclure sur l'inadéquation de ces valeurs d'hygrométrie.

IV.D.2. Efficacité de la reproduction

De 2017 à 2020, 90 à 100% des couples se sont tolérés durant les 24 heures (parfois répétées) d'observation par les soigneurs. Cependant il est notable qu'un certain nombre de blessés ont pu être observés en comparaison du nombre d'animaux mis à la reproduction (8 à 37% des animaux mis à la reproduction). L'origine de cet état de fait sera discuté dans une prochaine partie en comparant ces résultats aux autres élevages.

Les principales hypothèses sont notamment :

- des couples mis à la reproduction trop tôt avec un statut reproducteur ne permettant pas d'accepter un congénère ;
- une compétition territoriale et/ou une compétition pour l'accès à la ressource alimentaire ;
- un choix individuel de la femelle ou du mâle qui refuse le congénère proposé.

En ce qui concerne la période de gestation, la date d'accouplement exacte n'étant pas connue, il est impossible pour l'élevage de définir un temps de gestation précis pour chaque animal. Les soigneurs relèvent pour chaque couple la date de la mise à la reproduction, la date du retrait du mâle et la date d'observation de la mise-bas. Les moyennes du nombre de jours entre la mise en contact et la mise-bas et du nombre de jours entre le retrait du mâle et la mise-bas sont respectivement de 21 et 11 jours en moyenne sur les 4 années. Cet intervalle large ne permet donc pas de conclure précisément sur la durée de gestation des femelles à NaturOparC, devant se rapprocher de 18 à 21 jours selon la littérature [6].

Par ailleurs, il est important de remarquer que les pourcentages du nombre de mise-bas sur le nombre de couples formés ont été faibles de 2017 à 2020 (20 à 57%). Et notamment, le nombre de femelles ayant mis bas sur le nombre de femelles mises à la reproduction est très variable (37 à 100% selon l'année). Le nombre de mâles ayant eu des petits sur le nombre de mâles mis à la reproduction varie également entre 37 et 100%.

Dans la mesure où il n'y a pas de diagnostics de gestation effectués sur les femelles mises à la reproduction, nous ne pouvons pas savoir ici si ces résultats sont dus à un problème de fertilité (faible taux de gestation malgré accouplements) ou un problème d'avortement/mortalité embryonnaire (taux de gestation normal mais faible taux de mise-bas). En cas de faible taux de gestation, outre l'hypothèse d'un manque de fertilité, il pourrait s'agir d'un problème d'entente entre les individus (faible nombre d'accouplement). En 2017, tous les mâles et toutes les femelles mis à la reproduction ont eu des petits, montrant donc que cette année, l'hypothèse d'un problème de fertilité est à exclure. Bien que durant les autres années seulement 37 à 58% des mâles et 37 à 54% des femelles ont eu des petits, les résultats de 2017 laissent à penser que cette hypothèse est peu probable de 2018 à 2020 également.

L'hypothèse la plus probable pouvant amener à ces résultats serait donc plutôt, dans un premier temps, un problème zootechnique amenant à un faible nombre d'accouplements, sans exclure la possibilité d'avortements dont les causes possibles sont vastes chez les rongeurs. Parmi ces causes, une origine génétique (malformations des petits), des déséquilibres alimentaires, une origine infectieuse, un effet Bruce ou encore un stress intense chez la mère sont possibles [12] [33].

Par ailleurs, il n'y pas de différence significative entre le pourcentage du nombre de mise-bas après la première mise en contact sur le nombre de couples testés pour la première

fois et le pourcentage du nombre de mise-bas après la deuxième mise en contact sur le nombre de couples testés pour la deuxième fois. L'interprétation de ces résultats est toutefois conditionnée par la petite taille de l'échantillon.

Le nombre estimé de nouveau-nés par portée varie de 4 à 6,4 en moyenne de 2017 à 2020 ce qui est indiqué dans la littérature comme étant la norme [6]. Cela montre donc une fécondité dans les normes

IV.D.3. Fréquence des maladies et mortalité

Concernant la fréquence des maladies au cours des quatre dernières années, les affections revenant le plus souvent sont les blessures à la reproduction et les conjonctivites et/ou blépharites. Une discussion autour de ces affections est faite dans la partie suivante (*partie V*).

En 2019, l'élevage a fait face à ses premiers cas de morts dues à des tumeurs. La cause de mortalité la plus représentée a été la cause néoplasique (tumeur thymique et autres types de tumeurs). Ces animaux avaient tous au moins deux ans dont un avait plus de trois ans. Trois parmi ces quatre animaux étaient des hamsters placés en terrarium et dédiés à la présentation au public. Or les animaux placés en terrarium ne sont pas relâchés et sont donc susceptibles d'atteindre des âges supérieurs à deux ans au sein l'élevage. Ce taux de mortalité en 2019, peut donc être expliqué ici par la conservation de ces individus plus âgés. En 2020, la cause néoplasique a été la cause la plus représentée à nouveau et a touché cette fois des individus d'un an (un seul) et deux ans (discuté *partie V.A.3.*).

V. Synthèse et perspectives

V.A. Discussion des protocoles et résultats pour les trois élevages

V.A.1. Adéquation des animaux à leur environnement

V.A.1.a. Conditions d'hébergement et bien-être

Taille des cages

Bien que la détention d'animaux non domestiques en captivité soit encadrée par plusieurs textes législatifs dont l'Arrêté du 8 octobre 2018 fixant les règles générales de détention d'animaux d'espèces non domestiques [47], ceux qui sont destinés à être relâchés (hors centre de soins) dans le cadre de renforcement de population ne sont pas encadrés par une législation propre abordant l'hébergement. Il n'existe pas non plus de réglementation spécifique précisant les conditions d'environnement minimales requises pour des hamsters communs utilisés à des fins scientifiques. De fait, il n'existe pas pour le Grand Hamster de textes de lois sur lesquels s'appuyer pour définir un type de cage standard minimum nécessaire à son bien-être.

L'article 5 de la Convention européenne sur la protection des animaux vertébrés utilisés à des fins expérimentales ou à d'autres fins scientifiques spécifie les tailles de cages

minimales nécessaires au bien-être des animaux classiquement utilisés à des fins expérimentales. La taille de cage nécessaire varie selon la taille et le poids de l'animal ainsi que de l'espèce. Il a été fixé à 800 cm² la dimension minimale du compartiment, 250 cm² minimum la surface au sol disponible, et 14 cm minimum la hauteur de la cage nécessaire au bien-être d'un hamster de plus de 100 g. Il a été fixé à 800 cm² la dimension minimale du compartiment pour les couples et mères avec portée. Ces dimensions sont également spécifiées dans l'arrêté du 1^{er} février 2013 fixant les conditions d'agrément, d'aménagement et de fonctionnement des établissements utilisateurs, éleveurs ou fournisseurs d'animaux utilisés à des fins scientifiques et leurs contrôles, et appliquées depuis le 1^{er} janvier 2017 [48].

Le Grand Hamster étant un animal fouisseur, à l'instar du hamster doré, il a peu de notion de hauteur. Ceci implique l'utilisation de cages offrant une grande surface au sol mais ne possédant pas d'étage afin d'éviter les chutes pour le Hamster doré. Les normes minimales reprises dans une thèse sur l'élevage et la reproduction des rongeurs myomorphes domestiques en France pour le Hamster doré sont : 50x30x30 cm voire 60x40x40 cm pour un animal [33]. Le conseil fédéral suisse a rendu obligatoire dans une ordonnance sur la protection des animaux une surface minimale de 1800 cm² de cage au sol pour un hamster doré seul [49]. L'office fédéral de la sécurité alimentaire et des affaires vétérinaires suisse (OSAV) et la Protection suisse des animaux (PSA) ont également émis des recommandations pour le Hamster doré avec une surface de cage au sol de 5000 cm² minimum (idéalement 1m²) et une hauteur minimale de 60 à 100 cm pour un à deux animaux. Cette hauteur permet d'avoir l'espace nécessaire aux animaux fouisseurs pour creuser dans des bacs profonds [50].

Les recommandations du ministère fédéral de l'alimentation et de l'agriculture allemand concernant l'élevage de mammifères sont de 2m² comme surface minimale d'une cage pour un individu de l'espèce *Cricetus cricetus* (Grand Hamster). Ces recommandations proposent également pour les rongeurs vivant principalement au sol une hauteur de cage d'environ 70 cm pour les grandes espèces comme le Grand Hamster [51]. Bien qu'une dimension de 2 m² puisse paraître attractive à la vue des dimensions d'un terrier de Grand Hamster dans la nature et les distances parcourues en milieu sauvage (voir *partie I.A.2.*). Dans les élevages de grands hamsters allemands, sont principalement utilisées des cages d'une surface de 1 m² au sol selon S. Monecke. Il semblerait par ailleurs, que dans ces élevages où quelques cages de 2 m² ont été testées, les animaux n'utilisent pas toute la surface offerte et ont tendance à n'utiliser qu'un coin particulier de la cage.

Les exigences en termes de cage varient donc selon le pays, le droit et les recommandations vétérinaires. Les élevages du SFS et de NaturOparC possèdent des cages d'une surface au sol de 3600 cm² et d'une hauteur de 40 cm. L'élevage du CNRS utilise des cages d'une surface de 1092 cm² avec une hauteur de 23 cm pour les cages de type III et d'une surface 2242 cm² avec une hauteur de 25 cm pour les cages de type IV.

Tous les types de cages utilisées par les élevages français sont donc largement au-dessus des normes européennes concernant le bien-être du hamster en laboratoire.

Le poids du Hamster doré varie de 85 à 150 g (parfois 180 g) selon l'âge, le sexe et l'individu. Sa taille adulte varie de 13 à 19 cm [33]. Le poids moyen observable chez le Grand Hamster en France est de 220 à 460 g et sa taille de 20 à 27 cm en moyenne (voir *partie I.A.1.*) soit des animaux approximativement au moins 2 fois plus lourd et 1,5 fois plus grand que le Hamster doré. Nous pouvons par extrapolation supposer que la taille de cage minimale nécessaire au Grand Hamster serait légèrement supérieure aux recommandations citées plus tôt pour le Hamster doré du fait de leur différence de taille et de poids. Les recommandations suisses proposent un idéal de surface de cage au sol de 1 m² pour le Hamster doré. Nous pouvons ainsi estimer que la surface au sol de cage la plus satisfaisante pour le Grand Hamster soit au minimum de cette taille. Cependant, une surface au sol de 1 m² par cage, avec la surface des locaux disponibles aujourd'hui, ne permettrait probablement pas d'héberger un nombre suffisant d'animaux pour répondre aux besoins démographiques de renforcement de population du Grand Hamster.

Il est par ailleurs notable que les cages des différents élevages ne permettent pas aux hamsters d'Europe de creuser. En effet, dans la nature le Grand Hamster a besoin d'un sol stable d'une profondeur minimale de 1,20m afin de creuser son terrier [6]. Les bacs (fonds de cage accueillant la litière) présents au SFS et à NaturOparC ont une hauteur de 9-10 cm et ceux du CNRS ont une hauteur de 18 à 20 cm jusqu'au couvercle grillagé. Il pourrait être intéressant de s'inspirer des recommandations suisses et allemandes qui semblent être parmi les seules à proposer une hauteur de cage et plus précisément de bac pour la Suisse, permettant le comportement fouisseur des espèces concernées, avec un minimum autour de 60-70 cm.

Litière

Le ministère fédéral de l'alimentation et de l'agriculture allemand conseille pour les hamsters l'utilisation d'une litière constituée d'un mélange de sable et de terre en quantité suffisante afin de favoriser le comportement de fouissage [51]. En effet, dans la nature, le Grand Hamster a besoin d'un sol profond, stable, non hydromorphe, riche en matière organique, dont font partis les sols de la plaine d'Alsace à structure lœssique, argileuse ou sableuse, pour construire son terrier [6] [39]. Ce type de substrat serait intéressant dans le cas d'obtention de cage à bac profond, mais pour des raisons pratiques et sanitaires et en l'absence de la possibilité de creuser, les substrats actuellement proposés par les élevages sont tout à fait adaptés.

Enrichissements

L'occupation du terrier factice pour la construction du nid par les hamsters semble être élevage dépendant. Cependant, au SFS, 86% des animaux avaient leur nid à l'intérieur du terrier factice fin novembre/début décembre contre 9,2% à NaturOparC. Il n'y a à ce jour, pas de raison évidente expliquant cette différence. Néanmoins, force est de constater que pour les deux élevages, les animaux occupant le plus le terrier factice avec leur nid en hiver sont des jeunes individus nés en cours d'année. La taille de l'animal semblerait être une des hypothèses la plus probable pour expliquer ce phénomène. De ce fait, nous pourrions nous

demander également si les individus conservés à NaturOparC ne seraient pas plus grands en moyenne que les individus du SFS, ce qui pourrait expliquer une moindre occupation des terriers factices à NaturOparC. Les données présentées de 2017 à 2020 ne permettent pas de comparer sans biais les poids des individus des deux élevages. Une comparaison des résultats de pesées harmonisés sur les années à venir pourraient confirmer ou infirmer cette hypothèse. Le diamètre des galeries de hamster est en moyenne de 7 cm et varie de 4 à 10 cm selon la littérature en sachant que le diamètre de la galerie est fortement corrélé à la taille des individus [33] [6] [19]. Une étude a également montré que le diamètre de galerie idéal pour la fuite de tout individu serait de 10 cm [9]. Ici le diamètre du terrier factice est de 13 cm et ne représente donc pas une contrainte d'accès pour le Grand Hamster. Cependant la taille des chambres dans un terrier sauvage serait de 25x30x20 cm soit de 15 000 cm³ contre environ 4000 cm³ pour le terrier factice du SFS et de NaturOparC, ce qui pourrait expliquer que les individus plus grands soient plus réticents à y installer leur nid [6] [19]. Aussi, le caractère juvénile des animaux peut influencer l'installation dans les terriers factices. En effet, les jeunes individus sauvages construisent des terriers moins profonds que les adultes avec moins de galeries et moins de chambres, ce qui pourrait expliquer une plus grande tolérance pour la simplicité du terrier factice proposé pour les jeunes en captivité [6] [19].

Au CNRS, les tubes en PVC sont de 16 cm de diamètre pour les grands tubes et 6 cm pour les petits tubes. Les petits tubes du CNRS sont donc de taille nettement insuffisante pour un animal adulte mais peuvent convenir à de très jeunes animaux. Les grands tubes seraient de taille suffisante, malgré une occupation variable selon l'individu d'après les observations des soigneurs du CNRS. L'hypothèse de préférences individuelles dans le choix de l'occupation du terrier factice pour le stockage de nourriture ou la construction du nid est renforcée par les observations du CNRS.

Par ailleurs, les matériaux préférés des hamsters pour la construction du nid sont ceux qui permettent aux animaux de réaliser facilement un nid tels que du papier essuie-tout ou des mouchoirs. Il est déconseillé d'utiliser du foin grossier ou des matériaux pouvant former des fils très fins (ouates, tissus) car ces derniers peuvent occasionner des blessures. Des lanières de bois ou fibre de bois sont également utilisables [33] [50] [52] [53]. Les terriers de Grand Hamster sont majoritairement recensés dans les parcelles agricoles contenant des légumineuses (principalement luzerne) et des céréales à paille d'hiver (principalement blé et orge) [9] [39]. Ces végétaux constituent de fait les premiers matériaux utilisés pour la construction du nid. La litière de lin utilisée par le SFS et NaturOparC sous forme de paillis, très prisée par les hamsters pour la formation de leur nid en complément de la fibre de bois, paraît donc être une très bonne ressource afin de constituer une base végétale du nid proche de ce qui se trouve dans la nature.

Bien-être animal

Les élevages se questionnent aujourd'hui beaucoup sur les conditions idéales permettant d'assurer le bien-être des individus tout en optimisant leurs chances d'adaptation et de survie après relâchés.

Il est notable que la santé des animaux est actuellement préservée au mieux dans les élevages, ce qui permet de cocher aisément les premiers niveaux de la pyramide des cinq libertés (*figure 62*), échelle communément utilisée dans le domaine de l'éthique animal et validée par l'Organisation mondiale de la santé animale (OIE). [54]

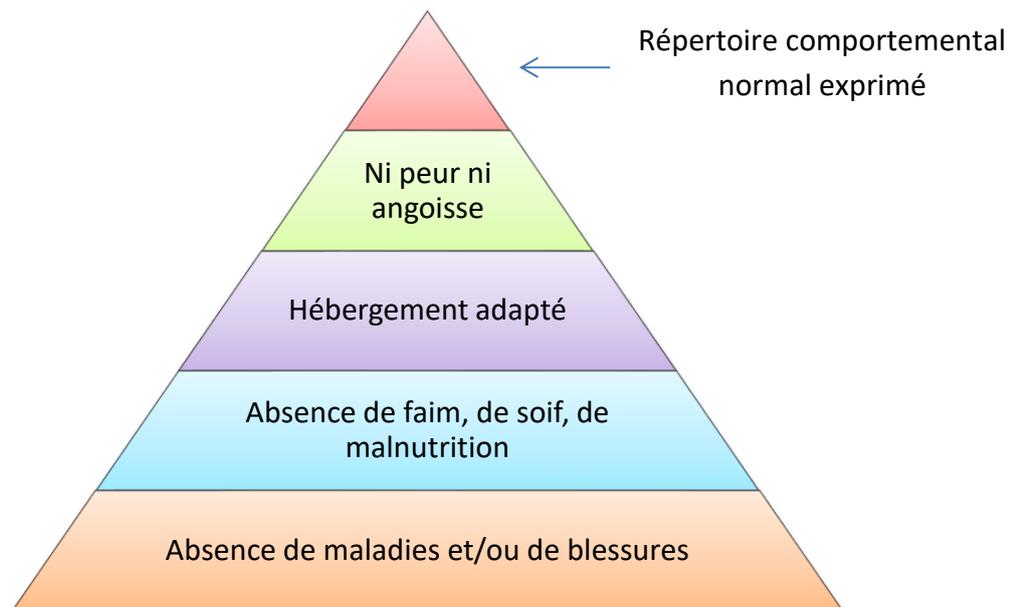


Figure 62 - Bien-être animal, les 5 libertés

Cependant il est difficile d'évaluer de manière très approfondie le bien-être du Grand Hamster en captivité. Une grille de *scoring* comprenant divers indicateurs de bien-être, à ce jour encore méconnus, pourrait être un objectif à concrétiser à court/moyen terme. Des indicateurs de détresse des animaux pourraient également être joints à cette grille.

