



<http://portaildoc.univ-lyon1.fr>

CAMPUS VÉTÉRINAIRE DE LYON

Année 2023 - Thèse n° 009

ETUDE DE L'ENRICHISSEMENT DES REPTILES ET AMPHIBIENS DANS LES PARCS ZOOLOGIQUES FRANCOPHONES A TRAVERS LE MODELE DU TRITON ALPESTRE (ICHTHYOSAURA ALPESTRIS REISERI)

THESE

Présentée à l'Université Claude Bernard Lyon 1
(Médecine – Pharmacie)

Et soutenue publiquement le 5 juin 2023
Pour obtenir le titre de Docteur Vétérinaire

Par

NORROY LE CIEUX Aziliz

CAMPUS VÉTÉRINAIRE DE LYON

Année 2023 - Thèse n° 009

**ETUDE DE L'ENRICHISSEMENT DES REPTILES ET
AMPHIBIENS DANS LES PARCS ZOOLOGIQUES
FRANCOPHONES A TRAVERS LE MODELE DU TRITON
ALPESTRE (ICHTHYOSAURA ALPESTRIS REISERI)**

THESE

Présentée à l'Université Claude Bernard Lyon 1
(Médecine – Pharmacie)

Et soutenue publiquement le 5 juin 2023
Pour obtenir le titre de Docteur Vétérinaire

Par

NORROY LE CIEUX Aziliz

Liste des enseignants du Campus Vétérinaire de Lyon (20-03-2023)

Pr	ABITBOL	Marie	Professeur
Dr	ALVES-DE-OLIVEIRA	Laurent	Maître de conférences
Pr	ARCANGIOLI	Marie-Anne	Professeur
Dr	AYRAL	Florence	Maître de conférences
Pr	BECKER	Claire	Professeur
Dr	BELLUCO	Sara	Maître de conférences
Dr	BENAMOU-SMITH	Agnès	Maître de conférences
Pr	BENOIT	Etienne	Professeur
Pr	BERNY	Philippe	Professeur
Pr	BONNET-GARIN	Jeanne-Marie	Professeur
Dr	BOURGOIN	Gilles	Maître de conférences
Dr	BRUTO	Maxime	Maître de conférences
Dr	BRUYERE	Pierre	Maître de conférences
Pr	BUFF	Samuel	Professeur
Pr	BURONFOSSE	Thierry	Professeur
Dr	CACHON	Thibaut	Maître de conférences
Pr	CADORÉ	Jean-Luc	Professeur
Pr	CALLAIT-CARDINAL	Marie-Pierre	Professeur
Pr	CHABANNE	Luc	Professeur
Pr	CHALVET-MONFRAY	Karine	Professeur
Dr	CHANOIT	Guillaume	Professeur
Dr	CHETOT	Thomas	Maître de conférences
Pr	DE BOYER DES ROCHES	Alice	Professeur
Pr	DELIGNETTE-MULLER	Marie-Laure	Professeur
Pr	DJELOUADJI	Zorée	Professeur
Dr	ESCRIOU	Catherine	Maître de conférences
Dr	FRIKHA	Mohamed-Ridha	Maître de conférences
Dr	GALIA	Wessam	Maître de conférences
Pr	GILOT-FROMONT	Emmanuelle	Professeur
Dr	GONTHIER	Alain	Maître de conférences
Dr	GREZEL	Delphine	Maître de conférences
Dr	HUGONNARD	Marine	Maître de conférences
Dr	JOSSON-SCHRAMME	Anne	Chargé d'enseignement contractuel
Pr	JUNOT	Stéphane	Professeur
Pr	KODJO	Angeli	Professeur
Dr	KRAFFT	Emilie	Maître de conférences
Dr	LAABERKI	Maria-Halima	Maître de conférences
Dr	LAMBERT	Véronique	Maître de conférences
Pr	LE GRAND	Dominique	Professeur
Pr	LEBLOND	Agnès	Professeur
Dr	LEDOUX	Dorothée	Maître de conférences
Dr	LEFEBVRE	Sébastien	Maître de conférences
Dr	LEFRANC-POHL	Anne-Cécile	Maître de conférences
Dr	LEGROS	Vincent	Maître de conférences
Pr	LEPAGE	Olivier	Professeur

Pr LOUZIER	Vanessa	Professeur
Dr LURIER	Thibaut	Maître de conférences
Dr MAGNIN	Mathieu	Maître de conférences
Pr MARCHAL	Thierry	Professeur
Dr MOSCA	Marion	Maître de conférences
Pr MOUNIER	Luc	Professeur
Dr PEROZ	Carole	Maître de conférences
Pr PIN	Didier	Professeur
Pr PONCE	Frédérique	Professeur
Pr PORTIER	Karine	Professeur
Pr POUZOT-NEVORET	Céline	Professeur
Pr PROUILLAC	Caroline	Professeur
Pr REMY	Denise	Professeur
Dr RENE MARTELLET	Magalie	Maître de conférences
Pr ROGER	Thierry	Professeur
Dr SAWAYA	Serge	Maître de conférences
Pr SCHRAMME	Michael	Professeur
Pr SERGENTET	Delphine	Professeur
Dr TORTEREAU	Antonin	Maître de conférences
Dr VICTONI	Tatiana	Maître de conférences
Dr VIRIEUX-WATRELOT	Dorothée	Chargé d'enseignement contractuel
Pr ZENNER	Lionel	Professeur

Remerciements au jury

A Monsieur le Professeur Pierre FOURNERET,

De l'Université Claude Bernard Lyon 1, Faculté de médecine de Lyon Sud,

Pour m'avoir fait l'honneur d'accepter la présidence de mon jury de thèse et pour son intérêt pour les tritons.

Mes hommages respectueux.

A Madame le Professeur Marion DESMARCHELIER,

De l'Université de Montréal, Faculté de médecine vétérinaire de Saint-Hyacinthe

Pour avoir cru en moi et en notre projet franco-québécois, mais surtout pour avoir été un modèle d'optimisme et de savoir. Pour m'avoir tant appris et tant encouragée à chacune de nos rencontres, d'un côté ou l'autre de l'Atlantique, à toute heure du jour et de la nuit, parfois dans des lieux insolites. Je me réjouis de vous rejoindre pour une nouvelle année et attend avec impatience la suite de nos aventures.

Mes remerciements infinis.

A Monsieur le Docteur Olivier MARQUIS,

Du Muséum d'Histoire Naturelle, Parc zoologique de Paris,

Pour nous avoir rejointes dans cette incroyable expérience et nous avoir présenté tes tritons. Pour avoir apporté ton expertise, ton humour et ta bonne humeur. Pour ton soutien sans faille et toutes nos heures à aménager des aquariums. Pour avoir été tellement plus qu'un membre invité.

Mes remerciements infinis.

A Madame le Professeur Marie-Pierre CALLAIT-CARDINAL,

De VetAgroSup, Campus vétérinaire de Lyon

Pour avoir accepté d'encadrer ma thèse et m'avoir accueillie aux quatre coins de l'école avec humour et gentillesse.

Mes sincères remerciements.

A Madame le Professeur Sara BELLUCO,

De VetAgro-Sup, Campus vétérinaire de Lyon

Pour m'avoir accompagnée et soutenue tout au long de mon parcours, avec intérêt, patience et bienveillance. Votre présence parmi mon jury est une immense joie et la meilleure façon à mes yeux de clore ces cinq années.

Mes sincères et chaleureux remerciements.

Table des matières

Liste des annexes.....	13
Liste des figures.....	15
Liste des tableaux.....	17
Liste des abréviations.....	19
Introduction.....	21
PARTIE 1 : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE	23
I. Bien-être chez les reptiles et amphibiens en captivité	23
I.1 Répartition des reptiles et amphibiens en captivité.....	23
I.1.1 Des modèles de recherche essentiels	23
I.1.2 Des espèces ambassadrices en parc zoologique.....	24
I.1.3 Des animaux de compagnie à la mode	25
I.1.4 Des produits de l'élevage et de l'industrie.....	26
I.2 Bien-être animal : définition, réglementation et subjectivité	28
I.2.1 Définition du bien-être animal	28
I.2.2 Perception et interprétation du bien-être des reptiles et amphibiens	29
I.2.3 Sentience des reptiles et amphibiens	30
I.3 Méthodes de mesures du bien-être chez les reptiles et amphibiens	31
I.3.1 Critères d'importance	31
I.3.2 Observations comportementales.....	31
I.3.3 Dosage de la corticostérone.....	33
I.3.4 Suivi de condition corporelle.....	34
II. Notion d'enrichissement et présentation des types d'enrichissement proposés aux reptiles et amphibiens	35
II.1 Définition.....	35
II.2 Objectifs de l'enrichissement.....	35
II.2.1 Amélioration du bien-être mental et physique	35
II.2.2 Rôle de l'enrichissement dans la conservation.....	36
II.2.3 Intérêt pédagogique et de présentation de l'enrichissement	37
II.2 Types d'enrichissements.....	37
III.2.1 Enrichissement alimentaire.....	37

III.2.2 Enrichissement olfactif	39
III.2.3 Entraînement.....	39
III.2.3 Enrichissement naturel et aménagement de l’habitat	40
III.2.4 Objets fabriqués par l’homme ou « jouets »	42
III.2.5 Enrichissement social	43
III.2.6 Autres types d’enrichissements	44
Conclusion de la première partie	45
PARTIE 2 : ETUDE EXPERIMENTALE.....	46
I. Réalisation d’un sondage dressant l’état des lieux de l’enrichissement des reptiles et amphibiens dans les parcs zoologiques francophones	46
1. But de l’étude	46
2. Matériel et méthode	46
3. Résultats	47
4. Discussion	53
II. Exemple d’enrichissement d’un lot de tritons alpestres (<i>Ichthyosaura alpestris reiseri</i>) en phase aquatique au Parc zoologique de Paris (PZP).	56
1. But de l’étude	56
2. Choix du modèle d’étude	56
3. Population d’étude	57
4. SESSION 1 : Comportement et position des tritons en présence d’un abri	58
4.1 Matériel et méthode	58
4.2 Résultats	64
4.3 Discussion	67
5. SESSION 2 : Comportement et position des tritons en milieu enrichi ou non enrichi	68
5.1 Matériel et méthode	68
5.2 Résultats	73
5.3 Discussion	77
Conclusion	79
Bibliographie.....	81

Liste des annexes

Annexe 1 : Copie du courriel adressé via la liste de diffusion de l'Association Francophones des Vétérinaires en Parcs Zoologiques.....	91
Annexe 2 : Liste des questions du sondage sur l'enrichissement des reptiles et amphibiens diffusé dans les parcs zoologiques francophones.....	92

Liste des figures

Figure 1 : (A) Dragon barbu (<i>Pogona vitticeps</i>) perché sur son abri (B) vue d'ensemble de l'enrichissement environnemental du terrarium d'un dragon barbu (<i>Pogona vitticeps</i>) chez un particulier	26
Figure 2 : Aquariums d'élevage pour amphibiens en phase aquatique	27
Figure 3 : Etagères d'élevage (gauche) et terrariums à reptiles (droite)	28
Figure 4 : Exemple d'enrichissement alimentaire proposé à une tortue des steppes (<i>Testudo horsfieldii</i>)	38
Figure 5 : Exemples d'enrichissement de l'environnement (A) chez un gecko leopard (<i>Eublepharis macularius</i>) et (B) chez des grenouilles toxiques à tête rouge (<i>Ranitomeya fantastica</i>)	41
Figure 6 : Triton alpestre (<i>Ichthyosaura alpestris reiseri</i>) en phase aquatique, (A) de face (B) de profil	57
Figure 7 : Répartition des aquariums dans les colonnes d'eau	58
Figure 8 : Modules d'abris proposés aux tritons constitué de tubes en PVC (A) vue frontale (B) vue du dessus	60
Figure 9 : Schéma illustrant les 3 phases de la session 1	61
Figure 10 : Dispositif expérimental constitué des trois aquariums	61
Figure 11 : Comportement des tritons des 3 aquariums durant les phases 1 et 2 en absence d'abri (moyenne du pourcentage du temps)	64
Figure 12 : Comportement des tritons des 3 aquariums durant les phases 1 et 2 en présence d'abri (moyenne du pourcentage du temps)	64
Figure 13 : Histogramme des comportements des tritons sur les phases 1 & 2 en pourcentage de temps, en fonction de l'aquarium (1,2 ou 3) et de la présence (« oui ») ou absence (« non ») d'abri	65
Figure 14 : Position des tritons des 3 aquariums durant les phases 1 et 2 en absence d'abri (moyenne du pourcentage du temps)	66
Figure 15 : Position des tritons des 3 aquariums durant les phases 1 et 2 en présence d'abri (moyenne du pourcentage du temps)	66
Figure 16 : Dispositif expérimental constitué des quatre aquariums en phase 1	69
Figure 17 : Tritons (A) sur un tube de pvc comme utilisé lors de la session 2 (B) sous un abri en tubes de PVC comme utilisé lors de la session1 (C) tritons en train de manger	72
Figure 18 : Répartition des tritons du côté enrichi ou non-enrichi de l'aquarium (A) durant la phase 1 et (B) durant la phase 2	73
Figure 19 : Comportement des tritons des 4 aquariums durant les phases 1 et 2 en milieu non-enrichi (moyenne du pourcentage de temps)	75
Figure 20 : Comportement des tritons des 4 aquariums durant les phases 1 et 2 en milieu enrichi (moyenne du pourcentage de temps)	75
Figure 21 : Position des tritons des 4 aquariums durant les phases 1 et 2 en milieu non-enrichi (moyenne du pourcentage de temps)	76
Figure 22 : Position des tritons des 4 aquariums durant les phases 1 et 2 en milieu enrichi (moyenne du pourcentage de temps)	76

Liste des tableaux

Tableau 1 : Catégories d'enrichissement et définitions associées proposées dans le sondage	47
Tableau 2 : Répartition des zoos accrédités dans l'échantillon	48
Tableau 3 : Types d'enrichissements fournis aux reptiles	49
Tableau 4 : Raisons d'utilisation de l'enrichissement	49
Tableau 5 : Fréquence d'utilisation de l'enrichissement pour les reptiles	50
Tableau 6 : Mesure de l'efficacité de l'enrichissement des reptiles	50
Tableau 7 : Source d'information pour les idées d'enrichissement des reptiles	50
Tableau 8 : Types d'enrichissements fournis aux amphibiens	51
Tableau 9 : Raison d'utilisation de l'enrichissement chez les amphibiens	52
Tableau 10 : Mesure de l'efficacité de l'enrichissement des amphibiens	52
Tableau 11 : Source d'information pour les idées d'enrichissement des amphibiens	52
Tableau 12 : Fréquence d'utilisation de l'enrichissement pour les amphibiens	52
Tableau 13 : Répartition des nourrissages et des nettoyages durant la session 1	59
Tableau 14 : Ethogramme partiel du triton Alpestre	62
Tableau 15 : Ethogramme partiel du triton Alpestre, version simplifiée	71
Tableau 16 : Pourcentage de tritons positionnés du côté non-enrichi de l'aquarium en fonction de la phase	74

Liste des abréviations

AFdPZ : Association Française des Parcs Zoologiques

EAZA : Association Européenne des Zoos et Aquariums

COVID-19 : maladie du coronavirus 19

ISIS : Système international d'information sur les espèces

PVC : polychlorure de vinyle

PZP : Parc Zoologique de Paris

UICN : Union internationale pour la conservation de la nature

WAZA : Association Mondiale des Zoos et Aquariums

INTRODUCTION

Les reptiles et amphibiens sont des animaux souvent moins appréciés du grand public que les mammifères et oiseaux, en raison notamment de leur comportement différent. Ils sont source de crainte et de fascination, et leurs besoins incompris. Pourtant, ils occupent une large place parmi les animaux gardés en captivité, en zoo ou comme animaux de compagnie, et sont au cœur de nombreux enjeux, économiques, écologiques, ou éthiques.

On leur attribue une sensibilité moindre et une conscience de leur environnement inférieure à celle des autres taxa. Ainsi, ils bénéficient de peu de moyens au service de leur bien-être, notamment en termes d'enrichissement de leur milieu. La littérature scientifique récente dément néanmoins cette différence de sensibilité et démontre l'impact positif de l'enrichissement sur le comportement et la santé des reptiles et amphibiens. Sous forme d'aménagement de l'habitat, de distributeur de nourriture ou d'entraînement, les parcs zoologiques offrent davantage de variété dans les habitats de ces espèces. Les études rapportent une augmentation des signes associés au bien-être et une réduction de ceux associés au stress.

La méthodologie pour définir l'enrichissement adapté à l'individu et évaluer son efficacité reste malgré cela souvent empirique ce qui cause parfois son inefficacité. Ce phénomène est renforcé par la grande diversité des reptiles et amphibiens et leur importante dépendance à leur milieu de vie.

Le contexte actuel de destruction de l'habitat de ces espèces et d'extinction de masse rend urgent l'étude de leur bien-être en captivité, et les parcs zoologiques, acteurs privilégiés de la sauvegarde de la faune sauvage, doivent en être les premiers protagonistes. Cela passe par la maximisation du bien-être de leurs animaux en captivité et de l'utilisation d'enrichissement adapté, au service de la reproduction, la conservation et l'éducation.

C'est dans ce cadre que s'inscrit ce travail de thèse, dont l'objectif est tout d'abord de dresser un état des lieux de l'enrichissement des reptiles et amphibiens dans les parcs zoologiques francophones. Ensuite, le but est de participer à l'élaboration d'un enrichissement de type « abri » et d'évaluer son impact sur le comportement d'un groupe de tritons alpestres en phase aquatique (*Ichthyosaura alpestris reiseri*). Enfin, il s'agit d'étudier la préférence des tritons pour un milieu enrichi versus un milieu nu, tout en mesurant l'influence de ces milieux sur leurs comportements.