Parmi les élevages, deux ont des particularités qu'il est intéressant de relever :

- les cages transparentes au CNRS autorisent les animaux à se voir entre eux alors que le Hamster commun est un animal solitaire, ce qui pourrait causer un stress chez les animaux ;
- l'élevage de NaturOparC a des résultats de reproduction plus faibles qu'espérés, pouvant être dans une moindre mesure, secondaires à un stress des animaux.

Seulement, aujourd'hui, ce ne sont que des suppositions sans observations cliniques fondées. Dans le cadre de l'approche du bien-être animal chez le Grand Hamster évoquée plus tôt, il serait intéressant de mener une étude permettant de quantifier le stress des animaux dans chaque élevage en considérant bien ici qu'il ne s'agirait pas de discuter d'un stress

instantané (exemple : passage d'un soigneur ou manipulation) mais plutôt d'un stress chronique plus élevé dans l'un ou l'autre des élevages. Comme le Grand Hamster est un animal sauvage dont les spécificités comportementales ne sont pas encore bien connues, il serait difficile d'identifier de manière fiable un stress chronique par simple observation des animaux. Or, on retrouve dans la littérature la possibilité de mesurer le taux de glucocorticoïdes dans les fèces des rongeurs afin d'évaluer leur stress. C'est une méthode objective et non invasive qui pourrait être réalisée dans le cadre d'une étude ciblée sur le bien-être du Hamster commun en captivité [55] [56] [57] [58].

V.A.1.b. Paramètres d'ambiance

Le choix des températures consignes en hiver et en été dans les trois élevages (respectivement 10 et 20°C) concordent avec le climat alsacien [59]. Deux grandes transitions sont faites dans l'année (10 à 20°C et inversement). Cependant, au CNRS ces transitions se font sur trois semaines en mars et en septembre alors qu'elles sont plus lentes dans les autres élevages où elles se font plutôt sur plusieurs mois en s'adaptant aux températures extérieures.

Par ailleurs, la méthode de régulation de la température est ce qui différencie dans un premier temps les trois élevages. Le matériel utilisé n'est pas le même. L'élevage du CNRS gère l'ensemble de ses paramètres d'ambiance à partir d'un système entièrement automatisé avec un tableau de bord permettant simplement de choisir la température consigne. L'élevage du SFS suit ses paramètres d'ambiance en temps réel grâce au logiciel en lien avec les sondes de l'élevage mais doit choisir quand et comment réguler son système de pompe à chaleurs centralisé complété d'aérothermes. L'élevage de NaturOparC suit ses paramètres d'ambiance à partir d'un thermomètre et doit choisir quand et comment réguler ses systèmes de chauffage sur sonde et de climatisation. Ainsi, en l'état, la comparaison des valeurs de température/hygrométrie relevées entre les élevages n'est pas totalement fiable car elles ne sont pas mesurées avec le même appareillage.

Concernant l'éclairage, pour le moment, seul l'élevage du SFS a en sa possession des données sur l'intensité lumineuse dans les cages. Il serait intéressant à l'avenir de synchroniser plusieurs relevés de luminosité entre les trois élevages en variant heure, jour et saison afin d'avoir une base de données exploitable en termes de luminosité. La valeur maximum recommandée dans une thèse sur l'élevage de rongeurs domestiques est de 130 lux au niveau des animaux pour les hamsters de compagnie dont le Hamster doré (également un animal fouisseur). [33] Peu de données sont disponibles concernant les valeurs maximales conseillées en journée pour le hamster commun.

Aussi, il est important de rappeler que le Grand Hamster passe 95% de son temps dans son terrier dans la nature donc à l'obscurité. En captivité, malgré la possibilité de se cacher sporadiquement dans son terrier factice, les animaux doivent se déplacer dans la cage, de leur stock de nourriture au nid et à leur coin d'évacuation des excréments, qui ne sont pas nécessairement à l'obscurité. Au SFS, il est notable qu'au fond des cages, espace privilégié par les animaux pour l'ensemble de leurs activités, l'intensité lumineuse est faible (< 37 lux dans

la salle 1, < 93 lux dans la salle 2). Il est à ce jour encore difficile d'évaluer si ces différences avec le milieu naturel impactent significativement la physiologie ou le comportement du Grand Hamster en captivité et si cela peut avoir un effet sur leurs comportements une fois relâché.

Le rythme d'éclairage est par ailleurs bien respecté dans les trois élevages puisque tous essaient de correspondre au mieux à la photopériode naturelle.

V.A.2. Efficacité de la reproduction

V.A.2.a. Gestion de la génétique d'élevage

Il a pu être observé par C. Schappler (SFS) une augmentation notable des taux de consanguinité calculés annuellement ces trois dernières années. En complétant les données de généalogie des ancêtres élevés au CNRS en 2015/2016 et à partir des estimations de taux de consanguinité réalisés par ZooEasy, C. Schappler estime qu'en 2021, il ne sera pas possible d'accoupler des individus donnant une descendance avec un taux de consanguinité inférieur à 2%. L'ensemble des taux de consanguinité sera compris entre 2 et 6%. De même, M. Froliger observe désormais des taux de consanguinité de 1,25% minimum et place désormais un maximum à 4%. Il pourrait être intéressant pour les trois élevages de se concerter sur leurs chiffres à partir de données généalogiques homogénéisés jusqu'aux plus vieux ancêtres connus. Aussi, étant donné l'augmentation des taux de consanguinité obtenus, d'autres méthodes de sélection des couples pourraient être employées (voir *partie V.B*).

V.A.2.b. Gestion zootechnique de la reproduction

Les résultats du SFS en avril suggèrent des difficultés dans l'accouplement des individus sélectionnés (voir *partie III.C.2.*) comparés aux autres mois. Les individus de NaturOparC présentent également des difficultés à s'accoupler à cette période, avec de surcroît, de forts pourcentages de blessés comparés aux autres élevages. Il est possible qu'à cette période, les individus et notamment les femelles, ne soient pas aptes à accepter leur congénère pour l'accouplement. Selon certaines études, le développement des organes sexuels (au repos en phase de photopériode courte) commence à partir d'une durée d'éclairage journalière supérieure à 13 heures, durée journalière atteinte à partir d'avril en Alsace. Les mâles et femelles sont aptes à se reproduire quelques semaines suivant cette transition. À ce moment, les testicules descendent dans le scrotum et leur diamètre augmente. Lorsque les femelles sont prêtes à accepter le mâle, la vulve présente un gonflement et l'ouverture vaginale est plus grande [60] [33]. L'éclairage naturel du SFS et de NaturOparC permet donc aux animaux d'avoir 13 heures de jour à partir d'avril. L'éclairage artificiel supplémentaire couvre également 13 heures de jour au SFS à partir d'avril mais ce temps n'est jamais atteint à NaturOparC. Ainsi, il est important de rester vigilant sur la photopériode offerte aux animaux afin de mieux sélectionner la période de premières mises à la reproduction.

Par ailleurs, NaturOparC présente un nombre de blessés à la reproduction supérieur au celui du SFS et un nombre de naissances plus faible. Ces résultats peuvent être secondaires

à une luminosité et une photopériode insuffisantes impactant le développement saisonnier des organes sexuels comme spécifié au paragraphe précédent mais peuvent également résulter d'autres choix zootechniques.

Il pourrait s'agir du fait que les individus ne sont pas mis en contact indirectement comme au SFS les jours précédant le déplacement du mâle dans la cage de la femelle. Cependant, ce n'est pas le cas également au CNRS et cela ne semble pas être un facteur impactant la reproduction malgré le cadre expérimental.

Il pourrait aussi s'agir de compétition territoriale ou alimentaire. Le personnel animalier du CNRS a décidé spécifiquement de ne pas fournir de granulés en libre service à l'intérieur des cages des couples afin d'éviter tout conflit pour la ressource. Au contraire, les soigneurs de NaturOparC ont décidé d'en fournir afin d'éviter qu'un des deux individus du couple n'ait pas accès à la nourriture si le second l'empêche d'avoir accès au râtelier. Or, les couples présents au SFS reçoivent des poignées de mélanges de graines à l'intérieur de la cage sans que cela ait impacté le succès reproductif.

Une des seules différences notables qui pourrait indirectement expliquer un défaut d'accouplement serait l'utilisation d'une cage propre suite à la mise en contact au SFS et au CNRS, tandis que le mâle est directement placé dans la cage de la femelle à NaturOparC.

Aujourd'hui, malgré une comparaison méticuleuse avec les pratiques des autres élevages, il n'y a pas de raison zootechnique évidente expliquant les résultats obtenus par NaturOparC.

Il serait intéressant d'avoir une idée réelle du taux de gestation dans l'élevage de NaturOparC, mais aussi dans les autres élevages, afin de pouvoir exclure de potentiels avortements. Le diagnostic de gestation chez le hamster n'est cependant pas aisé. Les méthodes les moins invasives sont possibles mais sont trop tardives ou de sensibilité faible. Ainsi, en faisant le parallèle avec les méthodes employables pour le Hamster doré, l'observation du tissu mammaire devenant rosé deux jours avant la mise-bas est une méthode sensible mais trop tardive. La pesée des femelles supposées gravides est une méthode facilement employable mais peu sensible car la différence de poids n'est pas toujours significative compte-tenu des faibles poids des foeti. Il serait possible de vérifier si la femelle se retrouve en chaleur dans les 5 jours suivant le retrait du mâle en regardant la taille de la vulve et la présence d'écoulement signant alors l'absence de fécondation. Cette méthode pourrait être employée en première intention, à l'instar des pesées, mais est peu sensible car dépend directement de la possibilité d'observation par le soigneur, et ce sans manipuler l'animal [33]. D'autres méthodes plus coûteuses pourraient permettre une plus grande objectivité. Notamment les femelles en gestation étant beaucoup moins actives, il serait possible d'étudier leurs mouvements par caméra avant et après mise à la reproduction. Enfin, une des méthodes les plus fiables et utilisées pour d'autres espèces serait l'échographie. Or, cela nécessiterait d'anesthésier les femelles et le Dr Capber rapporte une certaine difficulté à

obtenir des résultats conclusifs en début de gestation, ce qui ne permettrait pas d'exclure des avortements précoces.

Par ailleurs, les éleveurs de NaturOparC ont observé un plus grand pourcentage de blessés à la reproduction que dans les deux autres élevages. L'origine de cet état de fait reste à explorer mais suggère dans un premier temps un problème de gestion zootechnique de la reproduction.

À court terme, il serait de fait plus simple pour NaturOparC de synchroniser ses méthodes zootechniques sur celles du SFS afin de voir si les résultats en termes de reproduction s'améliorent. Il s'agirait alors d'homogénéiser au minimum l'alimentation, les méthodes de sélection des individus d'un point de vue génétique et les méthodes de gestion des mises à la reproduction. En l'absence d'amélioration, différentes méthodes pourront être tentées sur un échantillon de femelles à la reproduction afin d'investiguer la possibilité d'avortements.

V.A.3. Fréquence des maladies et mortalité

Une des causes de mortalité la plus représentée chaque année dans les trois élevages est la cause néoplasique, notamment les tumeurs thymiques et pulmonaires. Il ne s'agit pas d'une observation surprenante, les maladies néoplasiques étant très représentées chez les rongeurs, y compris chez le Grand Hamster avec une forte prévalence de thymomes, pouvant apparaître même à un jeune âge et surtout chez les mâles. [61] [62] Cependant, différencier macroscopiquement une tumeur pulmonaire d'une tumeur thymique ou médiastinale est parfois subtile à l'autopsie selon le Dr F. Capber, notamment en raison de l'état de conservation des animaux. Il est possible que certaines tumeurs classées pulmonaires aient été en réalité des tumeurs thymiques ou médiastinales et inversement, d'où la précaution de ne pas distinguer ces deux causes dans les graphiques de mortalité au cours de cette étude. Des analyses histologiques de ces tumeurs permettraient de conclure définitivement sur leur nature. Mais cela nécessiterait de ne pas congeler les cadavres avant autopsie.

Le pourcentage de morts à NaturOparC est le plus faible des trois élevages ce qui pourrait s'expliquer par moins de mortalité à l'hibernation. En effet, un certains de nombres de morts attribués à de la mortalité en hibernation sont chaque année relevés au SFS et au CNRS. Les causes de mortalité en cours d'hibernation dans les élevages sont à ce jour inconnus. Les taux de mortalité rapportées dans la nature en phase d'hibernation sont variables. Certains auteurs ont observé une mortalité hivernale de 16,7% chez l'adulte et de 50% chez les juvéniles dans le cadre de suivi de populations par marquage/recapture. D'autres rapportent que 50 à 60% des grands hamsters ne survivent pas à l'hiver faute de réserves suffisantes ou de maladies concomitantes [63] [6]. Les taux observés dans les élevages sont donc bien inférieurs. Le faible taux de mortalité en hibernation observé dans les élevages comparé à ce qui a été observé dans la nature pourrait être en lien avec de bonnes conditions d'hygiène des animaux et des conditions zootechniques et de préparation à l'hibernation plus stables. Le fait que NaturOparC soit l'élevage qui en ait le moins pourrait être directement en

lien avec l'absence de maladies infectieuses diagnostiquées au cours des quatre dernières années [64]. Aussi, l'observation d'un nombre de morts en hibernation élevé au SFS fin 2017 conforte cette hypothèse. En effet, l'arrivée d'animaux provenant du CNRS suite au vide sanitaire, dans un nouvel environnement pouvant engendrer d'une part un stress intense suivi d'une baisse d'immunité et amenant d'autre part à un changement de microbisme dans l'environnement des animaux, a pu favorisé le développement de certains pathogènes augmentant la mortalité en cours d'hibernation.

Par ailleurs, les élevages du CNRS et de NaturOparC ont présenté des cas de malocclusions dentaires des incisives ces dernières années avec quatre cas observés au CNRS et un cas à NaturOparC. Différentes hypothèses sont possibles concernant ces malocclusions :

- une origine génétique causant une malposition/malocclusion des incisives qui ne s'usent pas correctement ;
- une cause environnementale et notamment l'utilisation de biberon qui n'est pas adapté à la morphologie buccale des rongeurs ;
- une alimentation inadéquate ne permettant pas d'user correctement les incisives [65].

Au CNRS, trois des individus ayant présenté ces malocclusions sont fortement apparentés (une mère et ses deux petits) laissant supposer en première hypothèse une origine génétique. Le quatrième cas présentait une cachexie mais il n'a pas été possible de savoir si la baisse de prise alimentaire était à l'origine de la malocclusion ou inversement. Les biberons utilisés peuvent également être à l'origine de ces malocclusions et si davantage de cas sont observés, le type de biberon pourrait être remis en cause. Il sera toutefois difficile de respecter le gold standard qui serait de proposer l'eau en gamelle dans cette conformation d'élevage car cela impliquerait d'intervenir tous les jours afin de changer l'eau de la gamelle, et donc, ouvrir les cages des animaux ce qui n'est pas pensable en termes de stress, d'habituation à l'homme et de sécurité des soigneurs face aux morsures.

Par ailleurs, l'élevage de NaturOparC est le seul des trois élevages à présenter des cas de conjonctivites et blépharites chaque année, ainsi que des animaux présentant des troubles respiratoires. Les premières hypothèses pouvant expliquer ces affections sont notamment :

- une forte teneur en ammoniac dans l'air en cas de mauvaise ventilation, densité animale trop importante et/ou de nettoyage des cages trop peu fréquent ;
- un problème de poussières en grande quantité dans l'élevage ;
- une origine infectieuse [66] [42] [67].

Selon une source s'intéressant à l'élevage de hamsters de compagnie, le taux d'ammoniac devient irritant pour les voies respiratoires et les yeux à partir d'une concentration de 8 ppm. Aussi, pour mesurer ce taux il est possible d'utiliser un appareil de mesure spécifiquement dédié. Une odeur d'ammoniac est perceptible à partir de 5 ppm dans la pièce [33]. Or, les élevages du SFS et NaturOparC ont une densité d'animaux par m³ similaires (respectivement 0,5 et 0,6 individus/m³) et l'élevage du CNRS a une densité

d'animaux supérieure aux deux autres élevages dans certains box (3,4 individus/m³). Pourtant, les animaux des élevages du SFS et du CNRS n'ont pas de problèmes d'irritation des voies respiratoires et des yeux. Il ne s'agirait donc pas là d'un problème de densité trop élevée en ce qui concerne NaturOparC. Aussi, la fréquence de changement de litière est similaire à l'élevage du SFS excluant un problème d'hygiène concernant le nettoyage des cages. Il pourrait également s'agir d'un problème de ventilation. En élevage de hamsters de compagnie, la recommandation est de 0,30 m/s soit 10 à 20 changements d'air par heure selon la densité animale et le volume de la pièce [33]. La qualité de la ventilation serait donc également à étudier. Enfin, afin de limiter la mise en suspension de particules dans l'air, il serait mieux de limiter l'entrée d'aliments poussiéreux dans la pièce d'élevage et de bien penser à nettoyer la poussière devant et sur les cages avec un matériel qui accroche mais ne la répand pas dans la pièce.