PARTIE 1 : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

I. Bien-être chez les reptiles et amphibiens en captivité

I.1 Répartition des reptiles et amphibiens en captivité

De nombreux reptiles et amphibiens sont gardés en captivité, aussi bien en tant que modèles de recherche que pour l'industrie de la mode, les parcs zoologiques ou encore en tant qu'animaux de compagnie.

Les réflexions sur leur captivité prennent ainsi tout leur sens, non seulement en termes de bien-être animal, physique et mental, mais aussi à des fins de reproduction et de conservation.

I.1.1 Des modèles de recherche essentiels

Les amphibiens occupent une place primordiale dans la recherche et couvrent un large panel de sujets, souvent biomédicaux, et ce depuis des centaines d'années. Ainsi, si les premiers écrits décrivent la biologie de grenouilles du 18^{ème} siècle (Duellman et Trueb 1994), ils s'étendent rapidement à la perception des champs magnétiques par les tritons (Diego-Rasilla et Phillips 2021) en passant par l'introduction des expériences d'ovulation induite chez *Xenopus* en leur injectant de l'urine de femme enceinte au 20^{ème} siècle (O'Rourke 2007). Ce dernier est d'ailleurs l'un des amphibiens les plus étudiés, vite rejoint par d'autres. Ils servent de modèles pour des expériences sur la génétique, le développement cellulaire ou encore la toxicologie et l'immunité grâce à leurs caractéristiques hors normes, ainsi que leurs facultés de reproduction et leur facilité de détention (Liu et al. 2016). On trouve donc dans les laboratoires des salamandres comme l'axolotl (*Ambystoma mexicanum*) pour les facultés de régénération de leurs organes, des grenouilles indiennes (*Rana Tigerina*) pour leurs capacités de défenses contre les bactéries, ou encore des grenouilles africaines (*Xenopus laevis*, *Xenopus tropicalis*) pour la grande tolérance de leurs embryons aux manipulations in vitro et in vivo. Ils sont parfois étudiés tout au long de leur vie, comme c'est le cas pour les xénopes dont la transparence des larves et têtards permet directement d'observer le développement des tissus (LIU et al. 2016). Enfin, les amphibiens sont aussi utilisés pour des sujets de recherche fondamentale afin d'avoir une meilleure connaissance de ces taxa, de leur physiologie, de la dynamique de leurs populations et des menaces qui pèsent sur eux (Rivera et al. 2019).

L'utilisation en captivité d'une grande diversité d'espèces et de leurs différents stades (embryon, larve, juvénile, adulte) est un réel défi pour la mise en place de lignes directrices communes sur leurs conditions de détention et d'élevage en garantissant un bien-être animal optimal (Brod, Brookes, et Garner 2019). Celles déjà établies sont présentées comme vieilles

et douteuses par certains professionnels, qui réclament davantage de recherche et de communication sur ce sujet. Ils déplorent également un manque de formation et d'harmonisation entre les différentes réglementations des laboratoires, zoos et instituts de recherche sur la conservation, malgré les tentatives d'encadrement (Brod, Brookes, et Garner 2019) (Sikes, Paul, Beaupré 2012).

Les reptiles sont plus rares dans le domaine de la recherche biomédicale, et occupent plus souvent une place dans les universités (O'Rourke 2014) pour des recherches sur les caractéristiques de leur venin (Mackessy 2022), des études de comportements (Crews et Moore 2005), ou comme sentinelle de la pollution environnementale (dos Santos, de Sousa Correia, et dos Santos 2021).

I.1.2 Des espèces ambassadrices en parc zoologique

Le rôle des zoos dans la société et leur perception a drastiquement changé au cours des dernières décennies. D'un lieu de loisir, ils sont devenus des acteurs de la conservation, de l'éducation et de la recherche. Les animaux les plus menacés comme les reptiles, amphibiens ou les invertébrés et les poissons devraient donc être les plus nombreux parmi leurs collections si l'on considère le statut de protection de la majorité de ces espèces. Ils sont cependant largement sous-représentés au profit des mammifères et des oiseaux (Miranda et al. 2023; Gilbert et Soorae 2017). Le même constat a lieu dans la recherche, où une étude regroupant 13569 articles publiés par des zoos a révélé que seulement 4 % d'entre eux concernaient les reptiles et 1 % les amphibiens (Escribano et al. 2021).

Toutefois, la tendance est au changement, et les zoos ont accueillis davantage d'amphibiens ces 20 dernières années. L'organisation de campagnes comme « l'année de la grenouille » en 2008 a montré des résultats prometteurs et augmenté la visibilité des amphibiens à travers les zoos (Dos Santos et al. 2022). Il est donc important de profiter de cet élan pour multiplier les efforts et recherches sur ces animaux et travailler à leur offrir les meilleures conditions de captivité (Dawson et al. 2016).

Les zoos sont de ce fait des lieux de captivité très spécifiques puisqu'ils répondent à des contraintes atypiques comme la présence du public, mais bénéficient également de moyens logistiques d'enrichissement souvent bien supérieurs à ceux des élevages ou des particuliers, ainsi que des professionnels sensibilisés au bien-être animal. Les effets de cette présentation au public ont été évalués à plusieurs reprises, notamment pendant la pandémie de la maladie du coronavirus 19 (COVID-19), et montrent des effets variables et contrastés de l'influence de la présence du public en fonction des espèces. Chez les reptiles d'une part, certains serpents ont manifesté une plus grande activité sociale, d'exploration et une plus grande diversité de comportement durant l'ouverture du zoo, tandis que certains lézards ont passé plus de temps cachés en présence du public lors de la réouverture du zoo que durant la fermeture (Hamilton et al. 2022). Aucun changement de comportement négatif évident, comme des interactions avec les parois ou le fait de se figer, n'a été observé dans cette étude à la suite de la réouverture du zoo (Hamilton et al. 2022). D'autre part dans une seconde étude

durant la même pandémie, tous les amphibiens ont montré un changement de comportement en présence ou absence de visiteurs avec une visibilité totale de tous les amphibiens diminuée au retour du public (Boulton, O'Brien, et Rose 2021). Cette diminution de la visibilité indique une restriction de l'usage de l'enclos, et donc une baisse de l'accès aux ressources conduisant plus généralement à une baisse des standards de bien-être. Les enclos de zoos doivent donc prendre en compte « l'effet visiteur » pour offrir un environnement adapté à l'animal avec un choix de ressources et de refuges suffisant pour réduire au maximum l'éventuel impact négatif des interactions avec le public (Boulton, O'Brien, et Rose 2021).

Les zoos doivent travailler à offrir des conditions de captivité compatibles avec leurs missions et propices à la santé mentale et physique de leurs pensionnaires en tenant compte de leurs contraintes de présentation. Il est également important qu'ils montrent l'exemple pour sensibiliser à l'amélioration des conditions de détention des reptiles et amphibiens.

I.1.3 Des animaux de compagnie à la mode

Malgré la crainte qu'ils génèrent chez une partie des humains, les reptiles sont pour d'autres parmi les animaux de compagnie les plus à la mode, avec de nombreuses espèces différentes présentes sur le marché (Valdez 2021). Les tendances Google de la dernière décennie placent le dragon barbu (*Pogona vitticeps*) (Figure 1) en animal le plus populaire, suivi du python royal (*Python regius*) et du gecko léopard (*Eublepharis macularius*). Les espèces recherchées pour leur compagnie sont donc des espèces plutôt dociles, faciles à entretenir et à manipuler, avec une taille moyenne. Les individus issus de prélèvements dans la nature ou soumis à des restrictions législatives sont davantage en déclin dans les foyers (Valdez 2021).

La présence de ces reptiles, ou de ces amphibiens, chez des particuliers, pose la question de l'environnement dans lequel ils évoluent et la façon dont ils sont traités. Une étude australienne révèle que les propriétaires attribuent une place à importance à leur grenouille ou leur tortue dans leur schéma familial (Howell, Warwick, et Bennett 2022). Ils sont capables de dépenser de grandes sommes d'argent, font attention à ce que l'enclos soit bien ventilé et isolé, et veillent à ne pas trop manipuler leur animal. D'un autre côté, moins de 20 % des propriétaires de ces deux types d'animaux offrent des enclos répondants aux standards de taille et d'enrichissement de l'habitat en vigueur dans leur état (Howell, Warwick, et Bennett 2022). Dans une seconde étude menée au Portugal, portant sur la connaissance des propriétaires de reptiles, deux tiers des 220 répondants ont affirmé avoir un très bon à excellent niveau d'interprétation des besoins de leur reptile, alors que d'après les données 85 % ne fournissaient pas au moins une condition parmi l'éclairage, la température, l'équilibre alimentaire ou la présence d'abri. La présence d'enrichissement tri-dimensionnel comme des branches ou des plateformes permettant aux serpents de se percher a été rapporté pour 54 % des animaux (A. Azevedo et al. 2021).

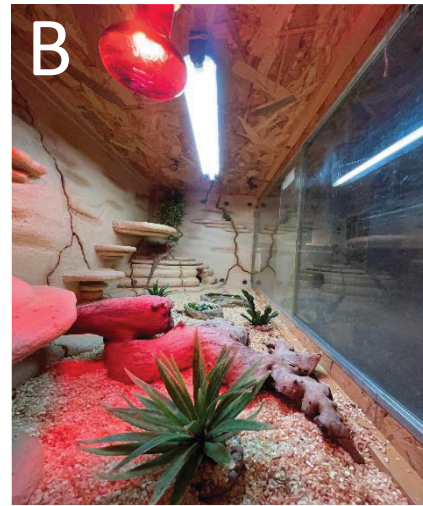


Figure 1 : (A) Dragon barbu (*Pogona vitticeps*) perché sur son abri (B) vue d'ensemble de l'enrichissement environnemental du terrarium d'un dragon barbu (*Pogona vitticeps*) chez un particulier (Source : Norroy Le Cieux Aziliz)

La sensibilisation et l'éducation des propriétaires de reptiles et d'amphibiens de compagnie est donc urgente, et nécessite tous les moyens de communication nécessaires. Un changement de mentalité sur l'enrichissement de ces animaux doit être opéré, et s'étendre des professionnels aux particuliers, en s'appuyant sur la littérature scientifique et en se servant des zoos comme exemple et porte-parole.

I.1.4 Des produits de l'élevage et de l'industrie

Les reptiles et amphibiens sont au cœur de plusieurs industries : alimentaire, cosmétiques et produits de luxe. On les trouve sur les étals de nombreux marchés dans leur pays d'origine, souvent sans se soucier des réglementations locales. Ils sont notamment recherchés pour leur viande ou leur carapace mais aussi leur cuir, aussi bien pour leurs propriétés gustatives que médicinales, ou esthétiques (Ali et al. 2015; Jaÿ et al. 2020; Natusch, Aust, et Shine 2021). Ainsi dans l'industrie de la mode, le cuir de reptile est le plus courant des cuirs saisis, tant en terme d'incidence que de quantité (Sosnowski et Petrossian 2020). Cette tendance est de plus croissante, ce marché étant en pleine expansion avec par exemple une augmentation du marché de 140 millions de dollars à 600 millions de dollars entre 1996 et 2018 (Hughes 2021).

Ces animaux proviennent parfois de prélèvements dans la nature, mais aussi d'élevages comme 90 % des crocodiles sur le marché (Hughes 2021). Parmi ces derniers, des fermes de crocodiles du Nord de l'Australie élèvent des crocodiles marins, en enclos collectifs ou individuels, selon le Code de pratique de l'industrie australienne sur le traitement sans cruauté des crocodiles australiens sauvages et d'élevage. Les études qui se sont penchées sur le bien-être des animaux ne révèlent pas d'augmentation de corticostérone chez ces animaux aussi bien en groupe qu'isolés et affirment que les conditions de vie semblent suffisamment

adaptées à ces individus, en notant un phénomène d'accoutumance aux conditions de captivité proposées (Isberg et Shilton 2013; Isberg, Finger, et Thomson 2018). En parallèle, on retrouve des élevages de pythons dans plusieurs pays d'Asie du Sud-Est comme la Malaisie, le Cambodge, le Vietnam ou encore le Laos. Ils y détiennent les serpents dans des cages au confort minimal, certaines étant faites d'acier galvanisé, d'autres réalisées sur place avec du bois et un grillage métallique pour la ventilation, ou encore avec d'anciennes boîtes à lait (Natusch, Lyons, 2014). Les serpents sont pour partie nourris de saucisses de viandes réalisées artisanalement par les éleveurs pour réduire les coûts au maximum. L'utilisation d'aucune forme d'enrichissement n'est rapportée et aucune étude sur le bien-être de ces animaux n'a été apportée à notre connaissance (Natusch, Lyons 2014).

Parmi les amphibiens, les grenouilles et crapauds sont également élevés dans des fermes à grande échelle, majoritairement dans les pays d'Amérique du sud ou d'Asie du Sud-Est puis consommées à des fins alimentaires localement ou Europe, sans informations officielles sur leurs conditions de détention (Pasmans et al. 2006; Garner et al. 2009).

L'enrichissement de ces reptiles et amphibiens d'élevage est une question particulièrement compliquée liées aux contraintes de rendement économique, à l'illégalité d'une partie du trafic et à la courte durée de passage des animaux dans les élevages. Ils sont ainsi souvent maintenus dans des conditions d'enrichissement minimum (Figure 2 et Figure 3). Les quelques études sur le sujet ne mettent pas en évidence de signe de stress chez les animaux des pays bénéficiant d'un cadre législatif et de moyens techniques plus développés (Isberg, Finger, et Thomson 2018; Isberg et Shilton 2013). Ces résultats doivent être confirmés par d'autres recherches et étendus à d'autres espèces afin d'encourager la sensibilisation et la réglementation autour du bien-être des reptiles et amphibiens d'élevage.

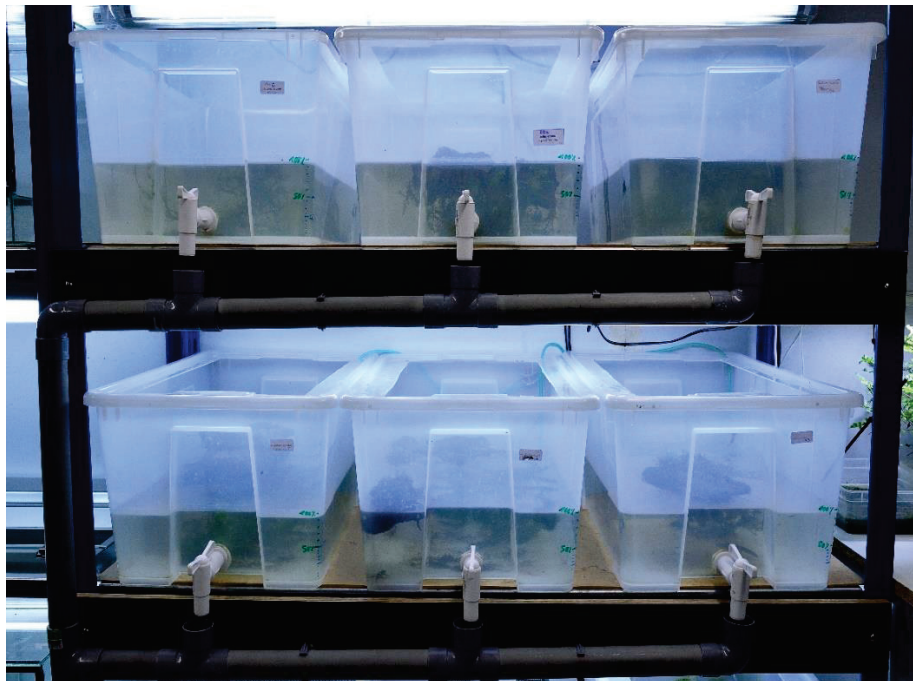


Figure 2 : Aquariums d'élevage pour amphibiens en phase aquatique (Source : Grandin F.-G)



Figure 3 : Etagères d'élevage (gauche) et terrariums à reptiles (droite) (Source : Gandin F.-G)

I.2 Bien-être animal : définition, réglementation et subjectivité

I.2.1 Définition du bien-être animal

La notion de bien-être animal connaît de nombreuses définitions. L'association des zoos et aquarium (AZA) le définit comme l'état physique, mental et émotionnel d'un animal sur une période, et mesuré selon un continuum allant de bon à mauvais.

La vision moderne du bien-être animal surpasse donc le principe des cinq libertés défini en 1979 par le conseil du bien-être des animaux d'élevage du Royaume-Uni : absence de faim, de soif et de malnutrition, absence de peur et de détresse, absence de stress physique et/ou thermique, absence de douleur, de lésions et de maladie, possibilité d'expression du comportement normal de son espèce. En effet, ce principe né des inquiétudes du public pour les conditions de détention des animaux de production dans les années 1970, est souvent considéré comme un pilier du bien-être animal et largement repris dans les parcs zoologiques. Toutefois, il convient d'aller plus loin que ce code de conduite en proposant non plus un guide de bonne pratique d'élevage, mais une réelle amélioration du bien-être en s'éloignant de la simple réponse aux besoins primaires (Mäekivi 2018). C'est dans cette démarche que certains zoos comme celui de San Diego étendent ces cinq libertés en proposant les « cinq opportunités de s'épanouir ». L'objectif est d'y intégrer les notions de choix et de contrôle de l'animal sur son environnement en mettant en place une approche globale et objective d'évaluation du bien-être, fondée sur des données probantes et non des perceptions personnelles (Janssen 2014).

La notion de bien-être animal et ses applications reste de plus très dépendante du contexte culturel et économique dans lequel elle est considérée. Ainsi si une compréhension commune de la définition du bien-être animal a émergé des différents interviews de soigneurs en Europe et en Chine (Bacon et al. 2021), les moyens mis en place par les institutions et l'applications des 5 libertés n'est pas acquise dans tous les parcs zoologiques du monde (Bacon et al. 2021; Demartoto, Soemanto, et Zunariyah 2017).

1.2.2 Perception et interprétation du bien-être des reptiles et amphibiens

Les humains sont reconnus comme plus en mesure d'empathie et d'accepter la sensibilité chez les espèces de mammifères qu'ils ne le sont pour d'autres taxons, principalement en raison de leur familiarité avec eux et des similitudes de comportement et de physiologie. Ces tendances anthropocentriques s'appliquent à tous les taxons non mammifères (Lambert, Carder, et D'Cruze 2019). Les modes de communication utilisés sont également très différents puisque les hommes utilisent principalement le langage parlé, quand les reptiles et amphibiens cumulent des signaux visuels, tactiles, chimiques, et acoustiques (Kuppert, 2013).

Ainsi, les personnes au contact d'animaux comme des reptiles et amphibiens n'ont parfois pas conscience de leur mal-être. C'est par exemple le cas lorsqu'un iguane vert (*Iguana iguana*) ou une tortue est manipulée, même précautionneusement, cela entraîne un stress émotionnel traduit par une augmentation de la fréquence cardiaque souvent non perceptible par le manipulateur (Lambert, Carder, et D'Cruze 2019). Les signes le plus remarquables sont donc ceux d'un mal-être avancé comme l'automutilation, les stéréotypies, ou une mauvaise condition physique (Melfi 2009).

Le personnel de zoo a parfois aussi des difficultés à évaluer le bien-être de ces animaux. Les prévisions du personnel interrogé dans une études s'avéraient précises à 6 % pour les enrichissements préférés des reptiles et à 83 % pour les moins appréciés (Mehrkam et Dorey 2015). Cela présente l'avantage d'économiser des enrichissements inutiles et potentiellement coûteux et chronophages, mais n'agit pas dans le sens du bien-être. Concernant les amphibiens, aucun enrichissement préféré n'a pu être établi et donc l'exactitude des prévisions des soigneurs non plus. Les résultats montrent également que l'expérience des soigneurs seule n'est pas un indicateur fort de la fiabilité des prédictions des enrichissements préférés par les soigneurs (Mehrkam et Dorey 2015).

Ces constatations sont alarmantes au regard des récentes découvertes sur les capacités cognitives des reptiles et amphibiens et de leur sensibilité au monde qui les entoure (Lambert, Carder, et D'Cruze 2019).

I.2.3 Sentience des reptiles et amphibiens

La sentience est, d'après la définition du Larousse 2021, la « capacité à ressentir les émotions, la douleur, le bien-être, etc., et à percevoir de façon subjective son environnement et ses expériences de vie » mais de multiples définitions sont disponibles, variant d'un domaine et d'une époque à l'autre. Les reptiles et amphibiens en sont pourtant souvent considérés comme dépourvus (Roth, Krochmal, et LaDage 2019). On leur attribue en effet de faibles capacités cognitives en raison de leur cerveau de petite taille, de leur relative sédentarité et de la mauvaise interprétation de leurs comportements. Ce postulat est biaisé par l'incapacité de nombreux animaux captifs d'exprimer leurs comportements propres et de se mouvoir dans leur environnement non adapté à leurs besoins (Learmonth 2020). La lenteur de leur métabolisme leur permet également de survivre plus longtemps que les mammifères à des conditions de vie inadéquates, sans signe de mal-être apparent (Lambert, Carder, et D'Cruze 2019).

Une revue de littérature réalisée en 2019 répertorie néanmoins 37 études mentionnant la capacité des reptiles à éprouver des émotions et états variés parmi lesquels la peur, l'anxiété, l'excitation, le plaisir, la frustration, la peine, la détresse et la souffrance (Lambert, Carder, et D'Cruze 2019). Des comportements de jeux chez les tortues, les crocodiles et les dragons de Komodo (*Varanus komodoensis*) ont aussi été mis en évidence bien que peu souvent observés. Ils n'ont à notre connaissance pas encore été clairement étudiés chez des amphibiens (Dinets 2015; G. Burghardt 2015; Lambert, Carder, et D'Cruze 2019).

La notion de préférence individuelle et de personnalité existe chez ces espèces. On retrouve chez les serpents à sonnette (*Crotalus oreganus*), des traits de tempérament répétables pour chaque individu en termes d'exploration ou d'évitement d'un milieu inconnu, d'activité, et d'aversion du risque (fuite, attaque ou absence de réaction en cas d'agression) (Gibert et al. 2022). Ces différences peuvent aussi concerner des préférences d'objet (Spiezio, Leonardi, et Regaiolli 2017) ou des capacités d'apprentissage (Powell 2005). C'est un facteur déterminant à prendre en compte dans la gestion de ces animaux, aussi bien concernant leur approche que pour le choix de leur enrichissement ou dans un objectif de reproduction et de réintroduction. Les réactions d'un individu à l'autre seront en effet probablement différentes, et le bien-être qui en découle peut en être impacté (Gibert et al. 2022).

I.3 Méthodes de mesures du bien-être chez les reptiles et amphibiens

I.3.1 Critères d'importance

Le centre national anglais pour le remplacement, le raffinement et la réduction des animaux dans la recherche (NC3R) ainsi que la société zoologique de Londres (ZSL) se sont accordés lors d'un workshop en octobre 2017 sur l'absence de méthodes de mesures efficaces du bien-être, validées et pouvant être appliquées sans discrimination à toutes les espèces d'amphibiens, en prenant en compte leur diversité de comportements, et de réponses au stress ou à la mauvaise santé (Brod, Brookes, et Garner 2019).

Les méthodes de mesures du bien-être chez les reptiles sont diverses, et essentielles pour garantir ce dernier. Elles peuvent être basées sur des considérations comportementales, physiologiques, immunologiques ou encore environnementales (Jones et al. 2022). Elles peinent cependant à être rigoureuses et peu d'entre elles obtiennent un consensus au sein de la communauté scientifique. Les méthodes centrées sur l'animal sont de ce fait moins bien caractérisées et utilisées que celles tournées vers l'environnement. Cela s'explique en partie par la méconnaissance des comportements des reptiles et amphibiens, et le nombre réduit d'études scientifiques en comparaison avec les mammifères (Whittaker et al. 2021).

La méthode optimale pour caractériser le bien-être animal semble donc devoir être multifactorielle en regroupant différents paramètres, mais elle doit aussi être facilement répétable, peu coûteuse et peu chronophage pour les zoos (Jones et al. 2022). Des recherches sont en cours pour développer des tests fiables et non-invasifs comme la prise de fréquence cardiaque, l'étude bioacoustique ou le suivi des mouvements à l'aide des nouvelles technologies (Whitham et Miller 2016). Nous développerons par la suite trois des nombreux indicateurs de bien-être dans la littérature scientifique, parmi les plus fréquemment rencontrés lors de nos recherches.

I.3.2 Observations comportementales

Les enjeux de l'observation comportementale sont pluriels. Elle doit être pratique, non-invasive, et facilement répétable. Cela implique que l'observateur connaisse bien l'espèce observée, mais aussi que les comportements choisis soient suffisamment fréquents pour constituer un critère d'évaluation (Mehrkam et Dorey 2015). Cela peut donc représenter un véritable défi, surtout si l'on prend en compte les variabilités d'expression individuelles, et le fait qu'un même comportement puisse s'exprimer dans différentes situations avec des significations divergentes (Whittaker et al. 2021).

La saisonnalité, la période de reproduction ou encore le caractère nocturne de certaines espèces compliquent également la tâche. De plus, de nombreux animaux n'expriment pas ou peu les comportements associés au mal-être, notamment chez les proies ou dans les groupes sociaux (Jones et al. 2022).

Les reptiles, comme les amphibiens, sont d'ailleurs communément considérés comme inexpressifs et avec des besoins d'enrichissement moindres, ce que tendent à infirmer les dernières études. Leurs comportements sont aussi moins facilement interprétables que ceux des mammifères car souvent plus éloignés du mode de fonctionnement humain. Cela mène à l'ignorance de certains signes, ou à des erreurs d'interprétation (Whittaker et al. 2021).

Les indicateurs d'état mental positif sont encore peu connus chez les reptiles et amphibiens (Jones et al. 2022). Une étude a montré que les soigneurs prédisaient dans 83 % des cas les enrichissements les moins appréciés par les reptiles, et dans 6 % des cas l'enrichissement préféré (Mehrkam et Dorey 2015). L'état mental des animaux est donc souvent estimé à travers des marqueurs négatifs (Whittaker et al. 2021) alors qu'il a été établi qu'étudier aussi les indicateurs positifs était plus pertinent pour estimer le bien-être (Jones et al. 2022). Nous tendons donc à mieux reconnaître un animal qui va mal, mais estimons avec difficulté s'il éprouve du bien-être. Ces deux états sont d'ailleurs fréquemment reliés puisqu'un passage par des sentiments négatifs comme le stress ou la peur liés à un changement d'environnement sont parfois nécessaires pour déboucher sur des sentiments positifs (Jones et al. 2022).

La codépendance des reptiles et amphibiens avec leur environnement ajoute une difficulté supplémentaire, ces derniers n'exprimant pas les mêmes comportements en fonction de leur milieu et de ses différents paramètres notamment la température (Whittaker et al. 2021).

Enfin il est important de s'affranchir le plus possible de l'impact lié à la présence de l'observateur sur le comportement, en utilisant des méthodes d'observation à distance ou des technologies comme l'observation vidéo (Hollandt, Baur, et Wöhr 2021).

Malgré ces contraintes, de très nombreuses études choisissent ce mode d'observation comme évaluation du bien-être animal, en combinant éthogramme, méthodes d'échantillonnage variées (Spain, Fuller, et Allard 2020), ainsi que des critères biologiques pour appuyer leurs observations.

I.3.3 Dosage de la corticostérone

L'axe hypothalamo-pituitaire-surrénal coordonne des réactions hormonales exerçant une influence comportementale chez de nombreux animaux, notamment dans des situations de stress. Il pousse les organismes à privilégier leurs ressources énergétiques de maintenance et de survie, au détriment des fonctions non-vitales comme la reproduction (McCallie et Klukowski 2022). La corticostérone, hormone glucocorticoïde, dont la sécrétion est modulée par cet axe, remplit des fonctions immunitaires (Assis et al. 2022), métaboliques, reproductives, immunomodulatrices, et joue aussi un rôle important dans le développement et la métamorphose des amphibiens (Denver 2013). On assiste également à une augmentation de corticostérone chez les reptiles (Neuman-Lee et al. 2020) et amphibiens (Ferrell 2021) en situation de stress. C'est par exemple le cas lorsqu'une grenouille comme les grenouilles terrestres de Fiji (*Platymantis vitiana*) est mise en contact avec un prédateur comme le crapaud buffle (*Rhinella marina*) : la concentration de corticostérone dans les urines de la grenouille augmente au contact du crapaud, accompagné de d'autres signes de peur comme une augmentation de l'immobilité tonique (Narayan, Cockrem, et Hero 2013). Un autre exemple consiste en l'élévation de la corticostérone basale chez les couleuvres d'eau (*Nerodia sipedon*) en cas de stress lié à la privation de nourriture (Webb et al. 2017).

Toutefois la pluralité des actions de cette hormone en fait un marqueur peu robuste, qu'il faut en effet associer avec d'autres facteurs pour évaluer l'état de stress du sujet observé (Breuner, Delehanty, et Boonstra 2013). Des études ont mis en évidence une relation entre élévation du taux de corticostérone et condition corporelle, montrant qu'un taux de corticostérone plasmatique élevé était parfois négativement associé à la condition corporelle chez une partie des serpents étudiés (McCallie et Klukowski 2022). La relation entre le taux de corticostérone et de glucose dans le sang en cas de stress reste également à élucider chez les reptiles (Neuman-Lee et al. 2020).

Finalement, la question du prélèvement de l'échantillon reste un sujet primordial. Certaines études proposent des techniques de mesure des glucocorticoïdes fécaux (Martín et al. 2022; Kalliokoski et al. 2012; Augustine et al. 2022) comme méthode non invasive pour mettre en évidence le stress. D'autres proposent le prélèvement sanguin comme une meilleure alternative, avec pour contrainte le délai à partir duquel la contention nécessaire à la prise de sang entraîne une augmentation des glucocorticoïdes sanguins. Ce délai semble varier d'une espèce à l'autre, de 2 minutes à plus de 10 minutes ce qui le rend plus ou moins facilement applicable sur le terrain (Tylan et al. 2020). Le suivi des hormones cutanées dont les glucocorticoïdes kératiniques sont aussi un domaine qui mérite d'être approfondi (Berkvens et al. 2013).

I.3.4 Suivi de condition corporelle

Le suivi de taille ou de poids des individus est un autre moyen d'évaluer la bonne santé et le bien-être des individus. En effet, l'anorexie chez les reptiles peut-être un signe de mauvaise alimentation, de douleur mais aussi de mauvaises conditions de détention. Il en résulte alors une perte de poids pour les adultes ou des retards de croissance pour les jeunes individus (Schilliger, Vergneau-Grosset, et Desmarchelier 2021). Parmi les 72 zoos répondants à une étude sur l'enrichissement des reptiles en parc zoologique, 35 % ont déclaré utiliser cette méthode pour évaluer l'efficacité de leur enrichissement (Eagan 2018). Une seconde étude regroupant des experts des reptiles a cité l'évaluation du score corporel, en regardant à distance la quantité de gras et de muscle de l'animal comme un critère de choix rentrant dans le top 5 des meilleurs indicateurs pouvant intégrer une routine quotidienne. Ils estiment ainsi qu'il est valide et pratique d'estimer le bien-être des agamidés et des pythonidés par ce moyen (Whittaker et al. 2021). Cette méthode est notamment basée sur la comparaison de l'individu observé avec des photos témoins d'animaux dans différentes catégories de score corporel et par l'évaluation de la répartition musculaire et des dépôts graisseux par rapport aux caractéristiques squelettiques (Lamberski, 2012). Elle est donc effectivement non-invasive si l'on considère une observation à distance, mais elle nécessite un regard objectif et habitué à l'individu évalué.

Il est également utile de peser les animaux pour connaître leur masse corporelle. Cette dernière peut être diminuée et associée à d'autres facteurs comme une augmentation des glucocorticoïdes relâchés dans l'eau ou des changements comportementaux en cas de stress chez *Xenopus laevis* (Holmes et al. 2016; 2018). Cette notion de masse corporelle est par ailleurs toujours à intégrer dans un contexte global et non comme un paramètre isolé car une prise de poids est parfois associée à un manque d'espace ou de mouvement, ou à une maladie (en raison d'ascite par exemple) et donc à un mal-être (S. L. Wilkinson 2015).

D'autres marqueurs physiques comme la qualité de la peau, la présence de plaies, d'écoulements nasaux ou la forme de la carapace peuvent être des indicateurs de santé et de bien-être (Whittaker et al. 2021).

II. Notion d'enrichissement et présentation des types d'enrichissement proposés aux reptiles et amphibiens

II.1 Définition

L'enrichissement a de multiples définitions, mais consiste généralement en une amélioration des conditions de captivité, au-delà des simples critères nécessaires à la survie de l'animal

On considère donc que l'enrichissement englobe tout ce qui a pour but d'augmenter le bien-être animal et de promouvoir les comportements spécifiques des espèces. L'idéal est de permettre à l'animal d'avoir un contrôle sur son environnement, d'avoir la possibilité de faire ses propres choix, ainsi que de l'exercice physique et mental. L'objectif porte également sur la diminution des comportements anormaux, des stéréotypies et du stress (Kuppert, 2013 ; S. L. Wilkinson 2015; Podturkin 2021). Il s'agit cependant d'une notion difficile à définir car un simple aménagement de l'environnement ou changement d'aliment peut ainsi être considéré comme un enrichissement. Les formes sont ainsi multiples, allant de l'enrichissement alimentaire à l'enrichissement environnemental en passant par l'enrichissement olfactif ou social.

II.2 Objectifs de l'enrichissement

II.2.1 Amélioration du bien-être mental et physique

Les effets de l'enrichissement sur les reptiles et amphibiens ont été peu étudiés scientifiquement. Les études parues concernent majoritairement les reptiles, et ont parfois des résultats contraires, souvent justifiés par un nombre d'individus trop faible, un manque de données sur les comportements naturels de l'espèce ou sur les méthodes d'évaluation du bien-être (C. J. Michaels, Downie, et Campbell-Palmer 2014). Il a toutefois été mis en avant que l'enrichissement améliore le bien-être physique et psychologique. Il réduit la mortalité et les blessures ainsi que les maladies et le stress, en améliorant donc la croissance et l'état de santé. Cela diminue également les signes de stress et stéréotypies, en améliorant les capacités cognitives et l'expression de comportements propres à l'espèce (C. J. Michaels, Downie, et Campbell-Palmer 2014; Podturkin 2021).

II.2.2 Rôle de l'enrichissement dans la conservation

Un grand nombre d'espèces de reptiles et amphibiens sont aujourd'hui en danger. On assiste notamment à une extinction de masse des amphibiens, qui inquiète la communauté scientifique et entraîne une prise de conscience progressive et une sensibilisation du public aux problématiques de ces animaux souvent méconnus (Pasmans et al. 2006).

L'élevage de ces animaux en captivité est une des solutions à ce problème pour faire se reproduire et réintroduire certaines de ces espèces dans leur milieu naturel afin de renforcer les populations en déclin (Dawson et al. 2016). Les zoos ont donc un rôle majeur à jouer dans la conservation de ses espèces. Pourtant, les amphibiens sont les moins représentés dans les zoos parmi les espèces considérées comme mondialement menacées par l'Union internationale pour la conservation de la nature (UICN). Ils constituent en effet 3 % de ces espèces contre 23 % pour les mammifères ou 22 % pour les reptiles. Ce chiffre est en augmentation par les zoos enregistrés sur le Système international d'information sur les espèces (dit ISIS, un réseau de 800 institutions zoologiques à travers 84 pays) ces 20 dernières années, notamment pour les espèces mondialement menacées depuis 2004 même si le nombre de ces espèces en valeur absolue reste très bas (Dawson et al. 2016).