V.A.4. Choix des individus destinés aux relâchés

L'ensemble des trois élevages relâchent des individus de minimum un an d'âge. Les nouveau-nés de l'année ne sont jamais relâchés dans les mois qui suivent afin de les préserver d'une mauvaise hibernation et de leur permettre d'atteindre de manière certaine la maturité sexuelle avant relâché. Cette méthode de sélection des individus à relâcher est discutée dans la littérature. En effet, il semblerait que les jeunes hamsters communs d'environ un an élevés en captivité et réintroduits ont des taux de survie plus faibles dans la nature (1% pour les mâles, 5% pour les femelles) que les jeunes individus sauvages [40]. Les nouveau-nés sauvages sembleraient apprendre plus rapidement et efficacement à faire face aux risques de leur milieu naturel que des jeunes conservés en captivité. Ainsi, relâcher les nouveau-nés rapidement après le sevrage pourraient garantir des chances de survie supérieures dans la nature. De plus, certains individus pourraient atteindre la maturité sexuelle et se reproduire dès l'année de leur naissance [40]. Aussi, une étude récente réalisée par le CNRS a prouvé que les juvéniles présentaient naturellement (sans séjour en milieu naturel préalable) un comportement plus adapté face à un prédateur [68]. Cette dernière observation tendrait à appuyer cette méthode de conserver le moins possible les juvéniles en captivité afin qu'ils ne perdent pas leur instinct.

V.A.5. Suivi quotidien des animaux

Nous avons abordé plus tôt (*partie III.D.1.a*) le risque d'habituation du fait des cages transparentes au CNRS. Le temps passé par les soigneurs par animal chaque jour est, selon estimation du personnel animalier du CNRS, cinq fois supérieur (cinq minutes) au temps estimé par les soigneurs des deux autres élevages (maximum une minute par animal et par jour). Ce temps est directement en lien avec le cadre réglementaire en laboratoire qui implique de voir et observer chaque individu au moins une fois par jour. Cependant, la visibilité que les animaux ont sur les soigneurs n'est pas le seul élément pouvant favoriser le phénomène d'habituation à l'homme. Les rongeurs ont un odorat particulièrement sensible et il est de ce fait notable que même si les animaux se cachent dans leur terrier factice, la présence du personnel animalier pendant une longue durée dans les box (18m³ en moyenne)

peut habituer les animaux à la présence de l'homme. Aujourd'hui, nous ne pouvons pas estimer le temps maximum quotidien à partir duquel un phénomène d'habituation pourrait apparaître au long terme chez les animaux, mais le temps de présence doit dans tous les cas être réduit au strict nécessaire dans les élevages.

V.A.6. Suivi d'élevage et relevé de données

Les méthodes de suivi d'élevage et les données relevés sont très différentes entre les élevages. Une synchronisation de ces relevés permettraient d'affiner les études réalisables par la suite.

V.B. Proposition d'améliorations des protocoles à court et moyen terme

Cette partie a pour but de proposer des objectifs à concrétiser à court terme (dans l'année) et à moyen termes (dans les 2-3 prochaines années). L'ensemble de ces recommandations pourront servir à la rédaction du nouveau cahier des charges standardisé des élevages, défini dans la fiche action 4.1 du PNA 2019-2028.

V.B.1. Harmonisation des données à court terme

V.B.1.a. Données sur les effectifs et mouvements d'animaux

Les données concernant les effectifs transmises par les différents élevages étaient de format et de contenu variables. À ce jour, le cahier des charges stipule que dans le registre, pour chaque animal élevé, doivent figurer les informations suivantes : « élevage de provenance, date de naissance, sexe, père et mère, date de sortie, de décès, date d'entrée, code d'identification et numéro du transpondeur implanté ». L'ensemble de ces informations sont relevées de manière globalement homogène en ce qui concerne le registre « officiel » papier, avec quelques spécificités entre les élevages. Les versions informatisées des registres ont cependant de formats très différents avec parfois des données dispersées dans d'autres documents et non dans le même fichier, ce qui modifie la lisibilité des registres au premier abord si mis en parallèle. Par ailleurs, le CNRS est le seul élevage à entrer tous les individus nouveau-nés y compris mort-nés dans son registre. Le nombre d'individus mort-nés ou morts avant sevrage sont conservés dans d'autres fichiers par les élevages du SFS et de NaturOparC. Or, selon l'article 9 de l'arrêté du 8 octobre 2018 fixant les règles générales de détention des animaux d'espèces non domestiques, le registre doit être renseigné le jour même à chaque événement concernant un spécimen (y compris une naissance). Ainsi, les registres d'entrée et de sortie, à minima les versions officielles papier, doivent contenir tous les individus nés dans l'élevage avec leur date de décès suspectée, afin de faciliter le dialogue et les échanges de données entre les élevages. Pour les mêmes raisons mais également à des fins de suivi généalogique précis, il serait intéressant que les élevages entretiennent un registre informatisé, de format homogénéisé entre les trois élevages, regroupant tous les éléments cités par le cahier des charges.

Enfin, le cahier des charges actuel stipule que : « Chaque année, avant le 31 décembre, les informations précitées sont synthétisées et transmises annuellement à la préfecture (DREAL). Ce bilan contient notamment les informations suivantes : nombre d'animaux produits, entrés et sortis et ce, ventilés par sexe en précisant, d'une part, les provenances et, d'autre part, les motifs de sortie ; pyramide des âges et sexe. ». Les effectifs transmis par les élevages ont pour la plupart été relevés à des dates différentes. Il est possible de recalculer le nombre d'individus à une date donnée en étudiant les registres sur plusieurs années, cependant un point annuel fixé avant le 31 décembre de l'année en cours faciliterait la comparaison des effectifs annuels à un temps t entre les élevages. De même, un bilan des entrées et sorties de l'année pourrait être réalisé ponctuellement à la même date en ventilant les chiffres par âge et par sexe comme stipulé par le cahier des charges. Ce point annuel permettrait donc de connaître : le nombre d'animaux que possède l'élevage à cette date, leurs âges groupés par intervalles convenus entre les élevages et le nombre de mâles et de femelles. L'utilisation d'un logiciel référençant l'ensemble des individus faciliterait ce regroupement de données.

V.B.1.b. Suivi du développement des animaux

Les trois élevages réalisent des pesées des animaux mais à des âges et périodes de l'année différentes. Le nombre de pesées annuel est adaptée au nombre d'animaux hébergés et à la zootechnie. Pour rappel, l'élevage du SFS pèse tous les animaux au moment de la pose de transpondeur uniquement, le CNRS les pèse à la pose de transpondeur et mise à la reproduction, enfin NaturOparC ne les pesait pas régulièrement avant 2020 mais prévoit de le faire à chaque sortie de cage à partir de 2021. Ces données de poids ne sont pour l'instant pas toujours conservées dans un fichier précis regroupant tous les poids associés aux animaux.

Il serait intéressant d'avoir un suivi régulier des poids des animaux au cours de leur croissance, de manière synchronisées entre les élevages, tout en prenant en compte la variation annuelle du poids du Grand Hamster. Ces pesées seraient notamment pertinentes au moment :

- de la séparation des portées et la pose de transpondeur, ce qui permettrait de comparer la croissance entre les individus en intra et inter-élevage ;
- de la mise à la reproduction, pour les mâles et femelles, ainsi qu'au retrait de la mère afin d'investiguer l'impact de la reproduction sur le poids des animaux en intra-élevage et inter-élevages, et s'il existe une différence significative, mettre cela en parallèle avec les résultats de reproduction ainsi que l'état de santé des animaux ;
- de la période pré-hibernation (un mois avant début des entrées en torpeur) et après hibernation (à minima les individus reproducteurs lors de la mise à la reproduction) afin d'envisager d'autres études par la suite portant par exemple sur les causes de mortalité en hibernation ;
- des relâchés, afin d'avoir un regard sur l'influence du poids sur la qualité des relâchés en cas d'étude de terrain par la suite.

Ces pesées sont envisageables car les soigneurs ont la possibilité de peser l'animal dans sa boîte de transport à chaque déplacement normalement prévu pour des besoins zootechniques. Dans un but de préservation des animaux aussi bien de l'habitation à l'homme que d'un stress inutile, il serait préférable de limiter les manipulations spécifiquement pour les pesées. Néanmoins, le poids représente un des paramètres de suivi individuel des animaux les plus simples et les moins invasifs à relever. Il permet notamment de surveiller l'impact de changement protocoles par exemple et de détecter en première intention des anomalies de l'état de santé des animaux. Un équilibre entre dérangement des animaux, suivi de poids et possibilité technique de réaliser ses pesées par les éleveurs, doit être trouvé. Il est par ailleurs tout à fait envisageable qu'un certains nombres d'animaux sentinelles choisis aléatoirement dans l'élevage soient pesés plus régulièrement que les autres.

V.B.1.c. Suivi des paramètres d'ambiance

La température dans un terrier de Grand Hamster varie peu, car ce dernier bouche son terrier à l'entrée en hibernation afin de stabiliser la température et notamment éviter un gel en conservant la température au dessus de 0°C. De même en période de chaleur, le terrier permet d'obtenir des températures plus fraîches qu'en extérieur : c'est le principe de la « grotte », « chaude » en hiver et « fraîche » en été [6] [15]. Il serait de fait pertinent de réaliser au moins deux relevés de température par jour dans les pièces d'élevage afin de mesurer ces écarts journaliers de température pour pouvoir les étudier et les corrélés à la santé des animaux en cas d'écart important. De plus, il serait intéressant de synchroniser les heures de relevés de température journaliers entre les trois élevages afin de mieux les comparer, ou à défaut, que chaque élevage relève les valeurs de température minimale et maximale quotidiennes.

Le choix des températures sur l'année est déjà synchronisée entre les trois élevages dans la mesure où 10°C est la température moyenne recherchée en hiver et 20°C est la température moyenne recherchée en été.

En ce qui concerne l'hygrométrie dans les élevages, une norme de 40-70% semble pertinente et à conserver par la suite. À défaut de pouvoir trouver des valeurs d'hygrométrie de référence dans un terrier de Grand Hamster dans la littérature, les élevages peuvent se baser sur les recommandations standards pour les rongeurs domestiques. À titre d'exemple, l'intervalle de 40-70% est ce qui est recommandé en élevage de rat [33]. Un relevé d'hygrométrie par jour semble suffisant, mais comme deux relevés de température par jour sont requis, les relevés d'hygrométrie pourront être synchronisés à ceux-ci.

Enfin, comme discuté au *paragraphe V.A.1.b*, il serait pertinent que chaque élevage réalise des mesures de luminosité dans les cages, à diverses périodes de l'année et périodes de la journée afin de pouvoir mettre en parallèle ces données avec la santé, le comportement des animaux et la qualité des relâchés par la suite.

V.B.1.d. Suivi de la reproduction et de la génétique

Les données concernant la reproduction et le format des fichiers les regroupant varient d'un élevage à l'autre. Le SFS et NaturOparC regroupent globalement le même pool de données sous un format différent et avec quelques spécificités. Au CNRS les données sur la reproduction relevées sont opérateur dépendantes selon le cadre expérimental, mais le registre d'entrée et sortie associé aux relevés des chercheurs permettent le plus souvent de retrouver les mêmes données d'intérêt que dans les deux autres les élevages.

Afin de faciliter la lecture, la comparaison des données ainsi que la communication de ces données entre élevages, un modèle de format et de contenu a été discuté avec les élevages et est proposé *tableau 27*.

Par ailleurs, en ce qui concerne la génétique d'élevage, il semble aujourd'hui impératif qu'un registre regroupant la généalogie de tous les animaux des trois élevages soit créé et entretenu par les différents éleveurs, afin de mieux pouvoir étudier la génétique globale des hamsters captifs français et favoriser la sélection de couples inter-élevages par la suite.

V.B.1.e. Suivi des relâchés

Les élevages relèvent déjà des informations suffisantes et pertinentes sur les relâchers. Il serait intéressant pour chaque élevage d'avoir un fichier regroupant les données des lâchers par année et/ou par site de lâchers afin d'en faciliter l'accès et la lecture.

Tableau 27 - Modèle de forme et contenu pour le relevé des données de reproduction

N° SESSION + DATES + NOMBRE DE COUPLES TESTES (dont X nouveaux) + NOM DU MANIPULATEUR										
Mise à la reproduction										
Date de mise en contact	Cage ♀	N° ♀	Cage ♂	N° ♂	Cage du couple	% parenté	(MSI)*	Statut reproducteur	Observations	Couple formé ?
15/05/2020	X	1234	Y	4321		0,20%	1	M et F OK	Femelle stressée	Oui

**Si utilisation de PMX (voir partie V.B.3.a.)*

Fin de reproduction		Résultats mise-bas			
Date de séparation du couple	Observations après reproduction	Date de mise-bas	Nombre estimé de petits	Mort-nés (<24h)	Morts avant sevrage
23/05/2020	Blessure mâle	13/06/2020	5	0	0

V.B.1.f. Suivi des données de morbidité et de mortalité

Les données de morbidité et de mortalité relevées sont similaires mais les formats diffèrent grandement. Afin de faciliter la lecture, la comparaison des données ainsi que la communication de ces données entre élevages, un modèle de format et de contenu a été discuté avec les élevages et est proposé ci-dessous (tableau 28).

Tableau 28 - Modèle de forme et contenu pour le relevé des données de morbidité/mortalité

Morbidité							
N° identification	Âge	Sexe	Date d'observation des 1er symptômes	Date de visite vétérinaire	Diagnostic	Traitement et posologie	Remarques
1234	1 an	M	12/06/2020	13/06/2020	Abcès abajoues	Synulox per os 2 gouttes BID 10j + inflacam BID	/

Mortalité							
N° identification	Âge	Sexe	Date de décès	Cause estimée	Euthanasié ?	Autopsié ?	Remarques
4321	3 ans	M	01/07/2020	Tumeur	Oui	Oui	Emacié

V.B.1.g. Bilan annuel sur la zootechnie des élevages

Les élevages du SFS et de NaturOparC rédigent un bilan annuel sur la zootechnie de leur élevage, de forme et de contenu très différents. Il serait pertinent que les trois élevages réalisent un bilan annuel uniformisé de la zootechnie employée et de leurs résultats. Afin de faciliter la lecture, la comparaison des données ainsi que la communication de ces données entre élevages, un modèle de format et de contenu a été discuté avec les élevages et est proposé ci-dessous.

Encadré 1 - Exemple de plan pour le rapport technique

Présentation de l'élevage

I. Bilan des entrées et sorties de l'année

Effectifs au 30 décembre en déclinant par âge et par sexe

Grandes lignes des entrées et sorties : nombre de transferts, relâchés, nouveau-nés et morts de l'année en cours

II. Conditions d'élevage

1. Nouveautés de l'année
2. Locaux et hébergement
 - 2.1. Animaux à l'entretien
 - 2.2. Animaux à la reproduction
3. Paramètres d'ambiance
4. Hygiène et biosécurité

III. Alimentation

1. Alimentation des animaux à l'entretien

2. Alimentation des animaux à la reproduction
3. Alimentation des juvéniles
4. Alimentation des hamsters avant relâchés

IV. Reproduction

1. Choix des animaux à reproduire et gestion de la génétique d'élevage
2. Préparation de la mise à la reproduction
3. Technique de mise à la reproduction
4. Bilan de la reproduction de cette année

Détailler les taux de parenté des couples OU taux de consanguinité des petits pour la reproduction de cette année (tableau ou boxplot par exemple) ;

V. Maladies et mortalité

1. Procédure en cas d'animal malade ou mort
2. Bilan des maladies et morts cette année

VI. Réintroductions

1. Choix des animaux et préparation aux relâchés
2. Bilan des animaux relâchés cette année

Conclusion et objectifs pour l'année prochaine

V.B.2. Changements dans le type de matériel utilisé à court ou moyen terme

V.B.2.a. Achat d'une sonde automatisée à NaturOparC

Il pourrait être intéressant pour NaturOparC d'acheter à court terme une sonde identique à celles utilisées au SFS, afin de pouvoir réaliser les relevés de température et hygrométrie journaliers sans présence du personnel et de manière synchronisée aux deux autres élevages.

V.B.2.b. Réflexion et conseils sur les enrichissements

La litière de lin utilisée par le SFS et NaturOparC sous forme de paillis pourrait être généralisée aux trois élevages. Certains animaux complètent la formation du nid avec du papier essuie-tout comme à NaturOparC et au CNRS. Le papier essuie-tout est un matériel peu coûteux et pourrait à court terme être également proposé par le SFS pour renforcer le côté douillet du nid. Les buchettes de bois proposées par le CNRS sont également un enrichissement particulièrement intéressant pour occuper les animaux à la construction du nid en les effilochant eux-mêmes, et pourraient être proposées à NaturOparC et au SFS.

Tous les animaux présents dans les élevages doivent posséder un terrier factice choisi raisonnablement en fonction de l'âge et la taille de l'animal. Un changement des modèles de terrier factice par un élément possédant une ouverture de diamètre similaire aux briques à vin de NaturOparC et SFS mais d'une chambre plus grande d'environ 20 cm d'arête (soit 8000 cm³, voir *figure 63*) serait pertinent à essayer dans les trois élevages car se rapprocherait davantage d'un terrier naturel simplifié (voir discussion *point V.A.1.a*). L'objectif étant à court/moyen terme que les animaux occupent davantage leurs terriers *a minima* comme moyen de soustraction au regard humain.