La présence de ces animaux en captivité nécessite des conditions de détention adaptée, avec un milieu répondant à leurs besoins et favorisant leur reproduction. Il est aussi important de garantir suffisamment d'espace et de constituer des groupes adaptés, avec de la diversité génétique et un nombre d'individus compatible avec le bien-être animal (Cikanek et al. 2014). A ces contraintes d'espace et de groupes, s'ajoutent des contraintes alimentaires et environnementales. Un milieu enrichi imitant les paramètres ainsi que la complexité de l'environnement d'origine des animaux, leur permet d'exprimer leurs comportements naturels et augmente leur succès reproducteur (Blais et al. 2022). Une étude a par exemple montré un effet positif de la présence de plantes sur la croissance, la condition corporelle, le comportement et le microbiote cutané chez des rainettes aux yeux rouges (*Agalychnis callidryas*) captives (C. Michaels, Antwis, et Preziosi 2014). Cela offre également la possibilité aux individus élevés en captivité de développer un comportement de survie pour augmenter leurs chances de survie une fois remis en liberté (Reading, Miller, et Shepherdson 2013).

Il s'agit enfin de rendre la présentation de ces espèces attirantes pour les parcs zoologiques et leur public, afin de mobiliser et de sensibiliser le plus grand nombre sur la problématique de leur conservation.

II.2.3 Intérêt pédagogique et de présentation de l'enrichissement

Les reptiles et les amphibiens sont considérés comme des espèces aversives et effrayantes par une partie de la population y compris par les étudiants en science. Cela conduit à un intérêt moindre dans leur compréhension, leur protection et leur conservation, aussi bien en termes de recherche que de communication ou de financement (da Silva et al. 2021). Cette image négative est contrebalancée par le contact avec ces animaux lors de visites pédagogiques qui apprivoisent et éduquent le public (da Silva et al. 2021). L'existence des parcs zoologiques permet de créer un lien entre l'homme et la nature et d'augmenter l'engagement du public. Il a d'ailleurs été montré qu'augmenter les connaissances des personnes sur les amphibiens a un impact positif sur leur comportement et leur sensibilité à ces animaux (Dos Santos et al. 2019). L'enrichissement joue un rôle essentiel dans cette présentation puisque l'environnement dans lequel évolue les animaux doit être non seulement adapté à leurs besoins mais également permettre au public de voir les animaux dans un environnement adéquat et esthétique. L'enrichissement augmente aussi l'activité des animaux qui montrent plus de comportements et sont donc plus intéressants pour le public (Hurme et al. 2003). L'enjeu est ainsi d'offrir un échantillon du milieu d'origine de l'animal, et de véhiculer un message fort sur sa protection et celle de son habitat.

La conception des enclos doit être réfléchi pour orienter les lieux de nourrissage et de repos en maximisant le bien-être et la visibilité. Des abris transparents pour l'homme mais visuellement opaque pour les amphibiens ont, par exemple, été mis en avant en laboratoire et peuvent fournir une piste intéressante pour allier ces deux points (Cooke 2018). L'utilisation d'objets peut aussi permettre de mettre en avant certains comportements propres à l'espèce afin d'instruire et d'intéresser le public.

II.2 Types d'enrichissements

III.2.1 Enrichissement alimentaire

L'enrichissement alimentaire est une forme souvent décrite comme simple et efficace pour améliorer le bien-être des animaux captifs et stimuler leurs comportements naturels. Elle est d'ailleurs fréquemment utilisée pour occuper nos carnivores domestiques et représente une motivation ou une récompense lors de l'éducation. Elle consiste principalement en l'apport d'une diversité alimentaire, ou de différentes manières de distribution de l'aliment, rendant l'alimentation stimulante physiquement et intellectuellement pour l'animal (Figure 4).

Cette forme d'enrichissement est ainsi l'une des plus représentées dans la littérature, mais les résultats sur le bien-être animal sont parfois mitigés. Une étude portant sur la diversité alimentaire des axolotls comparant un mélange de proie versus une monodiète n'a pas montré d'effet du mélange sur les comportements des axolotls ou leur bien-être. La

diversité de nourriture n'est donc pas toujours bénéfique même si elle peut parfois correspondre à certaines espèces et favoriser leur croissance (Slight, Nichols, et Arbuckle 2015; Li, Vaughan, et Browne 2009). Dans une autre étude, l'utilisation de distributeur de nourriture sur des lézards insectivores, troidure plissé (*Plica plica*), n'a pas permis d'augmenter la durée consacrée à la prise d'aliment comparé à la distribution habituelle de criquets dispersés. En effet, le distributeur a révélé être un mode plus prévisible de délivrance de nourriture, les proies n'arrivant que d'une seule source, ce qui a conduit les lézards à réduire leur nombre de comportements en chassant plus facilement les criquets. A l'inverse lorsque ces derniers sont délivrés tous en même temps, ils se cachent dans l'environnement complexe du terrarium ce qui complique la chasse (Januszczak et al. 2016). Des résultats similaires ont été objectivés chez des tortues *Chelodina mccordi* et *Mauremys annamensis* avec une diminution de la recherche de nourriture en présence d'un distributeur. Des signes de mal-être comme l'augmentation des interactions avec les parois ou des comportements agressifs a aussi été noté parmi les individus (Johansson 2017). Il paraît donc préférable de privilégier des outils augmentant le temps consacré à la prise d'aliments comme des objets de types Kong® ayant montré une efficacité chez certaines tortues, notamment celles vivant dans des milieux naturellement peu enrichis (Johansson 2017; Bryant et Kother 2014).

Enfin, la présence de proies vivantes vertébrées ou non, bien que controversée pour des raisons sécuritaires et éthiques (Marshall, McCormick, et Cooke 2019; Cottle et al. 2010; Keller 2017) présente une importante motivation pour les prédateurs captifs, surtout si elle est dispersée (Januszczak et al. 2016; Phillips et al. 2011).



Figure 4 : Exemple d'enrichissement alimentaire proposé à une tortue des steppes (*Testudo horsfieldii*) (Source : Norroy Le Cieux Aziliz)

III.2.2 Enrichissement olfactif

L'enrichissement olfactif est reconnu pour accroître l'activité et les comportements naturels de nombreuses espèces, en augmentant l'exploration ou la reproduction, et en réduisant l'inactivité ou les stéréotypies. Le principe est d'apporter différentes odeurs dans le lieu de vie de l'animal. Les possibilités d'odeurs sont infinies, que ce soit celles d'individus de la même espèce ou de d'autres animaux, des odeurs de végétation, d'épices ou de nourriture. Les substrats utilisés sont aussi variés allant de matières fécales ou urinaires à des objets fabriqués par l'homme. Le choix de l'odeur et de la présentation sont complexes, car il faut allier l'intérêt de l'odeur et son potentiel en termes d'intérêt et de bien-être animal. Il est en effet parfois difficile de déterminer si l'odeur va être stimulante ou aversive. Finalement, la durée de l'odeur dans le temps et ses interactions ou accumulations potentielles avec les autres odeurs sont difficiles à prévoir et évaluer (Clark 2005). Il est nécessaire de garder à l'esprit les phénomènes d'habituation ou de fatigue liés à l'utilisation d'enrichissement olfactif, et veiller à garder une période suffisamment longue entre deux enrichissements, en changeant de support (Clark et King 2008).

L'enrichissement olfactif est un enrichissement actuellement peu utilisé chez les reptiles et amphibiens dans les parcs zoologiques malgré un intérêt croissant (Eagan 2018).

Une étude sur les lézards *Podarcis liolepis* a montré que disposer sur un carré de papier les odeurs de donneurs d'odeur mâles de la même espèce en les changeant tous les deux jours diminuait de façon significative la présence de comportements anormaux, au profit d'un comportement d'exploration du territoire rencontré quotidiennement à l'état sauvage par les mâles de cette espèce (Londoño et al. 2018). Une seconde étude, basée sur l'étude de 18 serpents parmi des Colubridés et des Pythonidés a mis en évidence une augmentation de la fréquence des mouvements de langue des serpents en présence de balles provenant de l'enclos de wallabies. Ils ont ainsi souligné l'intérêt des serpents pour cet enrichissement olfactif sans parvenir à conclure sur l'impact associé sur leur bien-être (Krishnan et al. 2022).

III.2.3 Entraînement

L'entraînement comportemental est une forme d'enrichissement très répandue dans les parcs zoologiques et reconnue fondamentale dans la bonne relation professionnel-animal. Il prend de nombreuses formes et vise principalement à favoriser certains comportements de l'animal, notamment pour faciliter des actes de la vie en captivité comme le nettoyage, le nourrissage ou les soins vétérinaires, mais aussi parfois afin de stimuler l'animal à la fois physiquement et psychologiquement en lui faisant accomplir des tâches ou résoudre des problèmes. Une fois encore, les reptiles et les amphibiens sont en reste concernant la littérature et la pratique de cette forme d'enrichissement (B. A. Hall et al. 2021). Les reptiles ont pourtant de grandes capacités d'apprentissage, notamment par imitation, comme cela a été mis en avant chez le dragon barbu (*Pogona vitticeps*), capable d'ouvrir une porte en actionnant un levier avec sa tête, après avoir visionné une vidéo d'un congénère ouvrant cette

même porte (Kis, Huber, et Wilkinson 2014). Les bénéfiques sont également nombreux, à la fois pour le bien-être physique et mental, mais aussi pour améliorer les capacités cognitives, la coopération médicale et la sécurité, l'exercice physique ou encore réduire le stress (Hellmuth et al. 2012).

L'un des défis de ce type d'enrichissement est la difficulté à communiquer avec les individus concernés. En effet les reptiles et amphibiens ont des canaux de communication variés et différents de ceux humains : ils interagissent davantage par des méthodes visuelles (mouvements, couleurs...), chimiques (secrétions cutanées ou cloacales, odeurs...), tactiles (morsures, caresses, pressions...) et enfin auditives (vocalises, bruits corporels...). Il faut donc penser les exercices selon ces critères, afin d'utiliser un mode de communication adapté à l'animal (Hellmuth et al. 2012; Kuppert, 2013).

Une étude a mis en pratique l'entraînement à plusieurs tortues caouanne (*Caretta caretta*), en utilisant une méthode associant stimulation tactile, enrichissement alimentaire et interaction avec les soigneurs. L'apprentissage des tortues est dépendant de l'individu, certaines tortues apprenant à reconnaître une cible avec leur couleur associée en l'espace d'une semaine quand d'autres en nécessitent plusieurs. Cet exercice a permis l'apprentissage du nourrissage à partir de pinces, l'acceptation de la manipulation tactile, le suivi de l'entraîneur ou de la cible, la réponse à un stimulus de rappel ou à un ordre comme la station pour le nettoyage de la carapace (Ethier, Balsamo 2005). Ces comportements de coopération et d'apprentissages ont été reproduits chez des tortues Aldabra (Weiss et Wilson 2003) mais aussi des serpents Indigo (Kleinginna 1970) et des crocodiles africains (Hellmuth et al. 2012). Ces avancées remettent en question les relations avec les reptiles et l'intérêt du renforcement positif aujourd'hui jugé comme pertinent avec ce taxon (Williams et al. 2022).

Si un nombre minime d'études témoignent de l'enrichissement comportemental chez les amphibiens, l'apprentissage de certaines salamandres entraînées dans un cadre expérimental à rejoindre un endroit donné (Kundey et Phillips 2019) laisse à penser que de nombreuses possibilités d'apprentissage sont à prévoir pour perfectionner les conditions de détentions de ces animaux, faciliter leur manipulation et les soins vétérinaires.

III.2.3 Enrichissement naturel et aménagement de l'habitat

L'enrichissement de l'environnement est un domaine de plus en plus étudié et mis en pratique aussi bien dans les zoos que chez des particuliers. Il consiste à créer un milieu de vie en captivité varié, le plus souvent en se reprochant de l'habitat naturel de l'animal et en lui permettant d'exprimer ses comportements naturels (Figure 5). La majorité de la littérature scientifique se concentre cependant sur les mammifères notamment les rongeurs et les primates (C. S. de Azevedo, Cipreste, et Young 2007). Dans le même temps, de nombreux reptiles sont détenus dans des étagères d'élevage. Ce mode d'élevage, pratique et peu coûteux, permet d'après ses défenseurs une meilleure croissance et reproduction des animaux (Hollandt, Baur, et Wöhr 2021) Toutefois, la nécessité d'un environnement enrichi a été établie, non seulement pour augmenter le bien-être animal, mais aussi pour permettre à

ce dernier d'exprimer ses comportements naturels (Krishnan et al. 2022). Il est en effet possible d'agrémenter les terrariums de branches de bois, de cabanes, de différents substrats et d'endroits pour se percher ou s'enterrer en fonction de la physiologie et des besoins de l'espèce. Les serpents sont ainsi capables d'interagir avec de l'enrichissement quand cela leur est offert en se baignant, grimpant ou changeant d'abri, et privilégient cet environnement à un autre moins complexe (Hoehfurtner et al. 2021; Nagabaskaran, Skinner, et Miller 2022). Enfin, les paramètres comme les gradients de températures, de lumière ou d'humidité sont primordiaux pour les reptiles et amphibiens et doivent être pris en compte (Ferrell 2021; Rose et al. 2014).

Contrairement à ce que l'on pourrait envisager, un environnement enrichi peut également augmenter le temps durant lequel l'animal est visible, ce qui présente un avantage dans le cadre de la présentation au public (Rose et al. 2014). Cela s'explique par la capacité de certains reptiles comme les serpents à se percher, ce qui les rend observable par le plus grand nombre, mais aussi parce qu'un plus grand nombre d'abris permet aux plus petites espèces comme les dendrobates de se déplacer avec moins de réticence, les zones de replis étant nombreuses (Rose et al. 2014). Ce n'est pourtant pas une généralité puisqu'à l'inverse des iguanes comme le chuckwalla (*Sauromalus ater*) ont passé plus de temps caché dans un environnement enrichi en abris, et exprimé moins de stéréotypies. Il est donc important également de réfléchir le terrarium en alliant un espace adapté à l'animal présenté, et des terrariums visuellement compatibles avec la présence de visiteurs (Rose et al. 2014)

Certaines expériences peinent effectivement à démontrer la pertinence de l'enrichissement environnemental en terme de réduction du stress en captivité (Rosier et Langkilde 2011; Krishnan et al. 2022) et comme facteur améliorant la survie post-relâche (Tetzlaff et al. 2019). Il demeure donc important d'avoir une utilisation adaptée et progressive de l'enrichissement et de son introduction aux individus, en prenant en compte leurs besoins individuels, liés à l'espèce ainsi que relatifs à leur vécu.

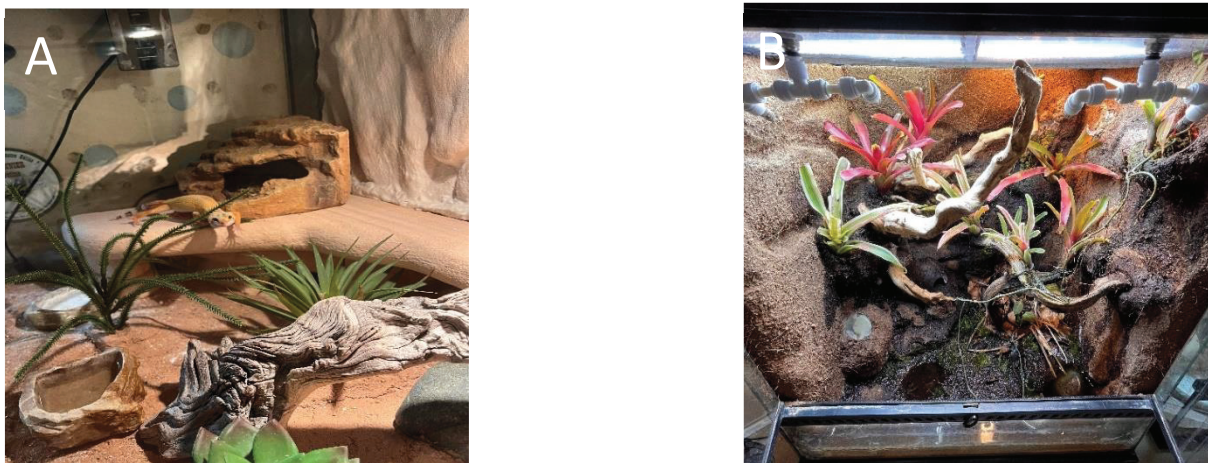


Figure 5 : Exemples d'enrichissement de l'environnement (A) chez un gecko leopard (*Eublepharis macularius*) et (B) chez des grenouilles toxiques à tête rouge (*Ranitomeya fantastica*) (Source : Norroy Le Cieux Aziliz)

III.2.4 Objets fabriqués par l'homme ou « jouets »

L'enrichissement chez les animaux captifs s'accompagne parfois de l'utilisation d'objets plus éloignés de leur milieu de vie naturel, destinés à faire varier leur budget temps ou mobiliser leurs capacités cognitives. Cela peut prendre la forme de jouets tels que des balles ou des anneaux, mais aussi des systèmes plus complexes comme des puzzles ou distributeur. Cette fois l'objectif n'est pas de reproduire l'environnement naturel de l'espèce, mais plutôt de fournir à l'animal une distraction l'encourageant à exprimer des comportements naturels en interagissant avec un objet artificiel. Ces enrichissements sont souvent couplés avec des odeurs ou de l'aliment, ce qui les rend multifactoriels. Ils sont rapportés dans plusieurs espèces de reptiles parmi les squamates, les chéloniens ou même les crocodyliens (Bannister, Thomson, et Cuculescu-Santana 2021; Kilby 2019).

L'utilisation de ces objets, peut avoir des effets variés sur les espèces et les individus, suscitant parfois indifférence, intérêt ou néophobie. Par exemple un jouet pour chien, ne répondant pas à un besoin naturel, peut ne constituer qu'un stimulus médiocre pour une espèce comme le gecko, et de ce fait engendrer peu d'interactions (Zieliński 2023; Bashaw et al. 2016). Dans une autre étude, la présence de coupelles de couleur, avec ou sans odeur de poisson, a en revanche démontré chez un groupe de tortues (*Pseudemys sp.* et *Trachemys scripta ssp*) une réduction moyenne du nombre de tentatives d'évasions en présence de ce nouvel enrichissement avant le nourrissage. L'intérêt le plus marqué s'est dirigé vers les coupelles avec une odeur plutôt que vers une couleur en particulier, ce qui laisse supposer que la couleur des objets n'est pas le facteur motivant les interactions. Une importante variabilité individuelle entre les tortues a également été observée (Bannister, Thomson, et Cuculescu-Santana 2021). Cette distinction entre l'intérêt olfactif et l'intérêt propre de l'objet est parfois difficile à estimer sur le milieu terrestre, l'objet pouvant avoir une odeur naturelle ou due à sa manipulation, et inversement, l'odeur artificiellement ajoutée pouvant ne pas être perceptible (Bashaw et al. 2016) La forme des objets a aussi un impact, et des critères comme la présence d'un trou central à l'image d'un anneau rond ou carré a généré plus d'intérêt qu'une balle ou un cylindre auprès de tortues vertes (Kanghae et al. 2021).

Enfin, si cette forme d'enrichissement réduit des signes de mal-être comme l'agressivité ou l'automutilation, elle ouvre en parallèle des questions comportementales comme celle du jeu. Cette hypothèse, soulevée par l'observations d'interactions répétées, sans fonction immédiate entre des reptiles et des objets, reste à investiguer, en mettant en exergue l'éventuel plaisir associé (G. M. Burghardt, Ward, et Rosscoe 1996; Kilby 2019).

III.2.5 Enrichissement social

Les interactions sociales sont au centre de la vie de nombreux animaux, et leur intensité varie sur un large panel allant des groupes hiérarchisés collaborant au quotidien à des individus solitaires se rencontrant brièvement pour se reproduire ou défendre leur territoire. Ainsi elles sont considérées comme source de nombreux bénéfices : celui de réduire le stress (Culbert, Gilmour, et Balshine 2019), d'augmenter la mémoire ou la vigilance (Toyoshima et al. 2018), mais également la prise de nourriture (Pérez-Cembranos et Pérez-Mellado 2015). L'un des défis de la captivité est d'offrir un enrichissement social bénéfique bien que créé en partie artificiellement. Se pose donc parfois la question de l'équilibre entre laisser se produire des interactions négatives au profit de l'expression naturelle des comportements, considéré comme l'un des piliers du bien-être, ou protéger les individus des comportements antagonistes pour les préserver de toute source de stress. (Kappel, Hawkins, et Mendl 2017)

Ce type d'enrichissement exige donc une très bonne connaissance des espèces et des individus, ainsi que des contraintes environnementales précises pour que les interactions puissent se passer dans de bonnes conditions. Cela passe par la constitution de groupes équilibrés (Radosevich, Jaffe, et Minier 2021), avec un nombre d'animaux calculé (Thomsen et al. 2016), un espace et des refuges suffisants.

Les reptiles et amphibiens sont souvent considérés comme des espèces non sociales comme c'est le cas des tortues charbonnières à pattes rouges (*Geochelone carbonaria*) (A. Wilkinson et al. 2010) ou du lézard *Podarcis Lilfordi* (Pérez-Cembranos et Pérez-Mellado 2015). Ils sont toutefois capables de bénéficier d'interactions et d'informations sociales relatives à leur territoire ou leurs « voisins » (J. P. Tumulty et al. 2022), et à la présence de nourriture (Pérez-Cembranos et Pérez-Mellado 2015). Plus encore, des serpents comme la couleuvre rayée (*Thamnophis sirtalis sirtalis*) recherchent cette interaction sociale et privilégient le contact avec une partie de leurs congénères en fonction de leur caractère (Skinner et Miller 2020). Cet enrichissement social peut donc être une source de stress ou un facteur bénéfique en fonction de la densité de population, de la promiscuité, des ressources disponibles, de la période de l'année et surtout de l'espèce.

Finalement, ce lien social peut traverser les générations et se traduire par la capacité de certaines espèces de salamandres, de grenouilles et de lézards à s'occuper de leur progéniture de façon monoparentales (Vági et al. 2022), bi-parentale (J. Tumulty, Morales, et Summers 2014) ou au sein de groupes sociaux stables (Duffield et Bull 2002).

III.2.6 Autres types d'enrichissements

Les possibilités d'enrichissement en milieu captif sont multiples et méritent d'être sans cesse explorées tout comme la biologie et le comportement des espèces qu'elles concernent.

Un enrichissement auditif comme la diffusion de musique a montré une réduction de l'anxiété chez de multiples espèces, de mammifères (Amaya, Paterson, et Phillips 2020), oiseaux (Robbins et Margulis 2016) et poissons (Barcellos et al. 2018). Cela permet également de réduire l'impact d'un stress aigu comme l'isolation, ce qui peut être un allié dans un contexte de quarantaine ou d'hospitalisation pour des animaux sociaux (Marchetto et al. 2021). L'utilisation de ce type d'enrichissement n'est pas décrit chez les reptiles et amphibiens, mais leur capacité à percevoir les sons aquatiques ou terrestres (Fehrenbach, s. d.) et à communiquer via des canaux sonores (I. C. Hall, Ballagh, et Kelley 2013) suggère qu'elle pourrait avoir d'importantes répercussions sur leurs comportements.

Concernant l'enrichissement visuel, une étude sur le gecko léopard (*Eublepharis macularius*), proposant un miroir dans lequel les animaux pouvaient se voir n'a pas montré d'effet significatif de cet objet sur l'amélioration du bien-être des geckos (Bashaw et al. 2016). L'avenir de cet outil repose sur une meilleure connaissance des préférences des espèces pour concevoir des enclos et objets adaptés (Spiezio, Leonardi, et Regaiolli 2017). Des recherches sont également en cours chez d'autres taxa pour proposer des alternatives virtuelles et des illusions en mouvement afin de stimuler les animaux et de recréer des univers enrichis en outrepassant les contraintes logistiques (Yamanashi et al. 2022; Regaiolli et al. 2019). Cela ouvre la perspective de fournir aux reptiles et amphibiens des univers virtuels et des activités diversifiées comme la chasse en utilisant de nouvelles technologies.

Pour finir, une forme d'enrichissement thermique, pouvant aussi être considéré comme un type d'enrichissement environnemental, a été investiguée chez les reptiles pour leur offrir la possibilité de se tenir plus ou moins près d'une source de chaleur, cachés ou non (Bashaw et al. 2016; Rose et al. 2014). Si ce gradient permet de répondre aux besoins des reptiles en termes de régulation de la chaleur, il est pertinent de se demander s'il ne relève pas davantage d'une bonne pratique d'élevage que d'un réel enrichissement.

Conclusion de la première partie

Les reptiles et amphibiens ont des capacités cognitives très développées et bénéficient d'un environnement enrichi tant pour leur santé physique que mentale. Il existe une grande diversité d'enrichissements possibles qui doivent être adaptés aux différentes espèces et individus de reptiles et d'amphibiens. Les implications potentielles de l'enrichissement de ces espèces sont majeures en termes d'amélioration du bien-être et de réduction du stress mais aussi de conservation et d'éducation du publique.

Pourtant peu d'études se sont intéressées à ce sujet. Leur méthodologie est de plus variable, ce qui ne permet pas souvent de conclure à un effet des enrichissements sur les comportements des reptiles et amphibiens.

Ce manque de connaissances touche d'autant plus les amphibiens, dont le bien-être en captivité et l'enrichissement est encore moins étudié que celui des reptiles, malgré le besoin urgent de palier à leur extinction de masse.

Il est donc nécessaire d'approfondir nos savoirs dans ce domaine, afin de permettre le maintien de ces espèces, dont bon nombre sont menacées d'extinction, dans des conditions permettant leur bien-être.

C'est dans ce cadre que s'inscrit la deuxième partie de ce travail, qui vise à dresser un état des lieux de l'utilisation de l'enrichissement des parcs zoologiques francophones avec leurs reptiles et amphibiens, puis de tester l'impact d'un enrichissement ou d'un milieu enrichi sur un modèle d'amphibien, le triton alpestre (*Ichthyosaura alpestris reiseri*).

PARTIE 2 : ETUDE EXPERIMENTALE

I. Réalisation d'un sondage dressant l'état des lieux de l'enrichissement des reptiles et amphibiens dans les parcs zoologiques francophones

1. But de l'étude

Ce projet a été inspiré d'une étude réalisée en juillet et août 2015 par Taylor Eagan, directrice de recherche de l'université de Tufts et publiée dans le *Journal of Applied Animal Welfare Science* en juillet 2018. Un sondage en ligne avait alors été diffusé auprès de 206 zoos des Etats-Unis, accrédités ou non, avec pour but d'établir un état des lieux de l'enrichissement des reptiles en parc zoologique. L'objectif final était d'orienter les futures recherches et cibler les domaines nécessitant davantage de ressources et d'éducation.

La présente étude a pour but de dresser un état des lieux de l'utilisation de l'enrichissement pour les reptiles et amphibiens dans les parcs zoologiques francophones. Le type d'enrichissement utilisé, la fréquence, la source d'information et la méthode d'évaluation de l'efficacité ont aussi été recueillis.

Notre hypothèse principale est que les amphibiens disposent de moins d'enrichissement que les reptiles. Nous supposons également que les sources d'informations des enrichissements et la mesure de leur efficacité sont rarement scientifiques.

2. Matériel et méthode

Un sondage en ligne reprenant les principales questions du sondage américain a été utilisé pour collecter les réponses de zoos francophones. Ce sondage a ensuite été transmis par courrier électronique via la liste de diffusion de l'Association Francophones des Vétérinaires en Parcs Zoologiques comptant 275 membres.

Le courrier électronique était constitué d'un court paragraphe explicatif donnant le cadre de l'étude, ainsi qu'une garantie d'anonymat et de la durée du sondage (5 minutes), avec son lien. Il était également demandé de transmettre le sondage à la personne la plus compétente pour y répondre selon les institutions. Le premier courrier électronique a été transmis aux membres le 9 avril 2021, puis une seconde relance le 30 avril 2021 et enfin une dernière relance le 30 mai 2021.

Le sondage était constitué de 18 questions portant sur l'enrichissement des reptiles et amphibiens en parc zoologique. Il débutait par un texte reprenant le contenu du courrier électronique, avec les références de l'article de Eagan (Eagan 2018). Les reptiles ont été divisés comme dans cette même étude en 7 groupes : les serpents non-venimeux, les serpents venimeux, les tortues terrestres, les tortues aquatiques, les crocodiliens, les varans et les lézards (hors varans). Une section pour les amphibiens a été ajoutée car il semblait pertinent

d'élargir le champ de recherche à cette catégorie d'animaux dont les problématiques en termes d'enrichissement sont similaires ou supérieures à celles des reptiles.

Un tableau caractérisant les types d'enrichissement décrits a été fourni en amont des questions sur l'enrichissement avec pour chacun une proposition de définition (Tableau 1). Les 8 catégories définies comprennent l'enrichissement alimentaire, olfactif, l'entraînement, l'enrichissement naturel, les objets fabriqués par l'homme, le social, l'aménagement de l'habitat et une catégorie « autre ». Ils ont été choisis au plus proche de ceux définis par l'étude américaine, afin de permettre de futures comparaisons.

Tableau 1 : Catégories d'enrichissement et définitions associées proposées dans le sondage (Source : Norroy Le Cieux Aziliz)

Catégorie d'enrichissement	Définition
Alimentaire	Nouvelles présentations d'aliments (frais, surgelés, vivants, différentes textures), utilisation de boîtes à puzzle, nourriture cachée ou dispersée dans l'enclos etc...
Olfactif	Application olfactive (artificielle ou naturelle) de phéromones, de parfums de prédateurs ou de proies, de parfums nouveaux (épices ou parfums) etc..
Entraînement/modification comportementale	Entraînement pour les soins quotidiens et/ou les procédures médicales, entraînement pour les présentations au public, etc...
Enrichissement naturel	Branches, feuilles, roches, fleurs, foin, etc...
Objets fabriqués par l'homme	"Jouets", objets artificiels créés par l'homme pour amener de la nouveauté
Social	Membres de la même espèce logés ensemble pour imiter les groupements sociaux naturels ou regroupements d'espèces mixtes qui ont des comportements complémentaires entre les espèces, etc...
Aménagement de l'habitat	Variété de substrats, considérations terrestres et aquatiques, plateformes surélevées, structures à grimper, zones de nidification, considérations d'espace, etc...
Autre	Toute autre mesure mise en place par la structure et considérée comme de l'enrichissement.

Statistiques

Les données statistiques sont des statistiques descriptives avec des variables rapportées en pourcentage.

Des tests du chi-deux ont été utilisés pour déterminer si le fait qu'un zoo fasse partie d'une association ou possède une accréditation a un effet sur l'utilisation d'enrichissement.

3. Résultats

Le sondage a reçu un taux de réponse de 10 % (n=28). A l'image de l'article de Eagan (Eagan 2018), le nombre de réponses a augmenté exponentiellement durant la première phase avant de diminuer puis de stagner lors des deuxièmes et troisièmes relances.

Les résultats (Tableau 2) que les zoos membres d'une ou plusieurs associations sont majoritaires parmi les répondants, face à ceux n'en faisant pas partie.

Tableau 2 : Répartition des zoos accrédités dans l'échantillon (en pourcentage de répondants, plusieurs réponses possibles) (Source : Norroy Le Cieux Aziliz)

AFdPZ = Association Française des Parcs Zoologiques ; EAZA = Association Européenne des Zoos et Aquariums ; WAZA = Association Mondiale des Zoos et Aquariums.

Etes-vous membre d'une ou plusieurs des associations suivantes ?	Zoo utilisant de l'enrichissement (N=15)	Zoo n'utilisant pas d'enrichissement (N=13)	Total (N=28)
Les 3 (N=5)	20 %	15 %	18 %
AFdPZ + EAZA (N=16)	47 %	69 %	57 %
AFdPZ uniquement (N=3)	13 %	8 %	11 %
EAZA uniquement (N=0)	0 %	0 %	0 %
WAZA uniquement (N=0)	0 %	0 %	0 %
Aucune (N=4)	20 %	8 %	14 %

A la question de l'utilisation de l'enrichissement chez les reptiles et amphibiens, 54 % des répondants ont déclaré utiliser de l'enrichissement et 46 % ne pas en utiliser.

Les zoos appartenant à une association ne faisaient pas significativement plus d'enrichissement que les zoos n'en faisant pas partie (test du chi-deux, $P = 0,35$). La même observation a été faite concernant l'accréditation ou non des zoos par l'EAZA (test du chi-deux, $P = 0,62$).

Les zoos n'utilisant pas d'enrichissement étaient renvoyés à la fin du questionnaire. Ainsi, 15 zoos ont répondu à la suite du sondage.

3.1 Reptiles

Les 15 zoos utilisant de l'enrichissement avec leurs reptiles et/ou amphibiens ont tous confirmé utiliser de l'enrichissement avec leurs reptiles, tandis qu'une partie seulement en utilise pour ses amphibiens. Ainsi, 54 % des répondants utilisent de l'enrichissement pour leurs reptiles.

Le type d'enrichissement apparaissant majoritaire est l'enrichissement de l'habitat, qui est la réponse prédominante pour les différentes catégories de reptiles, à l'exception des tortues aquatiques et des lézards pour qui l'enrichissement social est majoritaire (Tableau 3). Ce type d'enrichissement est d'ailleurs la seconde raison la plus citée, avant les enrichissements naturels puis alimentaires. Les objets fabriqués par l'homme et olfactifs sont peu évoqués ;

L'enrichissement a été en grande majorité utilisé pour promouvoir les comportements propres à l'espèce mais aussi pour améliorer l'esthétique du milieu et la visée pédagogique.

Le motif du bien-être animal a été rajouté par les répondants à deux reprises et constitue la totalité des réponses « autres » suggérées pour cette question (Tableau 4).

L'enrichissement est le plus souvent utilisé une fois par jour ou plusieurs fois par semaine. Les enrichissements une fois par mois uniquement ou plusieurs fois dans l'année mais moins d'une fois par mois sont les moins décrits (Tableau 5).

Les mesures de l'efficacité de l'enrichissement mis en place sont plus homogènement réparties, avec en premier lieu une absence de mesure formelle effectuée pour la majorité des zoos, puis trois méthodes ex aequo : l'utilisation de l'enrichissement par les reptiles, l'augmentation du comportement souhaité et les marqueurs de croissance biologique. Aucun zoo participant n'a déclaré analyser les taux de corticostérone (Tableau 6).

Les zoos ont utilisé en premier lieu le bouche à oreille pour leurs idées d'enrichissement, mais aussi pour plus de la moitié le réseau d'information AFdPZ/AFVPZ/AFSA et internet. La littérature scientifique arrive en quatrième lieu suivie par les magazines d'herpétologie et livres spécialisés pour moins d'un quart des répondants (Tableau 7).