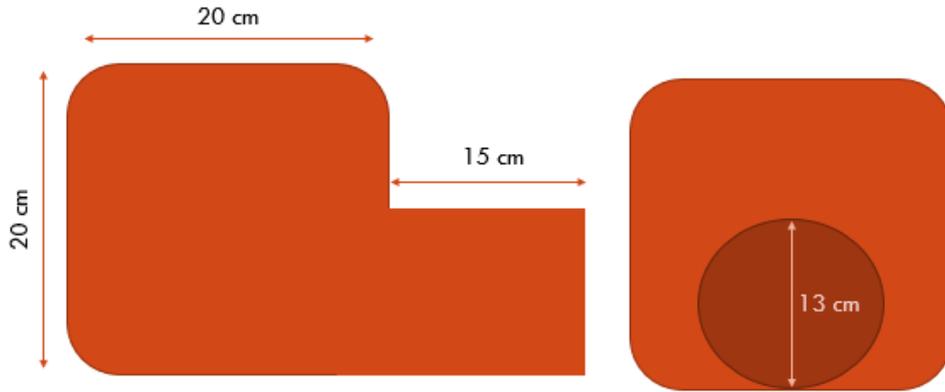


Figure 63 - Proposition de prototype simple de terrier factice

V.B.3. Changements dans les pratiques d'élevage à court ou moyen terme

V.B.3.a. Recommandations concernant la génétique d'élevage

Mise en place d'un livre généalogique français

À ce jour tous les animaux des élevages français ont une origine génétique commune puisque tous descendent d'individus élevés au CNRS. L'ensemble des données de parenté relevés par les trois élevages permettent de remonter la généalogie jusqu'aux individus du CNRS nés en 2015. Ainsi, il n'est à ce jour pas possible de retrouver les individus fondateurs (anciennement sauvages) des cheptels actuels.

Les données de parenté doivent être suivies méticuleusement et mises en commun entre les trois élevages. La mise au point d'un livre généalogique français de l'espèce *Cricetus cricetus* permettrait d'avoir un suivi précis des données généalogiques et faciliter les études génétiques par la suite.

Réalisation d'une étude génétique approfondie

Une étude approfondie de la génétique actuelle des élevages français permettrait de partir sur des bases nouvelles afin d'augmenter la qualité de choix des couples. L'objectif principal sur le long terme étant que le pool des animaux élevés en captivité possède un patrimoine génétique le plus proche possible de celui des ancêtres sauvages fondateurs. Il serait notamment intéressant qu'un généticien de profession puisse participer à fixer les objectifs en termes de démographie et de reproduction pour chaque élevage. Enfin, la réalisation d'analyses génétiques précises sur la base d'échantillons prélevés de manière non invasives permettrait d'avoir un regard sur la diversité génétique actuelle des élevages et serait d'autant plus pertinente que les dernières analyses réalisées datent de 2012. Selon les résultats de cette étude, la capture de quelques hamsters sauvages pour la reproduction dans les élevages pourra être discutée afin de réaliser un brassage génétique et favoriser la diversité allélique dans les élevages. Sur le long terme, ces analyses pourraient être réalisées de manière systématique tous les 5 à 10 ans.

Utilisation d'un nouveau logiciel de traitement génétique

Le logiciel actuellement utilisé par les trois élevages est un logiciel de traitement de données génétiques nommé ZooEasy, initialement créé pour les élevages d'animaux domestiques. Ce logiciel permet de traiter les données génétiques à partir de l'arbre généalogique entré par les soigneurs. Les élevages l'utilisent notamment pour calculer la matrice de parenté, donnant les coefficients de parenté (calculés selon la formule de Wright) de tous les couples possibles de l'élevage.

De nombreux parcs zoologiques utilisent d'autres logiciels d'exploitation de données génétiques et notamment le logiciel PMx afin d'affiner la sélection des couples et de maintenir la diversité génétique d'espèces détenues en captivité [69] [70] [71]. L'objectif de gestion génétique des projets de conservation est en effet de maximiser la représentativité des fondateurs (individus sauvages à l'origine du cheptel captif) afin de préserver autant que faire se peut la diversité génétique d'origine, tout en limitant bien entendu au maximum la consanguinité. Le logiciel PMx permet d'utiliser la fonction 'Pairwise Info Tab' qui fournit une matrice dite de *Mating Suitable Index* (MSI), indicateurs calculés pour tous les couples mâle/femelle possibles dans l'élevage. La MSI intègre quatre indicateurs génétiques afin de classer les couples en fonction de leur pertinence de choix d'un point de vue génétique :

- le 'Delta GD', caractérisant la variation de la diversité génétique (GD) de la population si une portée est produite par le couple ;
- la différence entre les valeurs de *Mean Kinship* (MK ou taux d'apparentement moyen) du mâle et de la femelle. En effet, la création d'un couple avec une grande différence de MK est préjudiciable car il combine des lignées génétiques sous-représentées et sur-représentées ;
- le coefficient de consanguinité de tout descendant résultant du couple, la consanguinité étant considérée comme préjudiciable pour la portée ;
- la quantité d'ancêtres inconnus.

Cet indicateur varie de 1 à 6, « 1 » signifiant que le couple est de haute qualité, permettant de conserver une bonne diversité génétique d'élevage, alors que « 6 » signifie que le couple est délétère pour la diversité génétique de l'élevage. Ainsi, l'utilisation de la matrice des MSI permet de ne pas se concentrer uniquement sur le coefficient de consanguinité d'un couple donné à un instant t, mais bien de prendre en considération l'impact génétique du choix de ce couple sur toute la population étudiée. Il serait donc particulièrement intéressant que les élevages basent leur choix de couples annuels sur cette matrice plutôt que sur une matrice de parenté uniquement.

V.B.3.b. Recommandations concernant la reproduction

Etant donné les résultats de NaturOparC à la reproduction (voir *partie IV.C.2.*), il serait intéressant, au cours d'une année, que l'élevage utilise exactement les méthodes zootechniques associées à la reproduction du SFS, afin d'observer si les taux de mise-bas augmentent de cette manière. Ainsi, en cas de réussite de la reproduction, NaturOparC pourra

se baser par la suite sur les méthodes employés par le SFS. En cas d'absence d'amélioration des résultats, une investigation approfondie pourra être engagée à partir des pistes proposées lors de la discussion *partie V.A.2.*, en partenariat avec le vétérinaire référent de l'élevage.

Par ailleurs, l'évaluation du statut reproducteur pourrait permettre d'écarter de mauvais accouplements potentiels. Cela consisterait en une brève évaluation, non invasive (sauf besoins expérimentaux pour le CNRS) de l'aspect des organes génitaux (testicules en place chez le mâle, vulve gonflée chez la femelle) si réalisable. Cette évaluation sera à mettre en parallèle avec le comportement du couple lors de la mise en contact (acceptation ou rejet du congénère) et pourrait permettre à terme d'affiner la sensibilité de cette observation afin de sélectionner la meilleure période possible pour la mise à la reproduction d'un individu (voir *discussion V.A.2.b*).

V.B.3.c. Recommandations concernant le bien-être animal

La généralisation de l'utilisation d'une grille de *scoring* du bien-être aux trois élevages pourrait être un objectif à court ou moyen terme, et permettrait d'évaluer de manière plus objective l'état des bien-être des animaux. Il faut toutefois remarquer que les individus au SFS et à NaturOparC sont souvent cachés et peu vus par les soigneurs, ce qui réduirait la possibilité d'observation des indicateurs visuels.

V.B.3.d. Recommandations concernant le phénomène d'habituation

Comme discuté au *paragraphe III.D.1.a.*, il serait intéressant que le CNRS puisse réfléchir et trouver une alternative aux cages transparentes *a minima* pour les animaux sortis du cadre expérimental, afin de limiter l'habituation à l'homme. Aussi, pour les trois élevages, le temps d'intervention des soigneurs dans les box d'élevage doit être limité au mieux.

V.B.3.e. Recommandations concernant la gestion sanitaire

En 2020, le Dr. Vet. F. Capber relevait dans son rapport annuel de mortalité que beaucoup d'animaux n'avaient pas été autopsiés et/ou que les résultats des autopsies n'avaient pas été communiqués. Il est impératif de conserver les cadavres dans des états permettant une autopsie riche d'informations pour toutes les morts des animaux et de conserver les rapports d'autopsie. Les effectifs de Grand Hamster dans les élevages étant fragiles, aucun risque ne doit être pris car le risque d'épizootie est permanent.

Concernant l'élevage de NaturOparC, la mise en place d'une salle de quarantaine et d'une salle d'infirmier séparées de la salle d'élevage est une étape importante pour la biosécurité en élevage. Il serait ainsi possible d'assurer une marche en avant quotidienne : passage dans la salle au moindre risque sanitaire en premier donc la salle d'élevage, puis par l'infirmier et finir par la quarantaine.

V.C. Propositions d'expérimentation et d'évolution sur le long terme

Cette partie a pour objectif de proposer des objectifs à concrétiser à long terme (sur les 5 à 10 prochaines années).

V.C.1. Changement dans le type de matériel à long terme

L'agrandissement des cages pourrait devenir un projet à mener sur le long terme par les élevages français en fonction de l'évolution des locaux et des besoins de renforcement des populations de Grand Hamster (voir discussion *partie V.A.1.a.*). Il serait particulièrement intéressant de se tourner vers un modèle avec un bac profond permettant le fouissage et recouvert d'une grille pour une bonne aération. Aussi, une litière légère, terreuse voire sableuse, serait particulièrement intéressante pour le Grand Hamster. Ces bacs profonds permettraient aux animaux de creuser.

Enfin, à défaut d'obtenir les moyens matériels de changer ces cages, une réflexion autour de l'hébergement en enclos extérieur devrait être entamée et ce afin de proposer aux animaux un environnement toujours plus proche de leur environnement naturel et ainsi faciliter leur adaptation à la vie sauvage après relâché (voir discussion *partie V.A.4.* et recommandations *partie V.B.2.*).

V.C.2. Changement dans les pratiques d'élevage à long terme

L'OFB a réalisé des suivis télémétriques sur une dizaine d'années des animaux relâchés et continue encore aujourd'hui. Ces suivis ont révélé une mortalité élevée des individus élevés en captivité, parfois supérieur à 50%, dans les 3 premières semaines après le lâcher. La prédation était un des premiers facteurs mis en cause. À la suite de ces observations, une étude récente a été menée par J. Fleitz (CNRS) dans le cadre de son projet de thèse CIFRE, en partenariat avec l'OFB. Les premiers résultats de cette étude ont montré que des hamsters élevés en captivité ayant séjourné dans un enclos semi-naturel durant deux semaines, présentaient une réponse comportementale plus adaptée face à un prédateur fictif. Par ailleurs, les juvéniles étaient plus susceptibles de présenter un comportement de fuite face à un prédateur potentiel que des adultes [68] [72]. Une seconde étude menée aux Pays-bas a montré que les animaux relâchés sur leurs terres agricoles mourraient principalement de prédation et d'un couvert végétal inadapté causant une absence de protection aux prédateurs. Cette même étude a révélé que les animaux élevés en captivité avaient un taux de survie similaire à celui des animaux sauvages suite à une période d'adaptation en milieu sauvage de 19 jours pour les femelles et de 28 jours pour les mâles [73].

Une période d'adaptation des animaux captifs de minimum deux semaines et jusqu'à un mois en enclos avant relâché semblerait alors être une solution pertinente à mettre en place dans les années futures. Ainsi, une méthode de relâché « au taquet », classiquement employée par les centres de soins pour la réhabilitation de leurs patients, pourrait être une solution pérennisable. Cette méthode consiste à laisser l'animal sortir de son propre chef de l'enclos après ouverture d'un passage vers son milieu naturel, suite à une période d'adaptation semi-captif en milieu naturel. Pour le Grand Hamster spécifiquement nous pourrions imaginer, à titre d'exemple, de placer les individus à relâcher dans des cages individuelles fermées dans les zones de relâchés. La porte des cages individuelles seraient ouvertes progressivement après 2-3 semaines d'adaptation au climat, aux bruits et aux odeurs

extérieurs. Les animaux seraient ensuite libres de sortir par eux même. Ainsi, les animaux auront eu un certain temps d'adaptation avant de faire face aux dangers du milieu naturel (prédation notamment).

Par ailleurs, nous pouvons également tout à fait imaginer un élevage en semi-captivité avec une alternance entre enclos et captivité stricte en intérieur. À titre d'exemple, les femelles pourraient être mises à la reproduction, placées en enclos jusqu'au sevrage des petits puis relâchées, tandis que les petits seraient intégrés au cheptel en intérieur pour la phase de reproduction de l'année suivante ou relâchés dans la foulée (voir discussion *partie V.A.4*).

CONCLUSION

L'élevage de Grand Hamster présente une grande complexité de par son interface subtile entre élevage en captivité à l'instar d'animaux domestiques et son objectif conservatoire par réintroduction de ces animaux dans leur milieu naturel.

Au terme de cette analyse, nous pouvons conclure que les élevages présentent des protocoles propres à chacun, malgré quelques similitudes dans leurs grandes lignes (cages individuelles, enrichissements, alimentation...), tous en accord avec ce qui pourrait être observé dans des élevages de hamsters domestiques comme le Hamster doré. Les différences entre les protocoles sont accentuées au niveau du point critique de l'élevage : la reproduction, dont méthodes et résultats varient drastiquement d'un élevage à l'autre selon l'année. Une réflexion concernant ces résultats a été entamée au cours de cet exposé et des recommandations à court terme ont été émises.

Il est également important de souligner que la collecte de données par les élevages est à ce jour un facteur limitant dans l'analyse et la comparaison des résultats entre eux, tant les outils de mesure et les méthodes de collecte diffèrent entre chacun. Il semble aujourd'hui essentiel d'harmoniser la méthode de collecte et de présentation de ces données afin d'optimiser la réalisation d'études futures et de faciliter la communication entre élevages.

La gestion génétique semble par ailleurs un point fondamental à améliorer à court terme, les effectifs de Grand Hamster étant limités en captivité. Il est particulièrement urgent d'améliorer les méthodes de sélection des couples en s'appuyant sur des critères de choix génétiques plus solides, comme le proposent certains logiciels d'exploitation des données généalogiques comme PMx. Un encadrement par un généticien professionnel permettrait de faire un état des lieux de la diversité génétique dans les élevages, d'établir des objectifs en termes de reproduction et de comprendre plus précisément les outils d'analyse génétique à disposition.

Enfin, les soigneurs ont la difficulté de devoir assurer une qualité d'élevage suffisante (résultats de reproduction satisfaisants, mesures sanitaires strictes,...), tout en gardant à l'esprit que le hamster commun fait partie de la faune sauvage. Dans cette optique, une étude approfondie sur le terrain de suivi des animaux relâchés permettrait de mieux comprendre pourquoi les objectifs démographiques ne sont pas atteints dans la plaine d'Alsace et de mettre en parallèle ces résultats aux méthodes d'élevage. L'OFB, en partenariat avec le CNRS, prévoit pour cela de débiter une expérimentation de suivi par télémétrie d'individus captifs relâchés à l'horizon 2021. Par ailleurs, des études récentes suggèrent que les animaux élevés en captivité seraient pendant un temps, suite aux relâchés, plus susceptibles d'être prédatés. L'étude de télémétrie en cours permettrait d'appuyer ou non ces observations. En cas de confirmation, il pourrait être nécessaire à moyen/long terme de repenser les méthodes

d'élevage afin que les animaux soient habitués plus efficacement à leur environnement naturel avant relâché.

Aujourd'hui, l'urgence face à la baisse de population de Grand Hamster en France, mais aussi dans l'ensemble de l'Europe, nous amène à encourager une réflexion commune entre les différents acteurs français mais également étrangers. Les discussions et la recherche doivent se poursuivre afin de continuer à proposer des pistes d'amélioration à court terme, la pérennité de l'espèce en dépendant.

AGREMENT SCIENTIFIQUE

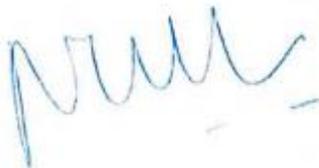
En vue de l'obtention du permis d'imprimer de la thèse de doctorat vétérinaire

Je soussigné, Guillaume LE LOC'H, Enseignant-chercheur, de l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse, directeur de thèse, certifie avoir examiné la thèse de **EVARD Noémie** intitulée « **Les pratiques d'élevage pour la conservation du Hamster commun en France dans le cadre du plan national d'action : étude rétrospective de 2017 à 2020** » et que cette dernière peut être imprimée en vue de sa soutenance.