Tableau 3 : Types d'enrichissements fournis aux reptiles (en pourcentage de répondants, plusieurs réponses possibles) (Source : Norroy Le Cieux Aziliz)

Quel(s) type(s) d'enrichissement(s) fournissez-vous à vos reptiles ?	Alimentaire (N=39)	Olfactif (N=6)	Entraînement (N=14)	Enrichissement naturel (N=43)	Fabriqué par l'homme (N=3)	Social (N=46)	Aménagement de l'habitat (N=57)
Serpents non-venimeux (N=33)	15 %	3 %	3 %	24 %	3 %	21 %	30 %
Serpents venimeux (N=12)	8 %	8 %	0 %	25 %	0 %	25 %	33 %
Tortues terrestres (N=45)	22 %	0 %	9 %	22 %	2 %	18 %	27 %
Tortues aquatiques (N=32)	22 %	0 %	0 %	22 %	0 %	31 %	25 %
Crocodyliens (N=21)	14 %	0 %	19 %	14 %	0 %	24 %	29 %
Varans (N=23)	17 %	9 %	9 %	22 %	4 %	13 %	26 %
Lézards (N=42)	21 %	5 %	7 %	17 %	0 %	24 %	26 %

Tableau 4 : Raisons d'utilisation de l'enrichissement (en pourcentage de répondants, plusieurs réponses possibles) (Source : Norroy Le Cieux Aziliz)

Pour quelle(s) raison(s) utilisez-vous de l'enrichissement pour vos reptiles ?	
Promouvoir les comportements naturels/propres à l'espèce (N=14)	93 %
Améliorer l'esthétique du milieu (N=7)	47 %
Participer à l'éducation du public, visée pédagogique (N=5)	33 %
Entraînement comportemental (N=4)	27 %
Réduire les stéréotypies (N=3)	20 %
Bien-être des animaux (N=2)	13 %

Tableau 5 : Fréquence d'utilisation de l'enrichissement pour les reptiles (en pourcentage de répondants, plusieurs réponses possibles) (Source : Norroy Le Cieux Aziliz)

A quelle fréquence utilisez-vous de l'enrichissement ?	
1 fois par jour (N=6)	40 %
Plusieurs fois par semaine (N=4)	27 %
1 fois par semaine (N=3)	20 %
1 fois par mois (N=1)	7 %
Plusieurs fois dans l'année mais moins d'une fois par mois (N=1)	7 %
Jamais (N=0)	0 %

Tableau 6 : Mesure de l'efficacité de l'enrichissement des reptiles (en pourcentage de répondants, plusieurs réponses possibles) (Source : Norroy Le Cieux Aziliz)

Comment mesurez-vous l'efficacité de l'enrichissement mis en place ?	
Aucune mesure formelle n'a été effectuée (N=9)	60 %
Utilisation de l'enrichissement par les reptiles (N=5)	33 %
Augmentation du comportement souhaité (N=5)	33 %
Marqueur de croissance biologique (taille, poids, mue) (N=5)	33 %
Réduction du comportement indésirable (N=3)	20 %
Mesure des indicateurs de stress des reptiles (N=3)	20 %
Analyse des taux de corticostérone (N=0)	0 %

Tableau 7 : Source d'information pour les idées d'enrichissement des reptiles (en pourcentage de répondants, plusieurs réponses possibles) (Source : Norroy Le Cieux Aziliz)

Quelle est votre source d'information pour vos idées d'enrichissements ?	
Soigneurs (bouche à oreille) (N=14)	93 %
Réseau d'information AFdPZ/AFVPZ/AFSA (N=9)	60 %
Internet (N=8)	53 %
Articles scientifiques (N=6)	40 %
Magazine d'herpétologie (N=2)	13 %
Livres spécialisés (N=1)	7 %
Bon sens (N=1)	7 %

3.2 Amphibiens

Parmi les 15 zoos utilisant de l'enrichissement pour leurs reptiles et/ou amphibiens, 12 utilisent également de l'enrichissement pour leurs amphibiens, ce qui représente 42% des répondants et 80% des répondants utilisant de l'enrichissement pour les reptiles.

L'enrichissement alimentaire et l'enrichissement de l'habitat sont les plus utilisés. Les enrichissements naturel et social sont également prédominants tandis que les objets fabriqués par l'homme ou olfactif ne sont pas utilisés (Tableau 8)

La principale motivation des professionnels est de promouvoir les comportements propres à l'espèce, mais aussi d'améliorer l'esthétique du milieu. L'entraînement comportemental n'est pas pratiqué (Tableau 9).

L'efficacité de l'enrichissement proposé n'est souvent pas mesurée de façon formelle, même si l'utilisation de l'enrichissement par les animaux semble être surveillée. Les comportements et les marqueurs de croissance sont également monitorés par une partie des répondants (Tableau 10).

La source d'information première est le bouche-à-oreille suivi par les réseaux associatifs puis à égalité les articles scientifiques et internet. Les livres et magazines spécialisés restent minoritaires (Tableau 11).

La mise en place d'enrichissement pour les amphibiens oscille entre une fois par mois et une fois par semaine (Tableau 12).

Tableau 8 : Types d'enrichissements fournis aux amphibiens (en pourcentage de répondants, plusieurs réponses possibles) (Source : Norroy Le Cieux Aziliz)

Quel(s) type(s) d'enrichissement(s) fournissez-vous à vos amphibiens ?	
Alimentaire (N=8)	89 %
Aménagement de l'habitat (N=8)	89 %
Enrichissement naturel (N=7)	67 %
Social (N=6)	67 %
Entraînement (N=1)	11 %
Objets fabriqués par l'homme (N=0)	0 %
Olfactif (N=0)	0 %

Tableau 9 : Raison d'utilisation de l'enrichissement chez les amphibiens (en pourcentage de répondants, plusieurs réponses possibles) (Source : Norroy Le Cieux Aziliz)

Pour quelle(s) raison(s) utilisez-vous de l'enrichissement pour vos amphibiens ?	
Promouvoir les comportements naturels / propres à l'espèce (N=9)	75 %
Améliorer l'esthétique du milieu (N=7)	58 %
Réduire les stéréotypies (N=1)	8 %
Participer à l'éducation du public, visée pédagogique (N=1)	8 %
Entraînement comportemental (N=0)	0 %

Tableau 10 : Mesure de l'efficacité de l'enrichissement des amphibiens (en pourcentage de répondants, plusieurs réponses possibles) (Source : Norroy Le Cieux Aziliz)

Comment mesurez-vous l'efficacité de l'enrichissement mis en place ?	
Aucune mesure formelle n'a été effectuée (N=8)	73 %
Utilisation de l'enrichissement par les amphibiens (N=4)	36 %
Augmentation du comportement souhaité (N=2)	18 %
Marqueur de croissance biologique (taille, poids, mue...) (N=2)	18 %
Mesure des indicateurs de stress des amphibiens (N=1)	9 %
Réduction du comportement indésirable (N=1)	9 %
Analyse des taux de corticostérone (N=0)	0 %

Tableau 11 : Source d'information pour les idées d'enrichissement des amphibiens (en pourcentage de répondants, plusieurs réponses possibles) (Source : Norroy Le Cieux Aziliz)

Quelle est votre source d'information pour vos idées d'enrichissements ?	
Soigneurs (bouche à oreille) (N=9)	90 %
Réseau d'information AFdPZ/AFVPZ/AFSA (N=7)	70 %
Articles scientifiques (N=5)	50 %
Internet (N=5)	50 %
Magazine d'herpétologie (N=1)	10 %
Livres spécialisés (N=1)	10 %

Tableau 12 : Fréquence d'utilisation de l'enrichissement pour les amphibiens (en pourcentage de répondants, plusieurs réponses possibles) (Source : Norroy Le Cieux Aziliz)

A quelle fréquence utilisez-vous de l'enrichissement ?	
1 fois par jour (N=3)	33 %
1 fois par mois (N=3)	33 %
Plusieurs fois par semaine (N=1)	11 %
1 fois par semaine (N=1)	11 %
Plusieurs fois dans l'année mais moins d'une fois par mois (N=1)	11 %

4. Discussion

4.1 Répondants

A l'image de l'article de Eagan (Eagan 2018), l'utilisation de l'enrichissement pour les reptiles et amphibiens est largement plus représentée parmi nos répondants que ce que dépeint la littérature scientifique. Cependant, alors que 100 % des répondants américains rapportent utiliser de l'enrichissement pour au moins un groupe de reptiles, seulement la moitié des répondants francophones en utilise également. L'une des hypothèses est que l'enrichissement des reptiles soit plus répandue aux États-Unis qu'en Europe, cependant, il est aussi envisageable que davantage de zoo n'utilisant pas d'enrichissement aient répondu au sondage francophone.

Le fait que les zoos accrédités EAZA n'utilisent pas plus d'enrichissement sur leurs reptiles et amphibiens est surprenant compte tenu de la place importante qu'accorde l'EAZA au bien-être animal. Cela peut s'expliquer par le fait que le guide définissant les standards pour l'accréditation demande aux membres d'encourager les programmes d'enrichissement et l'aménagement de l'habitat sans définir de critères précis ni pour quels groupes d'espèces (EAZA 2022).

4.2 Différences d'enrichissement chez les reptiles et amphibiens

L'utilisation de l'enrichissement de l'habitat est prédominante dans notre étude, ce qui correspond avec les résultats présentés par Eagan (Eagan 2018) et qui est aussi le type d'enrichissement le plus décrit dans la littérature (C. S. de Azevedo, Cipreste, et Young 2007). Il est suivi par l'utilisation d'enrichissement naturel, ce qui semble cohérent avec la similitude du principe de ces deux types d'enrichissement.

L'enrichissement social est également très présent, ce qui montre que les zoos francophones ont tendance à privilégier les regroupements d'animaux en captivité.

Trois catégories sont néanmoins peu développées : l'olfactif, les objets fabriqués par l'homme et l'entraînement comportemental. Notre hypothèse est que les enrichissements les plus chronophages comme les objets faits par l'homme ou l'enrichissement comportemental sont davantage lésés par les contraintes horaires du personnel que victimes d'un manque d'intérêt. En effet de récentes études comme celle d'Augustine et al (Augustine et al. 2022), mettent en évidence que certains individus chez les tortues aquatiques choisissent d'interagir avec leur soigneur quand l'occasion leur est donnée. Cela constitue donc une piste de réflexion future qui pourrait être étendue à davantage de zoo et d'espèces, alors même que notre étude révèle un taux de 0 % d'entraînement avec les tortues aquatiques parmi les répondants. De simples objets fabriqués par l'homme comme des tuyaux d'arrosage, des balles ou des systèmes de délivrance de nourriture peuvent aussi augmenter le niveau d'activité des animaux (Hurme et al. 2003) mais aussi diminuer des comportements indésirables comme l'automutilation (G. M. Burghardt, Ward, et Rosscoe 1996). La multiplication de ces exemples

et leur diffusion laisse à penser qu'une généralisation de leur utilisation est à venir. Il est toutefois important de tester l'adaptation de ces dispositifs aux animaux auxquels ils sont proposés en prenant en compte la variabilité individuelle (Mehrkam et Dorey 2015)

La diversification des enrichissements proposés reste essentielle pour subvenir aux besoins variés des reptiles et amphibiens et éviter un phénomène d'habituation (G. M. Burghardt, Ward, et Rosscoe 1996) (Krishnan et al. 2022).

4.3 Raisons pour l'enrichissement

La raison majeure évoquée pour l'utilisation de l'enrichissement s'accorde avec celle de Eagan (Eagan 2018) sur le fait de promouvoir les comportements propres à l'espèce (93 %), mais diffère dès la deuxième position avec l'entraînement comportemental, qui figure en quatrième position chez les zoos francophones. La réduction des stéréotypies et comportements anormaux occupe la troisième place dans le classement américain (53 %) et l'avant dernière place dans le classement francophone (20 %). Cela rejoint l'hypothèse selon laquelle les signes associés au mal-être des reptiles et amphibiens sont méconnus et passent souvent inaperçus en l'absence de réels outils d'évaluation de leur bien-être. Les rares consensus s'accordent davantage sur des paramètres de santé comme l'état d'hydratation ou la qualité de la peau, qui sont souvent des marqueurs tardifs, au détriment des marqueurs comportementaux, plus difficiles à évaluer et changeants (Whittaker et al. 2021).

Contrairement à l'étude américaine, la plupart des participants de notre sondage affirment ne pas utiliser de méthode formelle pour évaluer l'utilisation de l'enrichissement par leurs reptiles (60 %) ce qui représente 4 fois les 14 % décrits par Eagan (Eagan 2018). Ce chiffre est encore plus élevé chez les amphibiens (73 %). L'évaluation des préférences des reptiles et amphibiens en matière d'enrichissement demande de l'expérience et du temps. Les prévisions des soigneurs pour estimer si un enrichissement sera apprécié ne sont donc pas toujours exactes (Mehrkam et Dorey 2015) (Watters, Margulis, et Atsalis 2009). L'observation de l'utilisation de l'enrichissement et de l'augmentation des comportements souhaités arrivent en deuxième et troisième position dans les deux études, que ce soit pour les reptiles ou les amphibiens avant l'étude des marqueurs de croissance. Ce dernier point est sujet à réflexion car les marqueurs biologiques, bien que pouvant refléter un état de bien-être, sont parfois davantage un indicateur du bon respect des besoins physiologiques des animaux, suffisants pour obtenir un bon état de santé, sans pour autant avoir un milieu enrichi (Melfi 2009).

4.4 Fréquence d'enrichissement

La majorité des structures de notre étude décrivent utiliser de l'enrichissement une fois par jour, puis une fois par mois pour les amphibiens et plusieurs fois par semaine pour les reptiles. La fréquence idéale d'utilisation d'enrichissement semble dépendre de la catégorie et de l'utilisation de ce dernier. En effet, un enrichissement alimentaire ou un jouet trop souvent présenté peut provoquer chez certaines espèces un phénomène de lassitude et de désintérêt de l'enrichissement (Powell 2005) (G. M. Burghardt, Ward, et Rosascoe 1996) (Hurme et al. 2003). A l'inverse des changements d'environnements brutaux ou des manipulations peuvent induire un stress et finalement s'avérer délétère au bien-être de l'animal (McCallie et Klukowski 2022; Podturkin 2021).

Une donnée manquante de cette étude est la recherche d'information sur l'organisation et la répartition des enrichissements. De nombreux établissements tiennent des registres à jour pour le suivi de l'enrichissement de leurs mammifères et oiseaux (Powell 2005) L'information sur l'existence d'un tel calendrier chez des reptiles ou amphibiens serait intéressante à collecter dans des travaux futurs.

4.5 Sources d'information

La hiérarchisation des sources d'informations est la même pour les reptiles et amphibiens avec en tout premier lieu le bouche à oreille, retrouvé également comme source principale Outre-Atlantique. Les préoccupations sur la mauvaise perception des besoins des animaux par les soigneurs sont donc internationales même si la lecture d'articles scientifiques reste présente dans les deux études.(Gaalema, Perdue, et Kelling 2011). L'utilisation des réseaux de communication des parcs zoologiques au profit d'internet est une donnée encourageante qui doit promouvoir la vulgarisation et le partage d'informations par ce biais.

II. Exemple d'enrichissement d'un lot de tritons alpestres (*Ichthyosaura alpestris reiseri*) en phase aquatique au Parc zoologique de Paris (PZP).

1. But de l'étude

Cette étude s'inscrit dans une quête d'amélioration des conditions de captivités des reptiles et amphibiens, notamment en parc zoologique. Elle a été menée en deux temps.

La session 1 a pour but d'étudier l'influence de la présence d'un abri sur le comportement et la position des tritons dans l'aquarium. Elle s'est déroulée du 26 juillet au 7 août 2021.

La session 2 a pour but d'élargir les objectifs de la session 1 en proposant un milieu plus contrasté. Un test de préférence a donc été effectué entre un milieu enrichi et un milieu nu. L'influence de ces deux milieux sur le comportement et la position des tritons a également été évaluée. Elle a eu lieu du 4 au 22 avril 2022.

Les hypothèses expérimentales sont que la présence d'un abri influence les comportements et les positions des tritons, avec une utilisation de l'abri mis à disposition. Il est également supposé que dans le cadre d'un environnement nu *versus* enrichi, les tritons passent davantage de temps du côté enrichi et qu'ils expriment moins de comportements associés à des signes de stress.

2. Choix du modèle d'étude

Le triton alpestre appartient au genre *Ichthyosaura*, espèce d'urodèle de la famille des salamandridae (Figure 6). C'est un animal occupant des habitats divers, à proximité de point d'eau, comme des mares, étangs, marécages mais aussi parfois des milieux artificiels ou des prairies humides. Il occupe l'Europe moyenne et méridionale (Denoel 2005). Il présente un mode de vie multiphasique, avec chaque année une alternance d'une phase terrestre et d'une phase aquatique (Heiss, Aerts, et Van Wassenbergh 2013).

Il été choisi comme modèle pour son expression rapide de ses différents comportements, compatible avec une étude de courte durée. C'est également un animal diurne pouvant vivre en groupe (Dr Olivier Marquis, communication personnelle) et facilement observable en captivité en phase aquatique. La disponibilité d'individus appartenant à un lot d'âge et de conditions de détention homogènes a aussi été un critère de choix.

La sous-espèce étudiée est *Ichthyosaura alpestris reiseri*. On la retrouve actuellement en Bosnie-Herzégovine, où elle est endémique du lac Prokosko (Recuero et al. 2014; Šunje et al. 2021). Les dernières études n'ont pas réussi à mettre en évidence la présence de cette espèce dans le lac, et suspectent que la population du lac soit aujourd'hui éteinte ou dramatiquement réduite. En cause les populations de poissons allochtones et invasives du lac, mais aussi dans la pollution de l'eau et l'eutrophisation. Le Parc zoologique de Paris détient aujourd'hui la plus grande population captive de ce taxon, avec le Slimbridge Wetland Centre en Angleterre (Šunje et al. 2021)

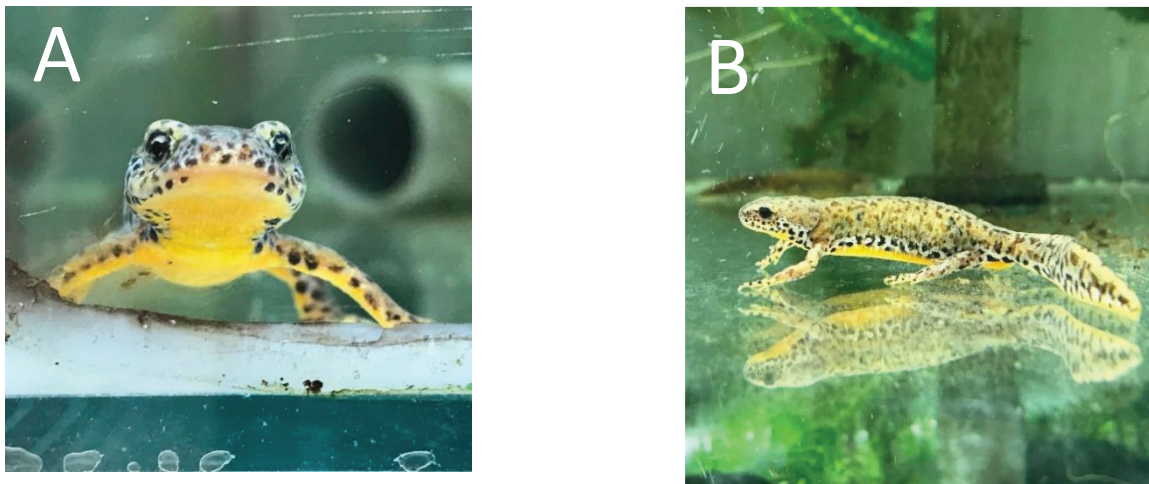


Figure 6 : Triton alpestre (*Ichthyosaura alpestris reiseri*) en phase aquatique, (A) de face (B) de profil (Source : Norroy Le Cieux Aziliz)

3. Population d'étude

Un lot de 13 individus, 5 femelles et 8 mâles, a participé à l'étude. Ces tritons ont été maintenus depuis leur naissance en avril 2017 au Parc zoologique de Paris en phase terrestre et sont mûres sexuellement. Ils ont vécu dans un terrarium commun constitué d'un substrat de mousse de sphaigne, d'écorces de liège et d'une coupelle remplie d'eau. Ils ont été nourris avec des grillons à volonté trois fois par semaine.

Ils ont été transférés pour la première fois en milieu aquatique pour le début de la session 1, le 28 juin 2021, dans 3 aquariums identiques. Ils ont ainsi bénéficié d'une période d'acclimatation d'un mois sans observation avant le début de l'étude.

L'état de santé des tritons et leur capacité à participer à l'étude ont été évalués par le conservateur et le vétérinaire du zoo. Aucun n'animal n'a été écarté pour la première session, mais deux individus n'ont pas survécu à l'hivernation suivante et ont donc été retirés de la deuxième session.

4. SESSION 1 : Comportement et position des tritons en présence d'un abri

4.1 Matériel et méthode

4.1.1 Répartition des tritons

Les tritons ont été divisés en 3 groupes :

- Aquarium 1 : 2 mâles et 3 femelles
- Aquarium 2 : 3 mâles et 1 femelle
- Aquarium 3 : 3 mâles et 1 femelle

Le nombre de tritons présents dans le lot n'a pas permis de constituer des groupes équilibrés en conservant le nombre maximal d'individus.

4.1.2 Organisation et entretien des aquariums

Les trois aquariums étaient disposés dans un local fermé destiné à l'élevage des amphibiens du zoo. Durant la session, la température de la pièce a varié entre 22.5°C et 23.3°C et la température de l'eau entre 20.2°C et 21.2°C. La luminosité est contrôlée, et la pièce est éclairée de 8h à 20h à cette période. Chaque aquarium a été enrichi de deux plateformes en liège et d'une plante en plastique immergée, introduits dès le début de l'étude et restés présents durant sa totalité.

Chacun des 3 aquariums est indépendant des autres, mais reçoit de l'eau d'autres aquariums en amont de la colonne d'eau selon la répartition ci-dessous (Figure 7).

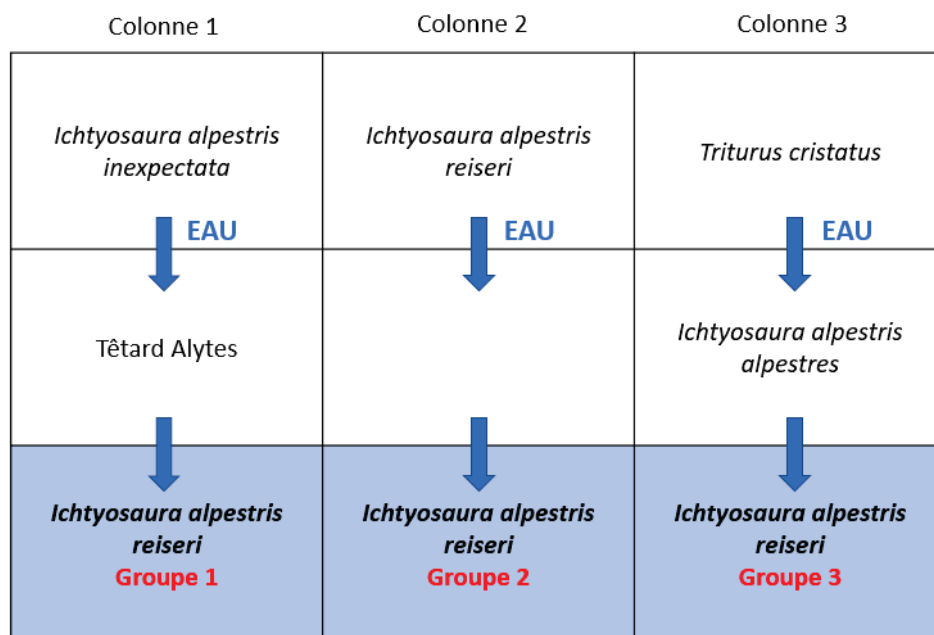


Figure 7 : Répartition des aquariums dans les colonnes d'eau (Source : Norroy Le Cieux Aziliz)

Cette disposition est une contrainte logistique qui ne découle pas d'un choix expérimental.

Nettoyage

Le nettoyage est effectué par les soigneurs le troisième jour de chaque phase (cf figure). Les restes de nourriture et excréments sont aspirés à l'aide d'un siphon manuel. Le volume d'eau est maintenu constant grâce au système de la colonne d'eau.

Nourrissage

Le nourrissage est effectué par les soigneurs deux fois par phase entre 17h et 19h, à l'issue de la session d'observation (Tableau 13). Deux carrés de vers de vase décongelés sont disposés au centre de chacun des aquariums.

	Lundi 28 juin 2021	Mise à l'eau des tritons
	Début de l'étude	
Baseline	Lundi 26 juillet 2021	Nourrissage
	Mardi 27 juillet 2021	
	Mercredi 28 juillet 2021	Nourrissage + Nettoyage
Phase 1	Jeudi 29 juillet 2021	Ajout d'un abri dans aquariums 2 et 3
	Vendredi 30 juillet 2021	Nourrissage
	Samedi 31 juillet 2021	Nettoyage
	Dimanche 1 août 2021	
	Lundi 2 août 2021	Nourrissage
Phase 2	Mardi 3 août 2021	Retrait de l'abri dans aquariums 2 et 3, ajout d'un abri dans l'aquarium 1
	Mercredi 4 août 2021	Nourrissage
	Jeudi 5 août 2021	Nettoyage
	Vendredi 6 août 2021	Nourrissage
	Samedi 7 août 2021	
	Fin de l'étude	

Tableau 13 : Répartition des nourrissages et des nettoyages durant la session 1 (Source : Norroy Le Cieux Aziliz)

4.1.3 Choix de l'abri

Le type d'abri testé a été inspiré des abris habituellement proposés au PZP. Il s'agit de tubes de PVC (polychlorure de vinyle) gris d'une dizaine de centimètres de longueur, découpés manuellement et disposés au fond des aquariums (Figure 8).

Il a été décidé de garder ce modèle afin de tester les abris déjà mis en place qui constituent une ressource peu coûteuse, facile à se procurer et à nettoyer.

Les tubes ont été fixés par module de cinq à l'aide de deux Serflex®, pour offrir un nombre d'abris égal ou supérieur au nombre de tritons présents dans l'aquarium. Les tubes sont numérotés du haut vers le bas et de gauche à droite.

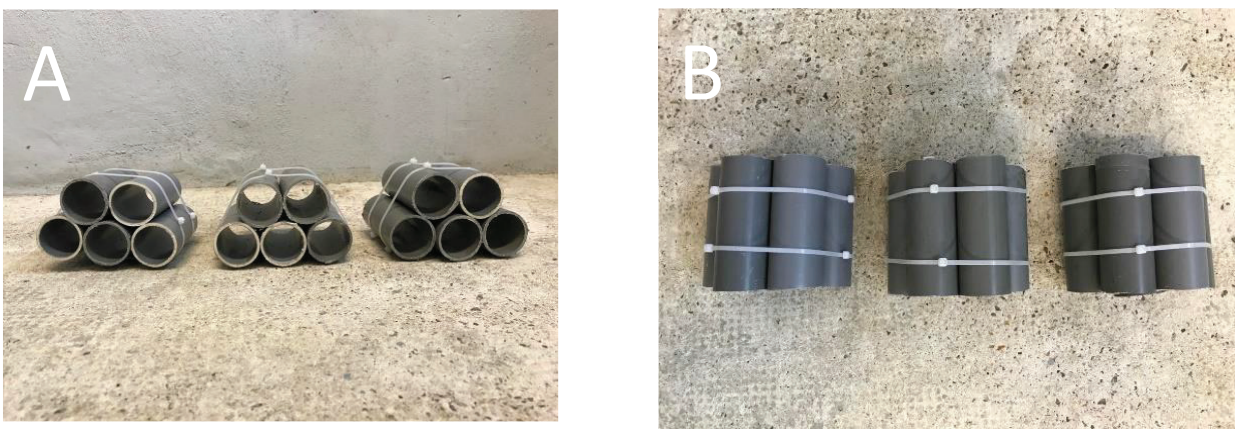


Figure 8 : Modules d'abris proposés aux tritons constitué de tubes en PVC (A) vue frontale (B) vue du dessus (Source : Norroy Le Cieux Aziliz)

4.1.4 Déroulé de la session

L'étude a été menée en 3 phases, illustrées ci-dessous : (Figure 9 et Figure 10)

Baseline : Observation des tritons dans leur milieu sans intervention humaine, identification des comportements à observer et construction de l'éthogramme. Durée de 2 jours.

Phase 1 : Observation des tritons après ajout d'un module d'abri constitué de 5 tuyaux de PVC dans les aquariums 2 et 3. L'aquarium 1 n'est pas modifié. Durée de 5 jours.

Phase 2 : Observation des tritons après retrait de l'abri dans les aquariums 2 et 3, et ajout d'un module d'abri dans l'aquarium 1. Durée de 5 jours.

L'ajout du module d'abris a été effectuée le matin du premier jour de chaque phase, à 9h.

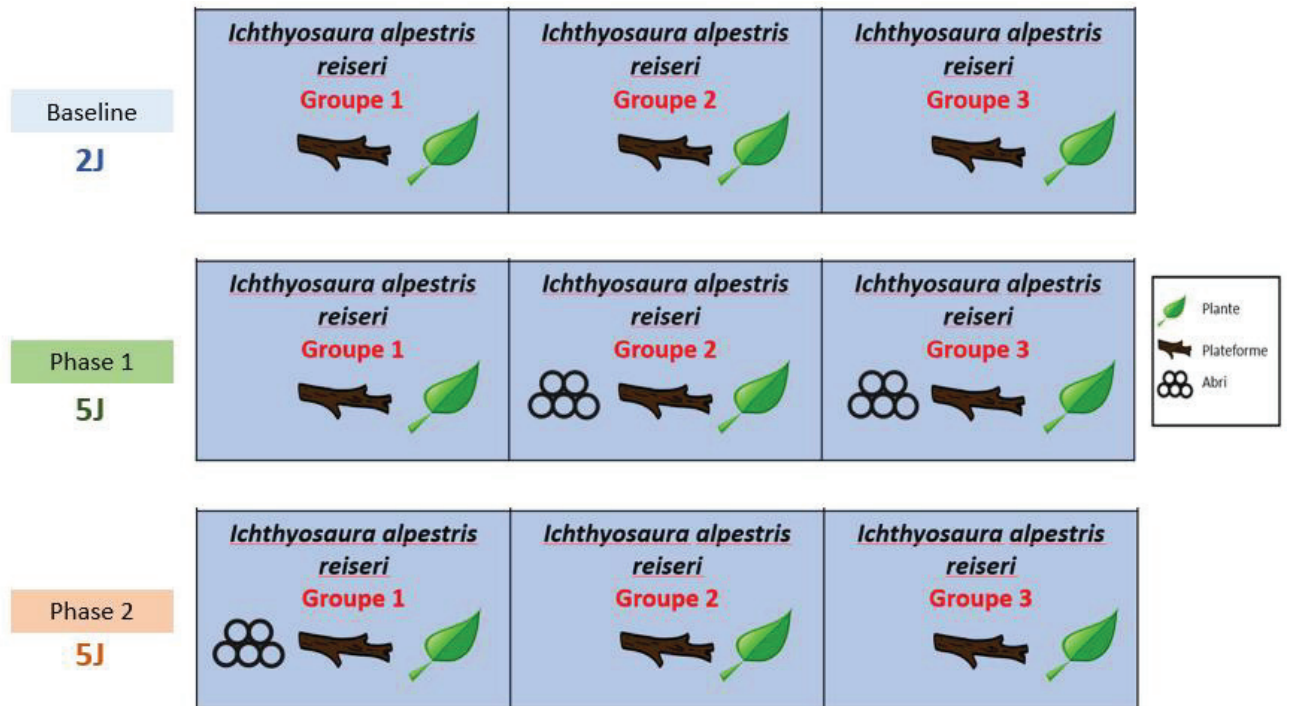


Figure 9 : Schéma illustrant les 3 phases de la session 1 (Source : Norroy Le Cieux Aziliz)



Figure 10 : Dispositif expérimental constitué des trois aquariums (Source : Norroy Le Cieux Aziliz)

4.1.5 Construction de l'éthogramme partiel du triton

Les différents comportements et positions des tritons ont été recensés durant les 2 premiers jours (Baseline). Le tableau 14 ci-dessous représente un éthogramme simplifié présentant les comportements les plus fréquemment observés. C'est cet éthogramme qui a été utilisé pour la classification des comportements des tritons lors des phases 1 et 2.

Tableau 14 : Ethogramme partiel du triton Alpestre (Source : Norroy Le Cieux Aziliz)

Comportement observé	Type de comportement	Définition
Déplacement	Etat	Déplacement de l'individu dans l'aquarium d'un point A à un point B.
Statique	Etat	L'individu est dans l'eau, sans mouvement mais visible par l'observateur.
Non visible	Etat	L'individu n'est pas visible par l'observateur.
Interactions avec les parois	Etat	L'individu interagit avec les parois de l'aquarium : en escaladant, creusant ou frappant la vitre avec au moins deux de ses membres ou sa tête
Interaction intraspécifiques	Evènement	L'individu interagit avec au moins un congénère
Manger	Evènement	L'individu mange
Position	Définition	
Dans l'eau et au sol	L'individu touche le sol avec aux moins deux de ses membres	
Dans l'eau flottant	L'individu touche le seul avec zéro ou un seul de ses membres, la totalité de son corps est immergé	
Dans l'eau et dans la plante	L'individu a au moins deux de ses membres sur la plante, et son corps est au moins partiellement entouré par la plante	
Dans l'eau et sur la plante	L'individu a au moins deux de ses membres sur la plante, une partie de son corps émerge de la surface de l'eau	
Dans l'eau et dans l'abri 1 (ou 2, 3, 4,5)	Au moins la moitié du corps de l'individu se trouve dans le tuyau 1 (ou 2, 3, 4, 5)	
Dans l'eau et sur l'abri	L'individu se tient avec au moins deux de ses membres sur le tuyau	
Dans l'eau et à la surface	L'individu se tient proche de la surface de l'eau, une partie de son corps émerge de l'eau	
Sur la plateforme	L'individu se trouve sur ou contact de la plateforme avec au moins deux de ses membres	

Durant les observations il s'est avéré que les tritons étaient capables de se cacher sous l'abri, dans l'espace laissé entre deux tubes (soit entre les tubes 3 et 4, soit entre les tubes 4 et 5). Lorsque ce fut le cas, et pour ne pas créer une position supplémentaire en cours d'étude, les tritons ont été compté comme dans le tube de gauche pour l'observateur (tube 3 pour l'espace 3-4 et tube 4 pour l'espace 4-5).

4.1.6 Méthode d'observation

Les comportements et positions des tritons ont été observés par échantillonnage à balayage instantané (scan time-sampling) à l'aide de l'application « Zoo Monitor » (Tracks Software ND).

Les aquariums ont été observés 4 fois par jour (9h, 11h, 14h, 16h) à l'exception du premier jour de chaque phase où l'observation de 9h n'a pas été réalisée (introduction des abris). Chaque session d'observations dure 40 minutes et est composée de 29 observations. Pour chaque observation, l'observateur a dû renseigner le comportement et la position de chacun des 13 tritons.

Les aquariums sont observés dans un ordre défini aléatoirement via un algorithme, par une même personne, tout au long de l'étude. Cet ordre reste le même pour les observations consécutives à un même moment de la journée, mais varie au cours de la journée entre chaque session.