Fait à Toulouse, le 20/10/2021
Enseignant-chercheur de l'École Nationale
Vétérinaire de Toulouse
Docteur Guillaume LE LOC'H



Vu :
Le Président du jury
Professeur Renaud MAILLARD



Vu :
Le Directeur de l'École Nationale
Vétérinaire de Toulouse
M. Pierre SANS



Vu et autorisation de l'impression :
Le Président de l'Université Paul
Sabatier
Monsieur Jean-Marc BROTO
Par délégation, le Doyen de la faculté de
Médecine de Toulouse-Rangueil
Monsieur Elie SERRANO



Mme EVARD Noémie
a été admis(e) sur concours en : 2016
a obtenu son diplôme d'études fondamentales vétérinaires le: 06/07/2020
a validé son année d'approfondissement le: 16/09/2021
n'a plus aucun stage, ni enseignement optionnel à valider.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] « HAMSTER - Zones de protection statique en Grand Est », *Catalogue GéoGrandEst*. <https://www.geograndest.fr/geonetwork/topic-biota/api/records/fr-120066022-jdd-c2177c5c-3e37-488a-b537-e020dfff4a4f>.
- [2] « Définition - Superficie agricole utilisée / SAU / SAU | Insee ». <https://www.insee.fr/fr/metadonnees/definition/c1003>.
- [3] X. Rogon, « Génétique des populations ». <http://www2.agroparistech.fr/svs/genere/uvf/GP/GPintro.htm>.
- [4] M.-C. Virion, « Plan National d'Actions en faveur du Hamster Commun (*Cricetus cricetus*) et de la biodiversité de la plaine 2019-2028 ». Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement Grand Est, 2018.
- [5] « *Cricetus* », *Wikipédia*. déc. 11, 2020. Consulté le: août 21, 2021. [En ligne]. Disponible sur: <https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Cricetus&oldid=177524318>
- [6] B. Marquet, « Le Grand Hamster *Cricetus Cricetus* (Linnaeus, 1758): contribution à l'étude de l'animal et de son statut en Alsace », Thèse pour le doctorat vétérinaire, Université Claude Bernard, Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon, 2014.
- [7] B. Amand, A. Duponteil, et P. Strosser, « Plan National d'Actions (PNA) 2012-2016 en faveur du hamster commun ». Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement Grand Est, févr. 02, 2017. Consulté le: août 23, 2021. [En ligne]. Disponible sur: <http://www.grand-est.developpement-durable.gouv.fr/plan-national-d-actions-pna-2012-2016-en-faveur-du-a75.html>
- [8] M. Tissier, « Conservation biology of the European hamster (*Cricetus cricetus*): Nutritional effects of crops on hamsters fitness and evaluation of their antipredatory behavior to upgrade wildlife underpasses. », Theses, Université de Strasbourg, 2017.
- [9] R. Rey, « Le suivi des populations du Grand Hamster d'Alsace (*Cricetus cricetus*). Outils pour l'amélioration du diagnostic des terriers. » », in *Ecologie et Biologie des populations avec ONCFS DR*, Nord Est: Université de Poitiers, 2010.
- [10] « Protection du Grand Hamster d'Alsace | Sauvegarde Faune Sauvage », mars 29, 2012. <https://sauvegardefaunesauvage.fr/wordpress/activites/protection-du-grand-hamster-dalsace/>.
- [11] « Hamster », *Wikipédia*. juin 15, 2021. <https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Hamster&oldid=183843547>;
- [12] G. Nechay, M. Hamar, et I. Grulich, « The Common Hamster (*Cricetus cricetus* [L.]); a Review », *Bull OEPP*, vol. 7, n° 2, p. 255-276, 1977.
- [13] « Elevage du Grand Hamster | Facebook ». <https://www.facebook.com/Elevage-du-Grand-Hamster-1231366320266605>.
- [14] S. Monecke et F. Wollnik, « Seasonal variations in circadian rhythms coincide with a phase of sensitivity to short photoperiods in the European hamster », *J. Comp. Physiol. B*, vol. 175, n° 3, p. 167-183, 2005
- [15] F. Geiser, « Hibernation: Endotherms », *ELS Am. Cancer Soc.*, 2002, doi: 10.1038/npg.els.0003215.
- [16] M. Masson-Pévet, F. Naimi, B. Canguilhem, M. Saboureau, D. Bonn, et P. Pevet, « Are the annual reproductive and body weight rhythms in the male European hamster (*Cricetus cricetus*) dependent upon a photoperiodically entrained circannual clock? » », *J Pineal Res*, vol. 17, n° 4, p. 151-163, 1994
- [17] GEPMA, *Le Grand Hamster, un animal pas si commun*. [En ligne]. Disponible sur: https://www.grand-hamster-alsace.eu/wp-content/uploads/sites/9/2014/05/02-livret_technique.pdf
- [18] G. Baumgart, *Le Hamster d'Europe (*Cricetus cricetus* L. 1758) en Alsace*, p. 267, 1996.
- [19] A. Resetaritz, K. Mammen, et U. Mammen, « Structure of hamster burrows and the feasibility of burrow categorization », 2005.

- [20] Arrêté du 30 octobre 1937 portant les hamsters sur la liste des animaux réputés nuisibles dans les départements du bas-rhin, du haut-rhin et de la Moselle.
- [21] A. Chaigne, M. Tissier, C. Habold, J. Eidenschenck, et B. Ulrich, « Le Grand hamster (*Cricetus cricetus*) en Alsace, quel devenir ? », vol. 21, p. 312-322, 2015.
- [22] « Classement "En danger critique d'extinction" du Hamster d'Europe, de Lémuriens et de la Baleine franche de l'Atlantique Nord sur la Liste rouge mondiale », *UICN France*, juill. 09, 2020. <https://uicn.fr/liste-rouge-mondiale-hamster-deurope-lemuriens-et-baleine-franche-de-latlantique-nord-sont-en-danger-critique-dextinction/>.
- [23] « Le plan national d'actions en faveur du Grand hamster ». <https://ofb.gouv.fr/le-plan-national-dactions-en-faveur-du-grand-hamster> ;
- [24] Arrêté du 17 avril 1981 fixant la liste des mammifères protégés sur l'ensemble du territoire - Légifrance.
- [25] Directive 92/43/CEE du Conseil du 21 mai 1992 concernant la conservation des habitats naturels ainsi que de la faune et de la flore sauvages.
- [26] « Section 1 : Conservation de sites d'intérêt géologique, d'habitats naturels, d'espèces animales ou végétales et de leurs habitats (Articles L411-1 à L411-3) - Légifrance ». https://www.legifrance.gouv.fr/codes/section_lc/LEGITEXT000006074220/LEGISCTA000006176521/#LEGISCTA000022495753.
- [27] Arrêté du 23 avril 2007 fixant la liste des mammifères terrestres protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection.
- [28] Arrêt de la Cour (quatrième chambre) du 9 juin 2011. Commission européenne contre République française. Manquement d'État - Directive 'habitats' - Insuffisance des mesures prises pour protéger l'espèce *Cricetus cricetus* (grand hamster) - Détérioration des habitats.
- [29] LIFE ALISTER, « Synthèse grand public du programme LIFE ALISTER ». 2019. <https://www.grand-hamster-alsace.eu/wp-content/uploads/2019/09/plaquette-Rapport-Grd-Public-webLiens.pdf>
- [30] « Les objectifs du projet », *LIFE+ Alister - Grand Hamster Alsace*, avr. 02, 2014. <https://www.grand-hamster-alsace.eu/le-projet-alister/les-objectifs-du-projet/>.
- [31] M. Legrand, « Les MAEC Grand Hamster, entretien avec M. Legrand (chargé de mission à l'ASP, instruction des aides du second pilier de la PAC : MAEC, aide à l'agriculture biologique et ICHN) », 2021.
- [32] M. Bardotti, « Physiologie du rongeur de laboratoire », présenté à Formation Utilisation et Protection de l'Animal de Laboratoire, Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse, sept. 2020.
- [33] G.-M. Dourmec Stéphanie, « Elevage et reproduction des rongeurs myomorphes domestiques en France », Thèse pour le doctorat vétérinaire, Faculté de Médecine de Créteil, Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort, 2004.
- [34] C. Boulade, « Le Grand Hamster d'Alsace : Influence du nourrissage au vivant sur *Cricetus cricetus* en captivité ». Association Sauvegarde Faune Sauvage, 2012.
- [35] « Chapitre 46 - L'éclairage ». [En ligne]. Disponible sur: <http://www.ilocis.org/fr/documents/ilo046.htm>
- [36] C. S. Miera, « A Circannual Clock Drives Expression of Genes Central for Seasonal Reproduction » », *Curr Biol*, vol. 24, n° 13, p. 1500-1506, 2014.
- [37] N. Hagen-Picard, « Gestion de la reproduction en élevage bovin » », présenté en cours magistral, Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse, 2017.
- [38] C. Guillemot, « Performances de reproduction de l'élevage canin en France », Thèse pour le doctorat vétérinaire, Université de Toulouse, Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse, 2015.
- [39] J.-P. Quéré et H.-L. Louan, *Les rongeurs de France: faunistique et biologie*, Quae. 2003.
- [40] S. Monecke et F. Wollnik, « How to increase the reproductive success in European hamsters - shiftwork in the breeding colony », 2008.
- [41] C. Franceschini-Zink et E. Millesi, « Reproductive performance in female common hamsters », *Zoology*, vol. 111, n° 1, p. 76-83, 2008.

- [42] C. L. Barzic, « Prise en charge des jeunes mammifères de la faune sauvage européenne dans les centres de soins français », Thèse pour le doctorat vétérinaire, Faculté de Médecine de Créteil, Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort, 2013.
- [43] F. Burda, « Animal imprégné = danger ! », *Cent. Sauvegarde Faune Lorraine*, janv. 2017.
<https://www.csfl.fr/animal-impregne-danger/>
- [44] M. Doussain Christine, Anne, « Réhabilitation et relâcher des animaux sauvages après un séjour en centre de sauvegarde », Thèse pour le doctorat vétérinaire, Faculté de Médecine de Créteil, Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort, 2018.
- [45] « Convention européenne sur la protection des animaux vertébrés utilisés à des fins expérimentales ou à d'autres fins scientifiques », 2010.
<https://rm.coe.int/CoERMPublicCommonSearchServices/DisplayDCTMContent?documentId=090000168007a680>
- [46] F. Capber, « Bilan 2019 de la mortalité dans les 3 élevages de Grands Hamsters (*Cricetus cricetus*) », 2019.
- [47] *Arrêté du 8 octobre 2018 fixant les règles générales de détention d'animaux d'espèces non domestiques - Légifrance*.
<https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000037491137/>
- [48] *Arrêté du 1er février 2013 fixant les conditions d'agrément, d'aménagement et de fonctionnement des établissements utilisateurs, éleveurs ou fournisseurs d'animaux utilisés à des fins scientifiques et leurs contrôles - Légifrance*.
<https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000027037983/>
- [49] Conseil fédéral suisse, *Ordonnance du 23 avril 2008 sur la protection des animaux (OPAn)*.
<https://www.fedlex.admin.ch/eli/cc/2008/416/fr>
- [50] OSAV (Office fédéral de la sécurité alimentaire et des affaires vétérinaires), « Détenir des rongeurs et des lapins en respectant leurs besoins : enclos adaptés et aménagement adéquat », 2017.
http://www.protection-animaux.com/publications/animaux_de_compagnie/infothek/enclos/brochure_enclos_rongeurs.pdf
- [51] « Haltung von Säugetieren », *BMEL*.
<https://www.bmel.de/DE/themen/tiere/tierschutz/haltung-saeugetiere.html>
- [52] « Que leur donner pour garnir leur nid ? – NAC Magazine ». <https://nac-magazine.com/2017/11/10/que-leur-donner-pour-garnir-leur-nid/>
- [53] M. Bardotti, « Entretien et hébergement des animaux de laboratoire (axé sur les rongeurs) », présenté à Formation Utilisation et Protection de l'Animal de Laboratoire, Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse, sept. 2020.
- [54] « Le bien-être animal, qu'est-ce que c'est ? » <https://agriculture.gouv.fr/le-bien-etre-animal-quest-ce-que-cest>.
- [55] F. Kletty, « A focus on the European hamster to illustrate how to monitor endangered species », *Integr Zool*, vol. 14, n° 1, p. 65-74, 2019.
- [56] R. Palme et E. Möstl, « Hormones as indicators of stress », *Domest Anim Endocrinol*, vol. 23, n° 1-2, p. 67-74, 2002.
- [57] M.-O. M. Chelini, N. L. Souza, S. R. G. Cortopassi, E. C. G. Felipe, et C. A. Oliveira, « Assessment of the physiologic stress response by quantification of fecal corticosteroids », *J Am Assoc Lab Anim Sci JAALAS*, vol. 45, n° 3, p. 8-11, 2006.
- [58] M. J. Sheriff, B. Dantzer, B. Delehanty, R. Palme, et R. Boonstra, « Measuring stress in wildlife: techniques for quantifying glucocorticoids », *Oecologia*, vol. 166, n° 4, p. 869-887, 2011.
- [59] « Climat Strasbourg : Pluviométrie et Température moyenne Strasbourg, diagramme ombrothermique pour Strasbourg - Climate-Data.org ». <https://fr.climate-data.org/europe/france/alsace/strasbourg-350/> (consulté le sept. 18, 2021).
- [60] S. Monecke et F. Wollnik, « European Hamsters (*Cricetus cricetus*) Show a Transient Phase of Insensitivity to Long Photoperiods after Gonadal Regression », *Biol. Reprod.*, vol. 70, p. 1438-43, 2004.

- [61] K. Brandes, F. Fend, S. Monecke, J. Teifke, W. Breuer, et W. Hermanns, « Comparative Morphologic and Immunohistochemical Investigation of Spontaneously Occurring Thymomas in a Colony of European Hamsters », *Vet. Pathol.*, vol. 41, p. 346-52, 2004.
- [62] S. Monecke, « All things considered? Alternative reasons for hamster extinction », *Zool. Pol.*, vol. 58, p. 41-47, 2014.
- [63] A. Kayser, U. Weinhold, et M. Stubbe, « Mortality factors of the Common hamster at two sites in Germany », *Acta Theriol. - ACTA THERIOL*, vol. 48, p. 47-57, 2003.
- [64] F. Capber, « Bilan 2018 de la mortalité dans les 3 élevages de Grands Hamsters (*Cricetus cricetus*) », 2018.
- [65] E. Böhmer, *Dentistry in Rabbits and Rodents*, Wiley Blackwell, p. 656, 2015.
- [66] C. Bulliot et F. Hébert, *Guide pratique de médecine interne chien, chat, NAC, 5ème édition*. MED'COM, p. 854, 2019.
- [67] L. P. Vétérinaire.fr, « Les affections oculaires chez les rongeurs - La Semaine Vétérinaire n° 1557 du 25/10/2013 » », *Point Vét.*, <https://www.lepointveterinaire.fr/publications/la-semaine-veterinaire/article/n-1557/les-affections-oculaires-chez-les-rongeurs.html>
- [68] J. Fleitz, « Improving the success of restocking programs: effects of a pre-release training period on the anti-predator behaviour of adult and juvenile common hamsters », présenté à 27th Meeting of International Hamster Workgroup, 2020.
- [69] « PMx & PMxLite – SCTI ». <https://scti.tools/pmx/> (consulté le nov. 01, 2021).
- [70] K. Leus, K. Traylor-Holzer, et R. C. Lacy, « Genetic and demographic population management in zoos and aquariums: Recent developments, future challenges and opportunities for scientific research ». https://www.researchgate.net/publication/227733121_Genetic_and_demographic_population_management_in_zoos_and_aquariums_Recent_developments_future_challenges_and_opportunities_for_scientific_research.
- [71] C. Heuschmidt, *La conservation ex situ du macaque de Tonkean (macaca Tonkeana), étude bibliographique et analyse des populations*. Thèse pour le doctorat vétérinaire, Université Claude Bernard, Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon, 2019.
- [72] L. Garnier, J. Fleit, A. Hebrard, et Y. Handrich, « Thèse Julie Fleitz (CNRS) : rapport intermédiaire », OFB, IPHC-CNRS, 2021.
- [73] M. J. J. La Haye, R. J. M. van Kats, G. J. D. M. Müskens, C. A. Hallmann, et E. Jongejans, « Predation and survival in reintroduced populations of the Common hamster *Cricetus cricetus* in the Netherlands », *Mamm. Biol.*, vol. 100, n° 6, p. 569-579, 2020.

ANNEXES

I. Annexes concernant les trois élevages

I.A. Questionnaire utilisé comme base pour la récolte de données

Questionnaire méthodes d'élevage hamster d'Alsace

Année (N) :

Données structurelles de l'élevage

1. Données sur les animaux

1.1. Origine des hamsters de l'élevage

1.2. Taille et poids des animaux

- À quelle fréquence sont-ils mesurés ? ____
 - À quelle fréquence sont-ils pesés ? ____

- **TAILLE des animaux adultes (de la tête à la pointe de la queue) à chaque mesure de l'année N**

Moyenne sur l'ensemble des animaux : ____

Médiane sur l'ensemble des animaux : ____

Sinon fournir un document contenant les mesures individuelles de prise de taille si possible. L'étude de la taille permettrait d'analyser la croissance des animaux.

- **POIDS des animaux adultes à chaque pesée de l'année N**

Moyenne sur l'ensemble des animaux : ____

Médiane sur l'ensemble des animaux : ____

Si possible fournir un document contenant les mesures individuelles de chaque pesée.

1.3. Sex-ratio

- **SEX-RATIO des animaux au 1^{er} janvier de l'année N :**

Nombre de mâles : ____

Nombre de femelles : ____

2. Données sur les effectifs de l'année

2.1. Bilan nombre d'animaux sur année N

- Nombre d'animaux au 1^{er} janvier de l'année N : ____
- Nombre d'animaux au 1^{er} janvier de l'année N ayant entre 0 et 6 mois : ____
- Nombre d'animaux au 1^{er} janvier de l'année N ayant entre 6 mois et un an : ____
- Nombre d'animaux au 1^{er} janvier de l'année N ayant plus d'un an : ____
- Nombre d'animaux au 1^{er} janvier de l'année N+1 : ____

2.2. Nombre de naissance sur l'année N

- Nombre de nouveau-nés : ____
- Nombre de nouveau-nés décédés au cours de l'année N : ____

2.3. Nombre d'animaux morts ou relâchés au cours de l'année N

- Nombre d'animaux morts (nouveau-nés compris) : ____
- Nombre d'animaux relâchés : ____
- Nombre de lots relâchés sur l'année : ____
- Nombre de lots relâchés en moyenne par période de relâchés : ____

Remarques particulières sur les données structurelles de l'élevage :

Conditions de logements

1. Informations sur les bâtiments

- SURFACE de la pièce contenant les cages : ____
- Informations sur l'isolation sonore des locaux : ____
- Type de surface (béton, bois..) des locaux : ____

- **Toute autre information spécifique d'intérêt sur les bâtiments** (*ex : cages dans plusieurs pièces différentes, fenêtre de grande/petite taille, etc..*) :

—

- **Dans la mesure du possible, joindre un plan des locaux**

—

2. Relevés des paramètres d'ambiance

- **À quelle fréquence sont relevés les paramètres d'ambiance dans les pièces d'élevage**

- **TEMPERATURE dans la pièce contenant les enclos**

Moyenne sur l'année : ____

Moyenne au printemps (mars à mai) :

Moyenne des minima de chaque mois sur cette période : ____

Moyenne des maxima de chaque mois sur cette période : ____

Moyenne en été (de juin à août) :

Moyenne des minima de chaque mois sur cette période : ____

Moyenne des maxima de chaque mois sur cette période : ____

Moyenne en automne (de septembre à novembre) :

Moyenne des minima de chaque mois sur cette période : ____

Moyenne des maxima de chaque mois sur cette période : ____

Moyenne en hiver (décembre à février) :

Moyenne des minima de chaque mois sur cette période : ____

Moyenne des maxima de chaque mois sur cette période : ____

Si possible fournir un document contenant les mesures individuelles sur l'année.

➤ **HYGROMETRIE dans la pièce contenant les enclos**

Moyenne sur l'année : ____

Moyenne au printemps (mars à mai) :

Moyenne des minima de chaque mois sur cette période : ____

Moyenne des maxima de chaque mois sur cette période : ____

Moyenne en été (de juin à août) :

Moyenne des minima de chaque mois sur cette période : ____

Moyenne des maxima de chaque mois sur cette période : ____

Moyenne en automne (de septembre à novembre) :

Moyenne des minima de chaque mois sur cette période : ____

Moyenne des maxima de chaque mois sur cette période : ____

Moyenne en hiver (décembre à février) :

Moyenne des minima de chaque mois sur cette période : ____

Moyenne des maxima de chaque mois sur cette période : ____

Si possible fournir un document contenant les mesures individuelles sur l'année.

➤ **Techniques de régulation de la température de la pièce : Chauffage ? Climatiseur ? Comment la température de la pièce est-elle mesurée ?**

➤ **Technique de ventilation de la pièce : ____**

➤ **Débit moyen d'air ventilé dans la pièce : ____**

➤ **TYPE d'ECLAIRAGE (lumière artificielle, naturelle...) dans la pièce contenant les enclos :**

➤ **TEMPS d'éclairage à la journée dans la pièce contenant les enclos :**

Moyenne au printemps (avril à juin) :

Heure de début et de fin d'éclairage de la pièce en moyenne : ____

Moyenne en été (de juillet à septembre) :

Heure de début et de fin d'éclairage de la pièce en moyenne : ____

Moyenne en automne (d'octobre à décembre) :

Heure de début et de fin d'éclairage de la pièce en moyenne : ____

Moyenne en hiver (janvier à mars) :

Heure de début et de fin d'éclairage de la pièce en moyenne : ____

3. Données sur les cages

3.1. Organisation des cages

- SURFACE moyenne des cages : ____
- Nombre d'animaux moyen par cages : ____
- Choix de la mise en lot/groupement d'animaux : *selon sexe, âge, comportement ?*

3.2. Litière

- TYPE de litière : ____
- QUANTITE de litière en général : ____
- FREQUENCE de changement de la litière : ____
- Fréquence de désinfection des bacs et produits utilisés : ____

3.3. Enrichissements

- Cachettes pour hamster (nombre, forme, matière, orientation dans la cage) :

- Dispositifs autres :

Pratiques sanitaires

1. Organisation des locaux

- Existence d'un espace réservé aux animaux malades (une quarantaine) ? ____
- Pratique de la marche en avant ? ____
- Facilité de nettoyage des surfaces (*particulièrement sols/murs des pièces contenant enclos et aliments*) : ____
- Fréquence de nettoyage des surfaces : ____
- Type de produits utilisés (désinfectants, savons...) : ____

2. Manipulation des animaux

- Port d'une tenue dédiée aux locaux ? ____
- Utilisation de gants, à quelle fréquence et occasion : ____

- Changement de gants entre chaque cage ? ____

3. Traitement du matériel

- Fréquence et mode de nettoyage et de désinfection du matériel au contact des animaux vivants : ____
- Fréquence de renouvellement du matériel au contact des animaux vivants : ____

Alimentation

1. Caractéristiques de l'aliment

- Type d'aliment principal (sec/humide) : ____
- Marque et référence de l'aliment principal : ____

- Composition de l'aliment principal : *prendre en photo étiquette si besoin*

- Éléments ajoutés à la ration principale (+ marque, référence, composition pour chacun) :

- Changement de ration selon stade physiologique ? Femelles gravides ? Jeunes en croissance ?

Si l'aliment n'est pas le même pour tous les animaux, copier l'encadré sur les caractéristiques de l'aliment ci-dessous et le coller à la toute fin du document, puis remplir les informations en précisant à quels animaux tel aliment est donné.

- **Méthodes de conservation de l'aliment** : Pièce spéciale ? Boîte en plastique ou conditionnement initial de l'aliment ?...

- **Informations sur la gestion des stocks** : Période d'achat ? Durée d'utilisation après ouverture ? Jet des aliments périmés ? ...

- **Méthode de contrôle qualité des aliments** : Recherche moisissures ? Odeur ? Observation du rejet de l'aliment par les animaux ? ...

2. Gestion de l'alimentation

- **Aliment ad libitum ?** ____
- **Quantité d'aliment principale proposée par jour** : ____

- **Quantité d'aliments autre que la ration principale proposée par jour** : ____

- **QUANTITÉ d'aliment CONSOMMÉE par jour** :

Moyenne sur l'ensemble des animaux : ____

Médiane sur l'ensemble des animaux : ____

Sinon fournir un document contenant les mesures individuelles sur l'année, si possible

- **Fréquence de changement de l'aliment** : ____

- **Présentation de l'aliment** : gamelle, râtelier,..

3. Gestion de l'abreuvement

- **Quantité d'eau proposée par jour** : ____
- **Origine de l'eau** : ____
- **Des analyses qualités sont-elles réalisées sur l'eau ?** ____
- **Si oui lesquelles ?** ____

- **QUANTITÉ d'eau CONSOMMÉE en moyenne par jour**

Moyenne sur l'ensemble des animaux : ____

Médiane sur l'ensemble des animaux : ____

Sinon fournir un document contenant les mesures individuelles sur l'année, si possible

- **Fréquence de changement de l'eau** : ____

- **Présentation de l'eau** : biberon, gamelle,..

Reproduction

1. Conduite de la reproduction

- **Utilisation du logiciel ZooEasy pour la sélection de reproducteurs ?** ____
- **Méthode de choix des reproducteurs :**

—

- **Technique de mise à la reproduction :** *Où ? Quand ? Combien de temps ? Modalité de mise en contact des animaux ? Combien de mâles pour combien de femelles ? Temps de mise en confrontation ? Nombre de couples formés ? Nombre de jours où les couples sont laissés ensemble ? Où sont placées les mères gravides ?*

—

- **Gestion des nouveaux-nés :** *Où sont placées les mères avec leurs petits ? Forme/contenu de la cage ? Où sont placés les jeunes tout juste sevrés ?...*

—

2. Données sur le succès reproductif

- **Age moyen de mise à la reproduction :** ____
- **Nombre de portées par femelle au cours de sa vie dans l'élevage :**
Moyenne sur l'ensemble des femelles : ____
Médiane sur l'ensemble des femelles : ____
- **Nombre de portées par femelle par an :**
Moyenne sur l'ensemble des femelles : ____
Médiane sur l'ensemble des femelles : ____
- **Nombre de petits par portée :**
Moyenne sur l'ensemble des portées : ____
Médiane sur l'ensemble des portées : ____
- **Nombre de petits mort-nés par portée :**
Moyenne sur l'ensemble des portées : ____
Médiane sur l'ensemble des portées : ____
- **Taux de renouvellement :** ____
- **Taux de gestation (nombre de femelles gravides sur nombre de femelles mises à la reproduction) par groupe mis à la reproduction :** ____

Sinon fournir un document contenant les mesures individuelles sur l'année, si possible.

Santé des animaux

1. Morbidité dans l'élevage

- Nombre d'animaux ayant eu une pathologie clinique quelconque au cours de l'année N : ____
- Nombre d'animaux ayant eu une pathologie les conduisant au décès au cours de l'année N : ____

Si possibilité de fournir un document référençant les maladies et morts des animaux au cours de l'année, cela me permettrait d'étudier les données selon chaque pathologie

2. Gestion de l'hibernation

- **Données de température/hygrométrie/éclairage avant, pendant et après l'hibernation :**

Entrée en hibernation :

Température : ____

Hygrométrie : ____

Eclairage : ____

Pendant l'hibernation :

Température : ____

Hygrométrie : ____

Eclairage : ____

Sortie d'hibernation :

Température : ____

Hygrométrie : ____

Eclairage : ____

- **Dates d'entrée et de sortie d'hibernation approximatives :** ____

Fournir un document contenant les mesures individuelles sur l'année, si possible

Soins aux animaux

- **Informations sur la pose de transpondeur :** *âge des animaux, durée de la manipulation, technique de manipulation, par qui, etc..*

- **Mesures permettant de limiter le stress des animaux :**

- Nombre de personnes dédiées aux soins des animaux dans la structure : __
- Nombre d'interventions en moyenne par jour impliquant un contact visuel avec les animaux :
__
- Temps de contact visuel journalier moyen par personne avec les animaux d'une cage :
__
- Nombre d'interventions en moyenne par jour/mois/année impliquant un contact tactile avec les animaux :
__

Organisation du travail

- Nombre de personnes travaillant au sein de la structure : __
- Ratio nombre d'animaux/nombre de travailleurs : __
- Formations du personnel dédié aux soins des animaux : __
- Temps de présence hebdomadaire d'au moins une personne pouvant subvenir aux besoins des animaux au sein de la structure : __

Annexe I.B. Méthodes statistiques pour la création et la comparaison des boxplots :

Les boxplots ont été créés et les valeurs ont été testées à partir du logiciel R. Pour chaque test, il est vérifié que les valeurs suivent approximativement une loi normale à partir des courbes de Q-Q plot et tests de Shapiro effectués et que les variances des groupes comparés soient suffisamment proches par un test de Bartlett. Si ces critères sont respectés, les Pvaleurs sont déterminées par un test d'ANOVA et un test de Tukey au besoin. Si ces critères ne sont pas respectés, les Pvaleurs sont déterminées par un test de Kruskal-Wallis. En cas de Pvalue < 0,05, nous pouvons conclure au risque 5% de se tromper que les listes de valeurs comparées sont significativement différentes. Ces différences significatives ont été annotées dans les figures de l'exposé.

II. Annexes concernant l'élevage de SFS :

Annexe II.A. Alimentation

Alimentation des animaux à l'entretien :

Composition des bouchons « Top Rongeur » :

Blé, tourteau d'extraction feed de soja cuit génétiquement modifié, tourteau de pression de colza (expeller), maïs, mélasse de betterave, Tradi Mega NT (graines de lin TRADI-LIN, son), huile de colza, carbonate de calcium, prémélanges d'additifs, levures cultivées séchées, sel, oxyde de magnésium

Additifs nutritionnels :

Vitamine A (E 672) 13500 UI/kg

Vitamine D3 (E 671) 2700 UI/kg

Vitamine E (3a700) 100 mg/kg

Fer (sulfate ferreux, monohydraté) (E1) 65 mg/kg

Iode (iodate de calcium, anhydre) (E2) 2 mg/kg

Cuivre (sulfate cuivrique, pentahydraté) (E4) 20 mg/kg

Manganèse (oxyde manganeux) (E5) 104 mg/kg

Zinc (sulfate de zinc) (E6) 98 mg/kg

Sélénium (sélénite de sodium) (E8) 0,39 mg/kg

Composition des granulés de luzerne : 100% luzerne

Composition des croquettes EuroPremium Puppy Medium Chicken :

Farine de viande d'agneau (réhydratée, 32%), riz (réhydrogéné, 27,5%), farine de viande de poulet, graisse de poulet, pois, pulpe de betterave, foie de volaille hydrolysé, chlorure de sodium, carbonate de calcium, levure, chlorure de potassium, fructo-oligosaccharides, mannane-oligosaccharides, lécithine, pépins de raisin, romarin.

Additifs nutritionnels :

Vitamine A (20000 UI/kg), vitamine D (1700 mg/kg), vitamine E (150 mg/kg), cuivre (13 mg/kg), fer (120 mg/kg), zinc (190 mg/kg), manganèse (12 mg/kg), iode (3,1 mg/kg), sélénium (0,12 mg/kg).

Constituants analytiques des aliments :

	Bouchons « Top Rongeur »	Luzerne GRASASA	Croquettes « Euro Premium/Medium »
Protéines totales	21,5%	18%	30%
Protéines animales	0%	0%	21%
Protéines végétales	21,5%	18%	9%
Matières grasses	5%	3,5%	18%
Cellulose brute	4%	27%	2%
Humidité	12%	11%	10%
Cendres brutes	6%	11,5%	8,5%
Calcium	1,80%	?	1,35%
Phosphore	0,79%	?	0,85%

Alimentation des animaux à la reproduction :

Composition des bouchons « Top Rongeur Guyolap » :

Blé, tourteau d'extraction feed de soja cuit génétiquement modifié, tourteau de pression de colza (expeller), maïs, mélasse de betterave, Tradi Mega NT (graines de lin TRADI-LIN, son), levures cultivées séchées, huile de colza, carbonate de calcium, prémélanges d'additifs, sel, oxyde de magnésium

Additifs nutritionnels :

Vitamine A (E 672) 13600 UI/kg

Vitamine D3 (E 671) 2700 UI/kg

Vitamine E (3a700) 100mg/kg

Fer (sulfate ferreux, monohydraté) (E1) 65 mg/kg

Iode (iodate de calcium, anhydre) (E2) 2 mg/kg

Cobalt (carbonate basique de cobalt, monohydraté) (E3) 0,60 mg/kg
 Cuivre (sulfate cuivrique, pentahydraté) (E4) 20 mg/kg
 Manganèse (oxyde manganoux) (E5) 104 mg/kg
 Zinc (sulfate de zinc) (E6) 98 mg/kg
 Sélénium (sélénite de sodium) (E8) 0,39 mg/kg

Composition du mélange de graines pour tourterelles (utilisé depuis 2019) :

Composition : maïs 18%, blé 17%, millet jaune 15%, sorgho rouge 13%, sorgho blanc 12%, graine de carthame 6%, chenevis 5%, millet blanc 5%, sarrasin 4%, millet rouge 2%, haricot mungo 2%, vesce 1%)

Composition du mélange de graines pour rongeur (utilisé jusqu'en 2019) :

Céréales, légumes (minimum 12% dont 60% flocons de pois, 20% haricots verts, 13% morceaux de carottes), sous-produits d'origine végétale, extraits de protéines végétales, fruits (minimum 5% dont 50% caroube, 40% banane), viandes et sous-produits animaux, graines, noix (minimum 3% arachides), substances minérales, sucres, huiles et graisses, levures

Constituants analytiques des aliments :

	Bouchons « Top Rongeur Guyolap »	Mélange de graines pour tourterelles DeliNature
Protéines totales	21,5%	11,3%
Protéines animales	0%	0%
Protéines végétales	21,5%	100%
Matières grasses	5%	5,8%
Cellulose brute	4%	6,5%
Humidité	12%	12%
Cendres brutes	6%	2%
Calcium	1,80%	0,05%
Phosphore	0,79%	0,31%

Annexe II.B. Reproduction

Tableau référençant les périodes de mise à la reproduction selon l'année au SFS

Année 2017	24 juillet au 16 août	1 ^{ère} session	24 au 27 juillet
		2 ^{ème} session	16 août
Année 2018	4 avril au 10 juillet	1 ^{ère} session	4 au 9 avril
		2 ^{ème} session	16 au 19 avril
		3 ^{ème} session	2 au 5 mai
		4 ^{ème} session	14 au 15 mai
		5 ^{ème} session	7 au 12 juin
		6 ^{ème} session	9 au 10 juillet
Année 2019	15 avril au 6 juin	1 ^{ère} session	15 au 26 avril
		2 ^{ème} session	6 au 9 mai
		3 ^{ème} session	13 au 14 mai
		4 ^{ème} session	22 au 24 mai
		5 ^{ème} session	4 au 7 juin
Année 2020	27 avril au 22 juin	1 ^{ère} session	27 avril au 5 mai
		2 ^{ème} session	25 au 26 mai
		3 ^{ème} session	16 au 22 juin

Tableau bilan du nombre de mise-bas par femelle en moyenne et du nombre d'animaux avec lesquels se sont reproduits en moyenne un mâle ou une femelle au SFS selon l'année

	Nombre de mise-bas par femelle en moyenne	Nombre de mâles s'étant reproduit avec une femelle en moyenne (ayant mené à une mise-bas) ¹	Nombre de femelles s'étant reproduit avec un mâle en moyenne (ayant mené à une mise-bas) ²
Année 2017			
Année 2018	~0,8 (67/80) 3 femelles ont mis bas deux fois en étant accouplées avec des mâles différents la seconde fois	~1	~1 3 mâles accouplés avec deux femelles différentes
Année 2019	~0,8 (94/115)	1	~1 2 mâles accouplés avec deux femelles différentes
Année 2020	~0,8 (79/95) 5 femelles ont mis bas deux fois en étant accouplées avec les mêmes mâles la seconde fois	~1	~1 - 2 mâles accouplés avec deux femelles différentes - 5 mâles ré-accouplés avec les mêmes femelles

¹Avec combien de mâles s'est reproduit une femelle en moyenne ?

²Avec combien de femelles s'est reproduit un mâle en moyenne ?

Tableau bilan du nombre estimé de petits nés en moyenne à la première et seconde mise-bas au SFS

	Nombre estimé de petits nés en moyenne à la première mise-bas au cours de la vie de la femelle	Nombre estimé de petits nés en moyenne à la deuxième mise-bas au cours de la vie de la femelle
Année 2017	5,5	3,9*
Année 2018		
Année 2019		
Année 2020		

*Seule une seule femelle a été remise à la reproduction l'année suivante. Les autres femelles ont mis bas pour la seconde fois la même saison que leur première mise-bas et donc aussi, en fin de saison de reproduction (mi à fin juillet).

Annexe II.C. Bilan des causes de mortalité suspectées selon le sexe et l'âge et les tests recherchant *Lawsonia intracellularis* réalisés au SFS

Tableau bilan des causes de mortalité suspectées selon le sexe et les tests recherchant *L. intracellularis* en 2017

	Mâle	Femelle	% <i>Lawsonia intracellularis</i> +	Euthanasiés
Mortalité en hibernation	54%	46%	54%	0%
Tumeur thymique ou pulmonaire	100%			0%
Pathologie respiratoire	100%		50%	0%
Tumeur membre pelvien	100%		100%	100%
Agression par le mâle		100%		0%
Autres	25%	75%	75%	50%

En 2017, tous les animaux morts étaient âgés de 1 an.

Tableau bilan des causes de mortalité suspectées selon le sexe et l'âge en 2018

				Âge			
	Mâle	Femelle	Euthanasiés	< 1 an	1 an	2 ans	≥ 3 ans
Tumeur thymique ou pulmonaire	82%	18%	0%			100%	
Tumeur cutanée membre pelvien	100%		0%			100%	
Pathologie respiratoire		100%	0%			100%	
Mortalité en hibernation	50%	50%	0%			100%	
Cause indéterminée	100%		100%			100%	

En 2018, aucun animal n'a été testé par PCR pour *Lawsonia intracellularis*.

Tableau bilan des causes de mortalité suspectées selon le sexe, l'âge et les tests recherchant *L. intracellularis* en 2019

						Âge			
	Mâle	Femelle	Sexe inconnu	% <i>Lawsonia intracellularis</i> +	Euthanasiés	< 1 an	1 an	2 ans	≥ 3 ans
Tumeur thymique ou pulmonaire	100%				80%				100%
Ankylose queue + auto-mutilations			100%		100%	100%			
Affection respiratoire	100%			100%	0%		100%		
Agression par le mâle		100%			0%		100%		
Cause indéterminée	100%			100%	0%		100%		
Mortalité en hibernation	100%			100%	0%				100%

Tableau bilan des causes de mortalité suspectées selon le sexe, l'âge et les tests recherchant *L. intracellularis* en 2020

					Âge			
	Mâle	Femelle	Sexe inconnu	Euthanasiés	< 1 an	1 an	2 ans	≥ 3 ans
Autre tumeur		100%		100%			100%	
Blessure par congénère	100%			50%			100%	
Mortalité en hibernation	80%		20%	0%			100%	50%

III. Annexes concernant l'élevage du CNRS :

Annexe III.A. Alimentation

Alimentation des animaux à l'entretien :

Composition des bouchons « Top Rongeur Guyolap » : voir I.C.

Graines retrouvées dans le mélange de graines donné aux animaux :

- Blé décortiqué
- Avoine
- Maïs grain
- Graines de tournesol non décortiquées
- Haricots mungo
- Soja jaune dépelliculé
- Grains de colza
- Sarrasin
- Pois
- Sorgho
- Pousses de radis

Alimentation des animaux à la reproduction :

Composition des bouchons « Top Rongeur Guyolap » : voir I.C.

Composition des granulés de luzerne : 100% luzerne

Composition des croquettes :

Protéines déshydratées de porc et volailles, riz (min. 4 %), graisses animales, pois, fécule de pommes de terre (min. 4 %), protéines hydrolysées de porc et volailles, lignocellulose, substances minérales, coques de fèves, pulpe de betterave, graine de lin, huile de poissons, levure de bière (source de bêtaglucane), fibre de psyllium (*Plantago (L.) spp.*), fructo-oligosaccharides, *Lactobacillus acidophilus*, sulfate de chondroïtine.

Constituants analytiques :

	Bouchons « <i>Top Rongeur Guyolap</i> »	Luzerne « <i>LORIAL</i> »	Croquettes « <i>Virbac Baby Small & Toy</i> »
Protéines totales	21,5%	15,2%	35%
Protéines animales	0%	0	31,5%
Protéines végétales	21,5%	15,2%	4,5%
Matières grasses	5%	1,6%	21%
Cellulose brute	4%	29,0%	4%
Humidité	12%	?	9%
Cendres brutes	6%	11,0%	7,5%
Calcium	1,80%	2,11%	1,2%
Phosphore	0,79%	0,26%	1,1%

Composition des anciens bouchons « SAFE 107 » :

Orge, maïs, blé, graines de soja extrudées, protéine de poissons hydrolysée, son de blé, levure de bière, tourteau d'extraction de soja, prémélange de vitamines, carbonate de calcium, prémélange de minéraux, phosphate bicalcique.

Acides aminés total :	Acides gras total :	Minéraux total :	Vitamines total
Arginine : 12700 mg	Acide palmitique : 8000 mg	P : 5300 mg	Vitamine A : 22000 UI
Cystine : 3300 mg	Acide palmitoléique : 300 mg	Ca : 7500 mg	Vitamine D3 : 1100 UI
Lysine : 11800 mg	Acide stéarique : 1500 mg	Na : 2600 mg	Vitamine B1 : 7,5 mg
Méthionine : 4400 mg	Acide oléique : 9000 mg	K : 6800 mg	Vitamine B2 : 13 mg
Tryptophane : 2200 mg	Acide linoléique : 22000 mg	Mg : 1330 mg	Vitamine B5 : 37 mg
Glycine : 11700 mg	Acide linoléique : 2800 mg	Mn : 60 mg	Vitamine B6 : 5,6 mg
		Fe : 270 mg	Vitamine B12 : 0,06 mg
		Cu : 17 mg	Vitamine E : 100 mg
		Zn : 60 mg	Vitamine K3 : 5 mg
		Cl : 4200 mg	Niacine : 90 mg
			Ac.Folique : 0,75 mg
			Biotine : 0,15 mg
			Choline : 2100 mg

Constituants analytiques des bouchons :

	Bouchons « <i>SAFE 107</i> »
Protéines totales	22,4%
Matières grasses	13,3%
Cellulose brute	23,4
Humidité	?
Cendres brutes	?

Annexe III.B. Grille de scoring utilisée pour la surveillance de l'état de santé des animaux au CNRS

Lors de l'inspection de l'état sanitaire des animaux, si un animal est prostré dans la cage ou s'il présente une perte de poids progression ou brutale de plus de 15%, un examen plus détaillé de son niveau de douleur est effectué selon la grille suivante:

Etat de la cicatrisation :	normal : 0
	anormal : 1
Activité locomotrice :	normal : 0
	anormal : 1
Dos vouté :	normal : 0
	anormal : 1
Yeux enfoncé :	normal : 0
	anormal : 1
Piloérection :	normal : 0
	anormal : 1
Agressivité :	normal : 0
	anormal : 1
Tremblement :	normal : 0
	anormal : 1
Respiration :	normal : 0
	anormal : 1
couinement:	normal : 0
	anormal : 1

Selon la somme du score de l'ensemble des critères l'arbre décisionnel suivant est appliqué

score > 5: Le devenir de l'animal est discuté avec le vétérinaire de référence, le responsable du bien être animal et le responsable du projet : l'animal sera soit traité pour sa douleur soit euthanasié

score >2 et <5: L'animal est soumis à une surveillance accrue selon la grille d'évaluation de la douleur décrite ci-dessus. De plus, l'application de traitement palliatif est envisagée avec le vétérinaire de référence, le responsable du bien être animal et le responsable du projet

score <2 aucune mesure particulière n'est prise

L'ensemble de cette évaluation ainsi que la décision prise sont consignés dans les documents de l'étude considérée. La décision prise est également consignée dans le registre sanitaire.

Annexe III.C. Reproduction

III.C.1 Bilan des mises à la reproduction

Tableau référençant les périodes de mise à la reproduction selon l'année au CNRS

Année 2017	Mi-avril à mi-juillet	/
Année 2018	Mi-avril à mi-juin	/
Année 2019	Début mars à début juillet	5 mars (hors expérimentations)
		7 mars au 5 avril*
		29 avril au 30 mai*
		27 juin et 25 juillet*
		29 avril et 30 mai**
		Autres sessions***
Année 2020	6 mars au 16 juin	6 mars****
		5 juin****
		7 mars*
		9 avril et 14 mai*
		16 juin*

Les cases grisées représentent les informations non transmises ou non disponibles au moment de la collecte de données

* Dans le cadre d'une étude menée par T. Constant sur le lien entre l'hibernation et la reproduction.

** Ces reproductions ont eu lieu dans le cadre d'une étude sur l'alimentation par F. Ketty ayant significativement impacté les résultats reproducteurs des animaux. Ces données ne sont pas incluses dans les graphiques et dans l'analyse.

*** Certaines données d'accouplement n'ont pas été communiquées et ne sont donc pas comprises dans les résultats.

**** Dans le cadre d'une étude réalisée par J. Fleitz sur la prédation du Grand Hamster.

En 2019, certaines mises à la reproduction ont eu lieu hors expérimentation avec de faibles effectifs et d'autres dans un cadre expérimental. N'ont été conservées que les données issues de la reproduction hors expérimentation et de l'étude menée par T. Constant car les autres mises à la reproduction ont énormément influencé le succès reproductif et ne sont donc pas pertinentes à présenter ici. Les données présentées dans les graphiques suivants ne représentent de fait pas les données totales de l'année. En 2020, tous les animaux ont été mis à la reproduction dans un cadre expérimental par J. Fleitz et T.Constant selon la technique de mise à la reproduction standard.

Tous les animaux mis à la reproduction en 2019 et 2020 (hormis les animaux mis à la reproduction hors cadre expérimental en 2019) ont été placé en photopériode longue début janvier. Les animaux étaient donc aptes à se reproduire au minimum dès mi-février comme la sortie d'hibernation s'est réalisée mi à fin janvier. Ces conditions permettraient notamment de limiter les différences interindividuelles dans le cadre de l'étude en cours. Aussi, dans le cadre de l'étude de T. Constant, en 2019 et en 2020, les couples ont été choisi en fonction du taux de consanguinité et de leur durée d'hibernation respective. Les animaux ayant eu des durées d'hibernation similaires sont accouplés préférentiellement.

Les couples ayant passé le test des 10 minutes d'observation après mise en contact sont considérés comme formés. Le « nombre de couples formés » peut inclure plusieurs fois le même couple si ce couple s'est entendu sur plusieurs sessions. Il n'y a eu aucun animal blessé à la reproduction rapporté en 2020. Les données concernant les blessés potentiels sont manquantes pour les autres années.

Pour l'année 2019, seules les données transmises concernant les mises à la reproduction hors expérimentation et dans le cadre de la thèse de T. Constant ont été incluses dans les tableaux suivants. Ces données seront notées en violet afin de notifier qu'il ne s'agit pas là des résultats totaux de l'année.

Tableau référençant le nombre d'animaux morts à la reproduction au CNRS selon l'année

Année 2017	0
Année 2018	3 mâles tués par la femelle et une femelle tuée par le mâle*
Année 2019	
Année 2020	0

Les cases grisées représentent les informations non transmises ou non disponibles au moment de la collecte de données

*Ces agressions ont eu lieu dans le cadre d'un projet de recherche sur l'alimentation.

II.C.2 Bilan des gestations et mise-bas

Tableau référençant la moyenne du nombre de jours entre la mise en contact et la mise-bas au CNRS selon l'année

Année 2017					
Année 2018					
Année 2019	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet
	21,3	18	19,6	21	
Total = 20,5					
Année 2020					

Les cases grisées représentent les informations non transmises ou non disponibles au moment de la collecte de données

Tableau bilan du nombre de mise-bas par femelle en moyenne et du nombre d'animaux avec lesquels se sont reproduits en moyenne un mâle ou une femelle selon l'année au CNRS

	Nombre de mise-bas par femelle en moyenne	Nombre de mâles s'étant reproduit avec une femelle en moyenne (ayant mené à une mise-bas) ¹	Nombre de femelles s'étant reproduit avec un mâle en moyenne (ayant mené à une mise-bas) ²
Année 2017	/	~1,1	~1,3
	2 femelles ont mis bas 2 fois en étant accouplées avec des mâles différents la seconde fois		2 mâles accouplés 2 fois avec 2 femelles différentes 2 mâles accouplés 3 fois avec 3 femelles différentes 1 mâle accouplé 4 fois avec 4 femelles différentes
Année 2018	/	1	1
Année 2019	0,09 (1/11) [~1,9 (23/12)]	1 ; [~1,1]	1 ; [~ 1,1]
	[10 femelles ont mis bas 2 fois dont 9 femelles ayant été ré-accouplées avec les mêmes mâles et 1 femelle accouplée avec un mâle différent la seconde fois 1 femelle a mis bas 3 fois en étant accouplée avec le même mâle à chaque fois]		[1 mâle accouplé 2 fois avec 2 femelles différentes 1 mâle accouplé 3 fois avec la même femelle 10 mâles accouplés 2 fois avec les mêmes femelles]
Année 2020	~0,8 (13/17) [~1,1 (29/26)]	~1 ; [1]	~1 ; [1]
	2 femelles ont mis bas 2 fois dont 1 femelle ayant été ré-accouplée avec le même mâle et 1 femelle accouplée avec un mâle différent la seconde fois [11 femelles ont mis bas 2 fois en étant ré-accouplées avec les mêmes mâles la seconde fois]		1 mâle accouplé 2 fois avec la même femelle 1 mâle accouplé deux fois avec une femelle différente [11 mâles accouplés 2 fois avec les mêmes femelles]

Les cases grisées représentent les informations non transmises ou non disponibles au moment de la collecte de données
 [] Entre crochet : données de T. Constant | *Italique* : données de J. Fleitz

¹Avec combien de mâles s'est reproduit une femelle en moyenne ?

²Avec combien de femelles s'est reproduit un mâle en moyenne ?

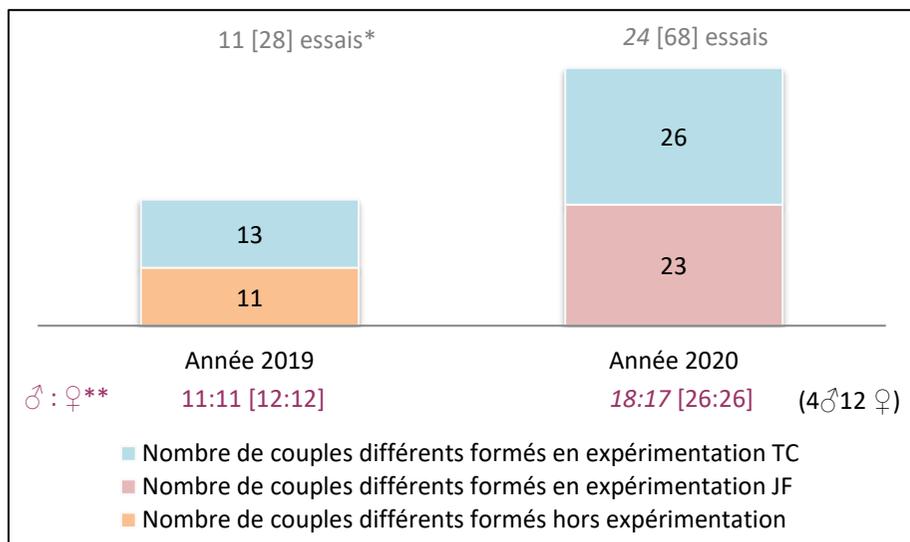
Tableau bilan du nombre estimé de petits nés en moyenne à la 1^{ère}, 2nd et 3^{ème} mise-bas au CNRS

	Nombre de petits nés en moyenne à la première mise-bas au cours de la vie de la femelle*	Nombre de petits nés en moyenne à la deuxième mise-bas*		Nombre de petits nés en moyenne à la troisième mise-bas*	
		Sur l'année suivante**	Sur la même année**	Sur l'année suivante	Sur la même année
Année 2017	6,7	6,6	6,4	6	5,8***
Année 2018					
Année 2019					
Année 2020					

*Les portées des femelles ayant déjà mis bas en 2016 ont été intégrés à ces moyennes

**Nombre de petits nés en moyenne à la deuxième mise-bas sur deux années consécutives ou sur la même année

***Cette moyenne est composée du nombre de petits à la 3^{ème} mise-bas d'une femelle ayant mis bas 3 fois la même année et du nombre de petits à la 3^{ème} mise-bas d'une femelle ayant mis bas une fois en 2016 puis 2 fois en 2017.

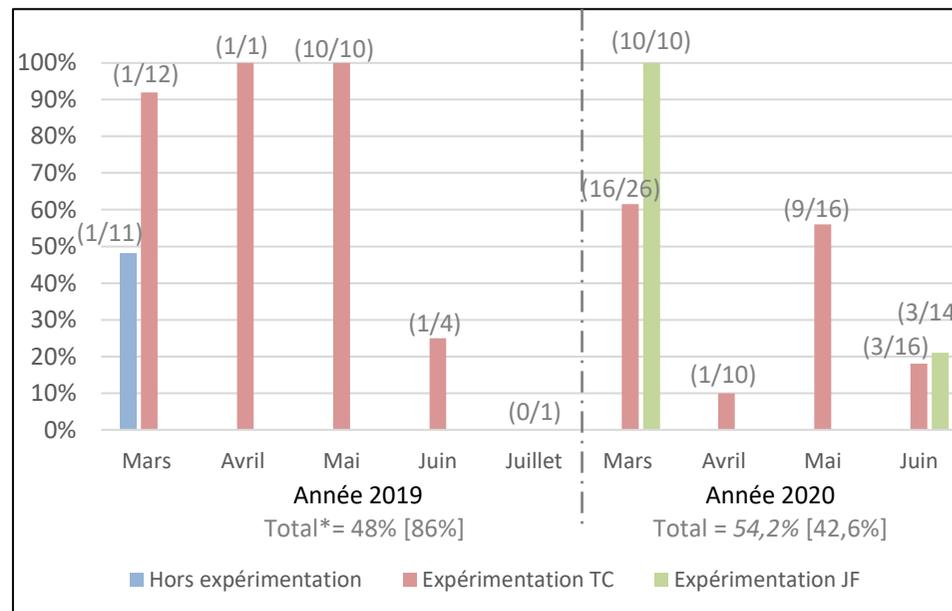


*Au-dessus des colonnes en gris : nombre d'essais totaux réalisés au cours de la saison de reproduction avec les différents couples testés. Tous les couples testés se sont formés sur les 2 ans.

**En-dessous des colonnes : sex-ratio en violet et nombre d'animaux s'étant déjà reproduits l'année précédente en noir

[] Entre crochet : données de T. Constant | *Italique* : données de J. Fleitz

Nombre de couples différents mis à la reproduction au CNRS selon l'année

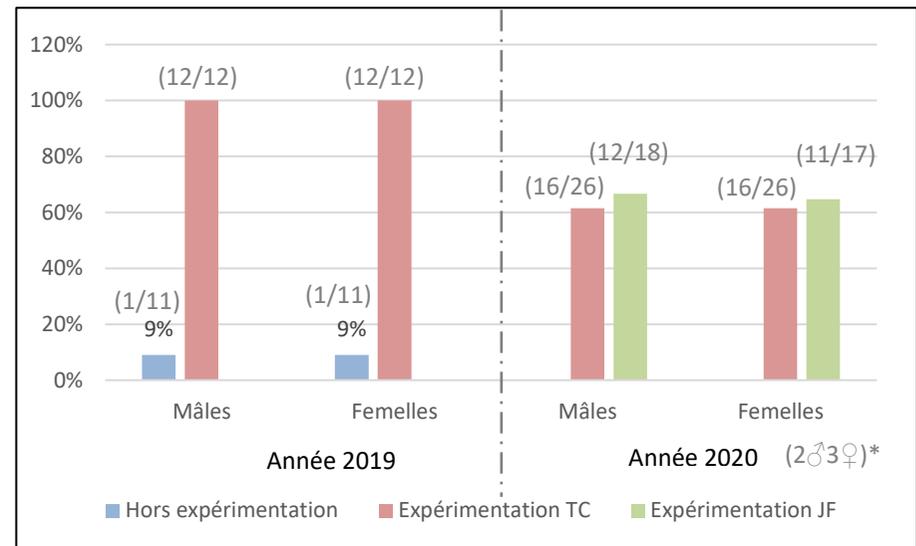
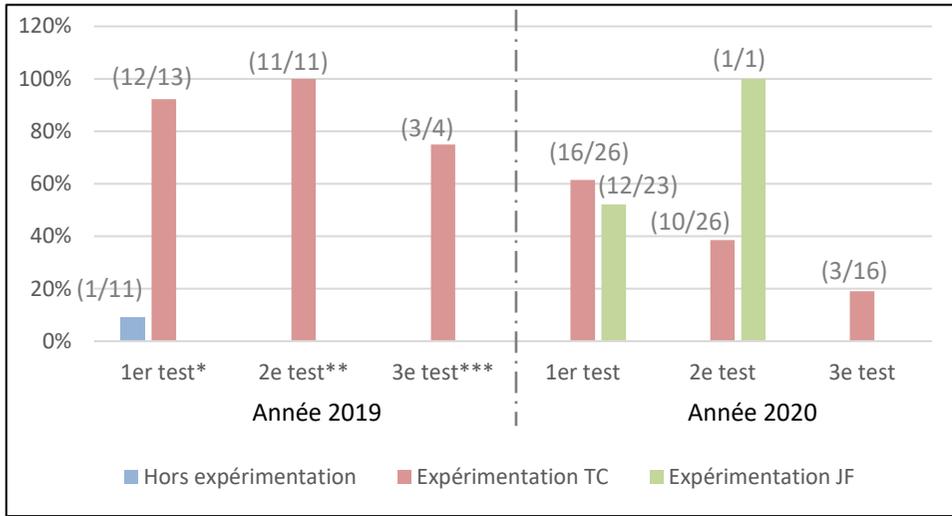


NB : Nombre de couples formés = nombre d'essais pour ces années

*Pourcentage du nombre total de mise-bas sur nombre total de couples formés

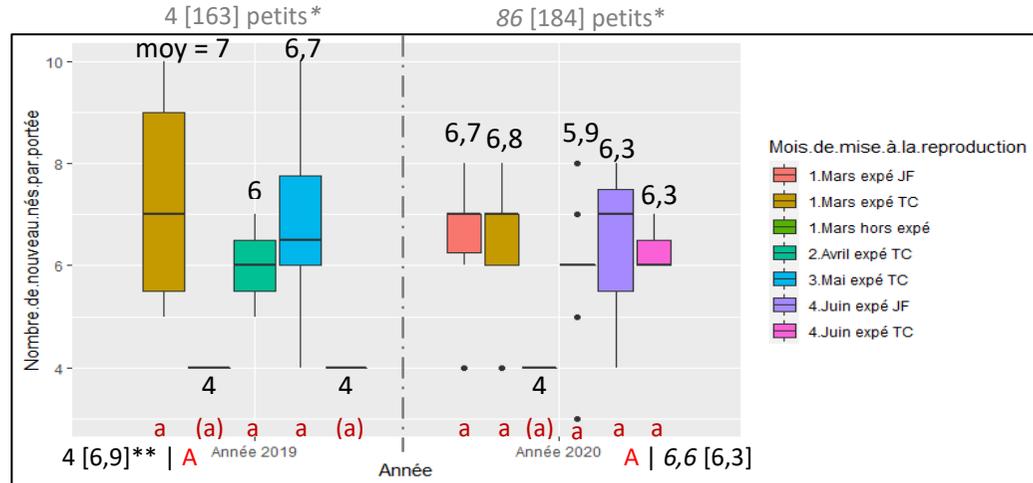
[] Entre crochet : données de T. Constant | *Italique* : données de J. Fleitz

Pourcentage du nombre de mise-bas sur le nombre de couples formés au CNRS, par mois de mise à la reproduction et par an



*Nombre de mise-bas/nombre de couples testés pour la 1^{ère} fois
 **Nombre de mise-bas/nombre de couples testés pour la 2^{ème} fois
 ***Nombre de mise-bas/nombre de couples testés pour la 3^{ème} fois
Pourcentage du nombre de mise-bas sur le nombre de couples testés au CNRS pour la énième fois, par an

*Nombre d'animaux ayant déjà réussi à se reproduire l'année précédente
Pourcentage du nombre de mâles et femelles ayant eu des petits sur le nombre de mâles et femelles à la reproduction au CNRS par an



*Nombre estimé de petits nés cette année **Moyenne du nombre estimé de nouveau-nés par portée sur toute l'année
 ab, AB: deux mêmes lettres d'une même couleur signifient que les valeurs ne diffèrent pas significativement entre elles.
 (a) : le groupe ne contient qu'une seule valeur. [] Entre crochet : données de T. Constant | *Italique* : données de J. Fleitz

Boxplots affichant le nombre estimé de nouveau-nés par portée au CNRS selon le mois et l'année de mise à la reproduction

Annexe III.D. Bilan des causes de mortalité suspectées selon le sexe et l'âge au CNRS

Tableau bilan des causes de mortalité suspectées selon le sexe et l'âge en 2017

	Mâle	Femelle	Indéterminé	Euthanasiés	Âge			
					< 1 an	1 an	2 ans	3 ans
Mortalité en hibernation	100%			0%	100%			
Malocclusion dentaire	50%	50%		50%	100%			
Indéterminée	50%	50%		0%		67%	33%	

Tableau bilan des causes de mortalité suspectées selon le sexe et l'âge en 2018

	Mâle	Femelle	Indéterminé	Euthanasiés	Âge			
					< 1 an	1 an	2 ans	≥ 3 ans
Mortalité en hibernation		100%		0%		100%		
Blessure	40%	40%	20%	20%		80%	20%	
Vieillesse		100%		0%				100%
Agression par la femelle	100%			0%		100%		
Agression par le mâle		100%		0%		100%		
Indéterminée	60%	40%		20%	20%	20%	60%	

Tableau bilan des causes de mortalité suspectées selon le sexe et l'âge en 2019

	Mâle	Femelle	Indéterminé	Euthanasiés	Âge			
					< 1 an	1 an	2 ans	≥ 3 ans
Tumeur thymique	100%			80%				100%
Tumeur pulmonaire	100%			100%				100%
Ankylose queue + auto-mutilations			100%	100%	100%			
Atteinte pulmonaire	100%			0%	50%	50%		
Agression par le mâle		100%		0%		100%		
Cause indéterminée	100%			0%		100%		
Mortalité en hibernation	100%			0%		50%		50%

Tableau bilan des causes de mortalité suspectées selon le sexe et l'âge en 2020

	Mâle	Femelle	Indéterminé	Euthanasiés	Âge			
					< 1 an	1 an	2 ans	≥ 3 ans
Tumeur thymique ou pulmonaire	100%			86%			100%	
Autre tumeur	100%			100%		100%		
Atteinte point limite	50%	25%	25%	100%	25%		50%	25%
Indéterminée	100%			0%		100%		
Affection pulmonaire		100%		100%			100%	
Mortalité en hibernation	40%	20%	40%	0%	40%	20%	40%	

IV. Annexes concernant l'élevage de NaturOparC :

Annexe IV.A. Alimentation

Composition des bouchons « Top Rongeur » : *voir I.C.*

Composition des anciens bouchons « SAFE 107 » : *voir II.B.*

Annexe IV.B. Reproduction

Tableau référençant les périodes de mise à la reproduction selon l'année à NaturOparC

Année 2017	19 avril au 27 juin	1 ^{ère} session	19 avril au 2 mai
		2 ^{ème} session	3 mai au 16 mai
		3 ^{ème} session	26 mai au 6 juin
		4 ^{ème} session	15 juin au 27 juin
Année 2018	20 mai au 2 juillet	1 ^{ère} session	20 mai au 31 mai
		2 ^{ème} session	22 juin au 2 juillet
Année 2019	23 avril au 1 ^{er} juillet	1 ^{ère} session	23 avril au 2 mai
		2 ^{ème} session	27 mai au 6 juin
		3 ^{ème} session	28 juin au 5 juillet
Année 2020	20 avril au 1 ^{er} juin	1 ^{ère} session	20 au 22 avril
		2 ^{ème} session	27 mai au 1 ^{er} juin

Tableau bilan du nombre de mise-bas par femelle en moyenne et du nombre d'animaux avec lesquels se sont reproduits en moyenne un mâle ou une femelle à NaturOparC selon l'année

	Nombre de mise-bas par femelle en moyenne	Nombre de mâles s'étant reproduit avec une femelle en moyenne (ayant mené à une mise-bas) ¹	Nombre de femelles s'étant reproduit avec un mâle en moyenne (ayant mené à une mise-bas) ²
Année 2017	1 (17/17)	1	~1,1 1 mâle accouplé avec 3 femelles différentes
Année 2018	0,5 (7/13)	1	1
Année 2019	0,4 (7/19)	1	1
Année 2020	0,4 (8/19)	1	1

¹Avec combien de mâles s'est reproduit une femelle en moyenne ?

²Avec combien de femelles s'est reproduit un mâle en moyenne ?

Tableau bilan du nombre estimé de petits nés en moyenne à la 1^{ère}, 2nd et 3^{ème} mise-bas au CNRS

	Nombre de petits nés en moyenne à la première mise-bas au cours de la vie de la femelle	Nombre de petits nés en moyenne à la deuxième mise-bas au cours de la vie de la femelle
Année 2017	4,5	3,5*
Année 2018		
Année 2019		
Année 2020		

*Seulement 2 femelles ont mis bas deux fois au cours de leur vie dans l'élevage, sur deux années consécutives.

Annexe IV.C. Bilan des différentes affections observées à NatutOparC selon le sexe et l'âge

Tableau bilan des différentes affections observées à NaturOparC selon le sexe et l'âge des animaux en 2017

	Mâle	Femelle	Sexe inconnu	Âge			
				< 1 an	1 an	2 ans	≥ 3 ans
Blessure par morsure	83%	17%	25%			100%	
Problème ophtalmique	0%	33%	67%		67%	33%	
Problème dermatologique (masse, boursouflure)	50%	50%	0%		50%	50%	
Amaigrissement	50%	50%	0%			100%	

Tableau bilan des différentes affections observées à NaturOparC selon le sexe et l'âge des animaux en 2018

	Mâle	Femelle	Sexe inconnu	Âge			
				< 1 an	1 an	2 ans	≥ 3 ans
Blessure par morsure	75%	0%	25%			100%	
Problème ophtalmique	100%	0%	0%			100%	

Tableau bilan des différentes affections observées à NaturOparC selon le sexe et l'âge des animaux en 2019

	Mâle	Femelle	Sexe inconnu	Âge			
				< 1 an	1 an	2 ans	≥ 3 ans
Blessure par morsure	33%	67%	0%		33%	33%	33%

Tableau bilan des différentes affections observées à NaturOparC selon le sexe et l'âge des animaux en 2020

	Mâle	Femelle	Sexe inconnu	Âge			
				< 1 an	1 an	2 ans	≥ 3 ans
Blépharite	0%	50%	50%	50%		50%	
Blessure	100%	0%	0%		100%		
Difficultés respiratoires	0%	100%	0%			100%	
Malocclusion	0%	100%	0%		100%		
Trouble dermatologique	100%	0%	0%			100%	

Annexe IV.D. Bilan des causes de mortalité à NaturOparC selon le sexe et l'âge

Pour l'année 2017 :

En 2017, une femelle de moins d'un an est morte par accident (pendaison à la grille).

Pour l'année 2018 :

En 2018, un animal de sexe indéterminé est mort de raison inconnue.

Tableau bilan des causes de mortalité suspectées selon le sexe et l'âge en 2019

	Mâle	Femelle	Sexe inconnu	Euthanasiés	Âge			
					< 1 an	1 an	2 ans	>=3 ans
Tumeur thymique	50%	50%	0%				50%	50%
Tumeur autre	50%	50%	0%				100%	
Maladie dentaire	0%	100%	0%					100%
Maladie digestive	100%	0%	0%			100%		
Maladie urinaire	100%	0%	0%			100%		
Indéterminée	0%	0%	100%		100%			

Tableau bilan des causes de mortalité suspectées selon le sexe et l'âge en 2020

	Mâle	Femelle	Sexe inconnu	Euthanasiés	Âge			
					< 1 an	1 an	2 ans	>=3 ans
Tumeur thymique	67%	33%	0%	66%		33%	67%	
Tumeur autre	0%	100%	0%	100%			100%	
Blessure	0%	100%	0%	100%			100%	
Affection respiratoire	50%	50%	0%	100%		50%	50%	
Mortalité hibernation	0%	100%	0%	0%				100%

Nom, prénom de l'auteur : EVRARD Noémie

Sujet : Les pratiques d'élevage pour la conservation du Hamster commun en France dans le cadre du Plan National d'Action : étude rétrospective de 2017 à 2020

Résumé

Le Grand Hamster d'Alsace, espèce endémique de la biodiversité alsacienne, est classé « En danger critique d'extinction » sur la Liste rouge de l'UICN depuis 2021. La pérennité de l'espèce dans les plaines d'Alsace repose sur les mesures de préservation mises en place et encadrées par le ministère de la transition écologique avec notamment, des actions de réintroduction de hamsters d'Europe reproduits et élevés en captivité dans leur milieu naturel. Trois élevages français participent aux renforcements des populations de hamsters en Alsace. Les pratiques de ces trois élevages étant très différentes, cette thèse a pour objectif de réaliser un état des lieux des protocoles utilisés par chaque élevage afin d'améliorer la qualité des relâchés par la suite.

Un questionnaire envoyé aux trois élevages ainsi que plusieurs interviews et visites des locaux avec les éleveurs, ont permis de rédiger pour chaque structure l'ensemble des protocoles utilisés. Les résultats en termes de reproduction et mortalité notamment ont également été discutés. Au terme de cette étude, ont été mises en évidence des disparités notables dans les données collectées par chaque élevage. De ce fait, des exemples de données types à relever de manière harmonisée ont été proposés. Par ailleurs, des améliorations concernant principalement la gestion génétique des élevages, la gestion de la reproduction et la gestion de la période de pré-relâchés ont été émises.

Mots-clés : Hamster d'Europe, Alsace (France), Animaux menacés, Elevage, Réintroduction, Conservation

Abstract

The European Hamster, endemic species of the french region of Alsace, has been classified "Critically endangered" on the IUCN Red List since 2021. Supervised by the French Ministry of Environment, preservation measures have been established as reintroducing captive-bred European hamsters in the wild in order to improve the chance of survival of the species in the agricultural plain of Alsace. Three French conservation breedings help in strengthening hamster populations in Alsace, each one working differently from one-another. This thesis aims to carry out an inventory of the protocols used by each breeding aiming to an improvement of the survival of captive-bred hamsters after release.

Protocols written individually for each breeding-farms throughout this thesis would not have been possible without the involvement of each structures. Data have been collected through a questionnaire, some interviews and visits of the premises. The results in terms of reproduction and mortality were also discussed. At the end of this thesis, remarkable differences are highlighted within the breedings' gathered data. A proposal is also made for harmonizing the data gathering. Finally, suggestions about improving genetics, reproduction and pre-release managements are also provided.

Keywords : European Hamster, Alsace (France), Endangered Hamster, Breeding farm, Conservation, Reinforcement