Les individus ne sont pas différenciables entre eux d'une observation à l'autre, mais chaque individu a un « nom d'emprunt » pour une même observation afin de ne pas être compté deux fois à un temps donné. On ne peut donc pas comparer un individu à lui-même sur toute une session d'observations car chaque individu n'est pas son propre contrôle.

4.1.7 Analyses statistiques

Les résultats ont été analysés statistiquement avec l'aide du Dr Tristan Juette, Ph. D., conseiller en statistiques de l'Université de Montréal.

Les analyses sur les variables de comportement et de positions ont été étudiées séparément mais selon les mêmes processus d'analyse.

Premièrement, l'effet de la variable « présence d'abri » a été évalué seul sur les variables dépendantes à l'aide de tests de Mann-Whitney (MW) car toutes les variables sauf la position « flottant » ne suivaient pas une distribution normale (vérification effectuée avec des tests de Shapiro-Wilks).

Ensuite, des modèles linéaires multivariés ont été utilisés pour tester en même temps les effets des variables explicatives : présence d'abris, identité de l'aquarium, nettoyage, nourrissage et l'interaction de ces trois dernières avec la présence ou l'absence d'abris.

La phase n'a pas pu être intégrée sur ce même modèle en tant que variable explicative à cause d'un problème de sur-paramétrisation et un second modèle linéaire a donc été utilisé à chaque fois.

Des tests post-hoc ont été effectués lorsqu'il y avait plus de deux modalités et les p-values issues de ces tests ont été ajustées avec la méthode de Benjamini-Hochberg.

Les résultats ont été considérés significatifs lorsque p était inférieur à 0,05 après correction si nécessaire.

4.2 Résultats

En moyenne sur les trois aquariums et les deux phases, les interactions contre les parois ont diminué en présence d'abris, tandis que le déplacement a augmenté et que l'état statique, les interactions sociales et le fait de manger sont restés constants ($P < 0,05$), (Figure 11 et Figure 12).

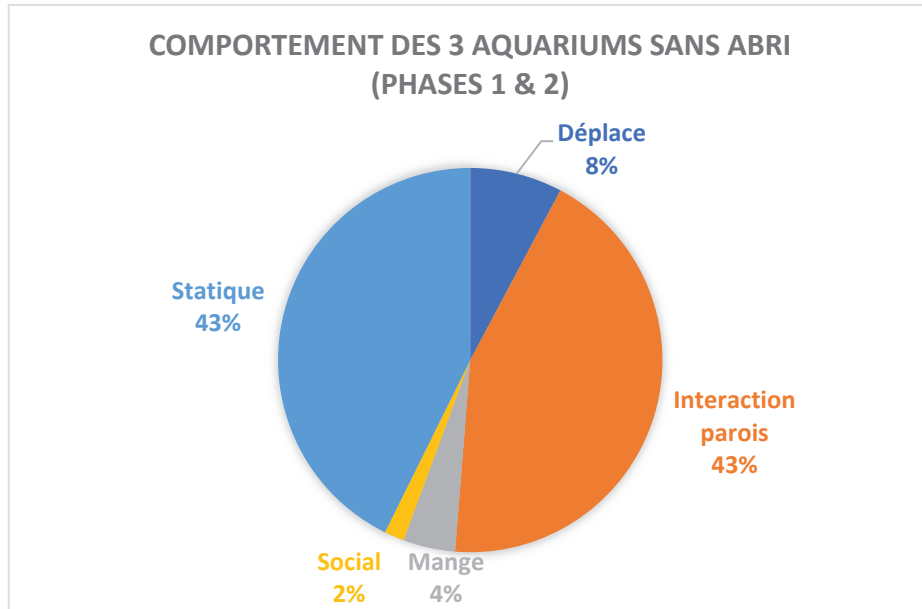


Figure 11 : Comportement des tritons des 3 aquariums durant les phases 1 et 2 en absence d'abri (moyenne du pourcentage du temps) (Source : Norroy Le Cieux Aziliz)

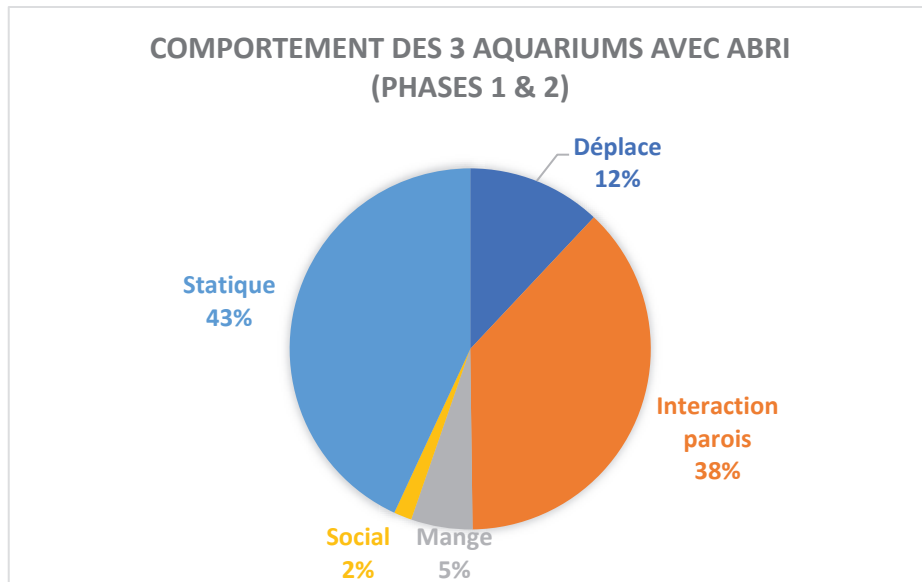


Figure 12 : Comportement des tritons des 3 aquariums durant les phases 1 et 2 en présence d'abri (moyenne du pourcentage du temps) (Source : Norroy Le Cieux Aziliz)

Un effet de l'aquarium a été observé comme significatif à plusieurs reprises, mais l'effet du nettoyage et du nourrissage n'est pas considéré comme significatif.

Le comportement des tritons a évolué selon deux dynamiques selon les aquariums (Figure 13).

Le nombre d'interactions avec les parois a significativement baissé pour les aquariums 2 et 3 en présence d'abri, tandis que leurs déplacements mais également le fait de rester statique et de manger ont significativement augmenté.

L'aquarium 1 a évolué différemment avec une augmentation significative du nombre d'interactions avec les parois en présence d'abri, et une diminution de l'état statique et des déplacements

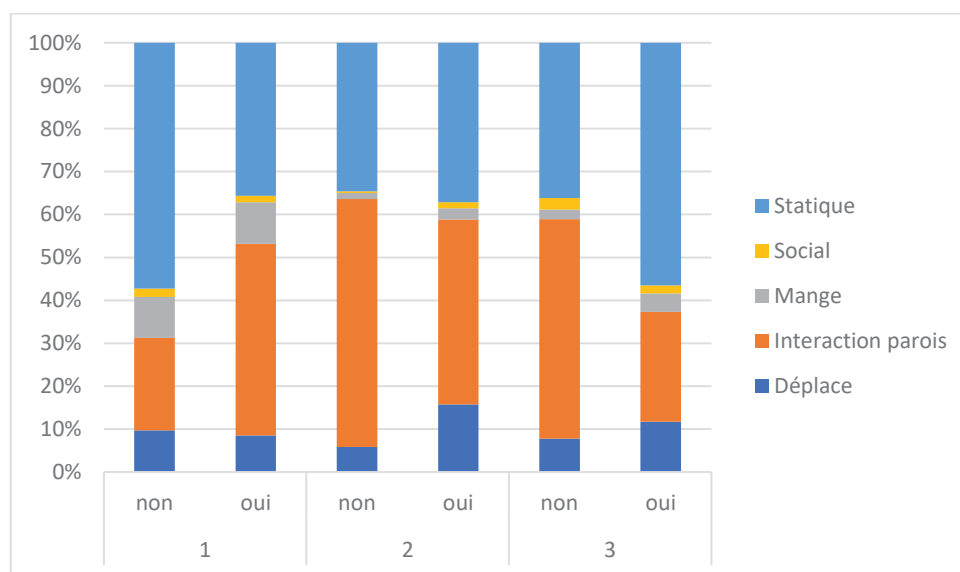


Figure 13 : Histogramme des comportements des tritons sur les phases 1 & 2 en pourcentage de temps, en fonction de l'aquarium (1,2 ou 3) et de la présence (« oui ») ou absence (« non ») d'abri (Source : Norroy Le Cieux Aziliz)

Les positions des tritons sont également différentes en présence ou en absence (Figure 14 et Figure 15).

En effet, les tritons des trois aquariums se mettent en moyenne moins dans la plante en présence d'abri qu'en absence et deux d'entre eux utilisent moins la plateforme.

L'utilisation de l'abri est variable selon les aquariums allant de 14 % d'utilisation pour l'aquarium 3 à 1 % pour l'aquarium 1. Ils utilisent néanmoins tous davantage les trois tubes du bas, ce qui comprend les moments où les tritons se mettaient sous l'abri (et non dans un des tubes prévus).

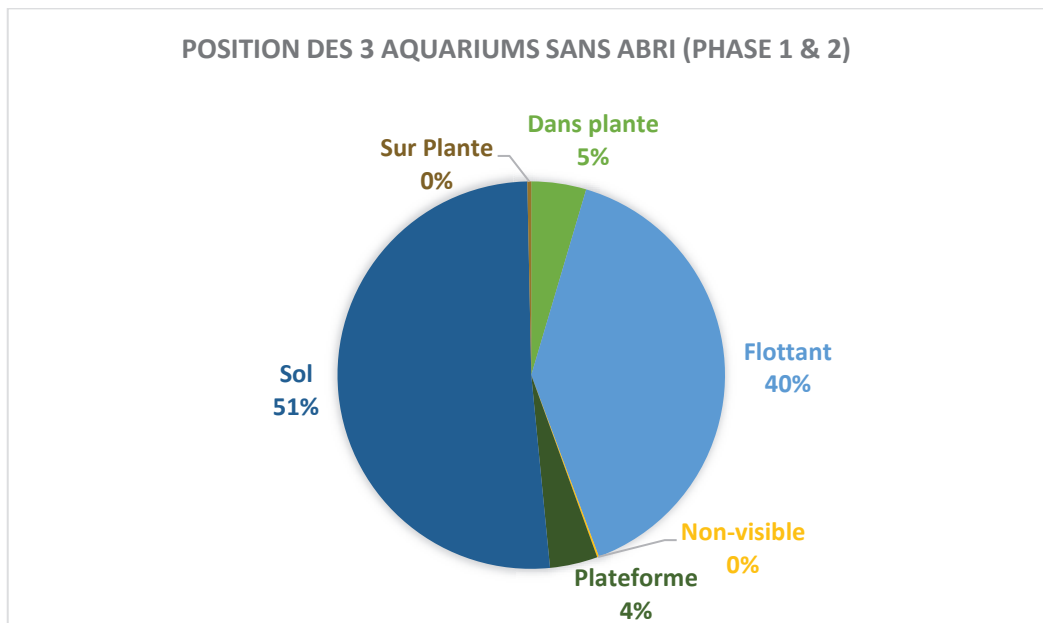


Figure 14 : Position des tritons des 3 aquariums durant les phases 1 et 2 en absence d'abri (moyenne du pourcentage du temps) (Source : Norroy Le Cieux Aziliz)

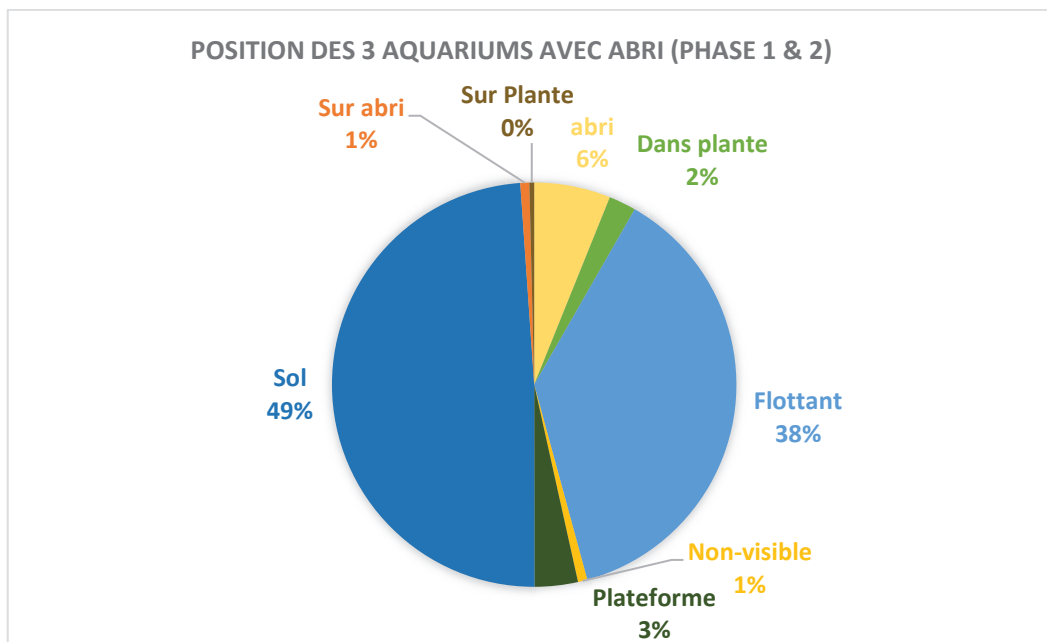


Figure 15 : Position des tritons des 3 aquariums durant les phases 1 et 2 en présence d'abri (moyenne du pourcentage du temps) (Source : Norroy Le Cieux Aziliz)

4.3 Discussion

L'interaction des animaux captifs avec les parois est considérée comme un comportement indésirable et un signe de mal-être ou de stress. Il peut occasionner des blessures parfois irréversibles (Krishnan et al. 2022; A. Azevedo et al. 2021; Arena et al. 2013; Hernandez-Divers 2001). La diminution de ces interactions en présence d'un abri peut être révélatrice d'une diminution du stress des tritons, mais il se peut également en raison de la courte période de l'étude et du délai d'habituation que le changement lié à l'introduction d'un nouvel objet ait fourni une distraction détournant les tritons du comportement indésirable (Krishnan et al. 2022). Toutefois les autres comportements pouvant être lié à un stress comme le fait de rester statique n'ont pas évolué entre les deux phases expérimentales et les tritons sont davantage restés au sol en absence d'abri qu'en présence.

Ils ont de même utilisé l'abri lorsqu'ils en avaient l'occasion, au détriment de d'autres types d'enrichissement. Cette utilisation demeure occasionnelle et ne présente pas un changement de comportement aussi marqué que nous l'avions supposé.

Plusieurs hypothèses découlent de cette constatation. Il est possible que les périodes d'observation et d'adaptation à l'objet aient été trop courtes pour que les tritons ne s'approprient l'objet. Il est aussi possible qu'en l'absence de menace ou de danger imminent, l'utilisation d'un abri ne soit pas essentielle et que ces animaux nés en captivité présentent des réactions différentes à celles d'individus sauvages libres ou captifs (Rosier et Langkilde 2011). Enfin, la question de la pertinence du choix de l'abri s'est posée.

En effet, l'utilisation ou non de l'abri par les tritons ne dépend pas seulement de leur besoin d'un abri mais aussi du type d'abri proposé et de sa réponse aux besoins des animaux étudiés. L'une des façons de cibler l'abri répondant le mieux aux besoins des individus est de tester différents types d'abris et d'observer les animaux en leur présence (Cooke 2018). Cela peut cependant être chronophage et mener à une multitude de tests avant de trouver un abri satisfaisant, ce que ne permettait pas le cadre de cette étude. Il a alors été envisagé de faire une deuxième session, avec un principe semblable à la première mais en proposant des milieux plus tranchés, avec l'hypothèse que l'effet de l'enrichissement sur les comportements et positions des tritons serait alors plus marqué.

5. SESSION 2 : Comportement et position des tritons en milieu enrichi ou non enrichi

Durant la deuxième session, les tritons ont été étudiés selon une double approche. Un test de préférence a été imaginé pour étudier le choix des tritons entre un environnement enrichi ou nu. Les comportements et positions des tritons ont été observés en tenant compte du côté où se trouvait l'animal : le but est de comparer si les tritons se comportent de la même façon en présence ou en absence d'enrichissement, et si non quelles seraient les différences de comportement ou de position.

5.1 Matériel et méthode

5.1.1 Répartition des tritons

Cette session de l'étude a porté sur 11 individus appartenant au même lot que la session 1.

Les tritons ont cette fois été divisés en 4 groupes :

- Aquarium 1 : 2 mâles et 1 femelle
- Aquarium 2 : 2 mâles et 1 femelle
- Aquarium 3 : 2 mâles et 1 femelle
- Aquarium 4 : 1 mâle et 1 femelle

Le nombre de tritons présents dans le lot n'a pas permis de constituer des groupes équilibrés en conservant le nombre maximal d'individus.

5.1.2 Organisation et entretien des aquariums

Les aquariums sont situés dans un local isolé, différent de celui de la première session, et à l'écart des autres amphibiens. Durant cette session, la température ambiante a varié de 21.4°C à 22.2°C. L'eau est restée à température de la pièce. La luminosité est contrôlée avec un éclairage entre 8h et 19h.

Les quatre aquariums sont séparés en deux par une ligne fictive tracée au marqueur du côté extérieur de l'aquarium (Figure 16).

L'enrichissement proposé est réparti d'un côté ou de l'autre de l'aquarium en fonction de la phase de l'étude, mais est composé d'une plateforme flottante en liège, d'une fausse plante en plastique fixée au sol, et d'un tube en PVC posé au sol.

Chaque aquarium est agrémenté d'un bulleur le rendant indépendant des autres aquariums et l'eau est changé manuellement.

Dans la suite de l'étude, un côté « enrichi » est défini, correspondant au côté de la ligne où sont rassemblés tous les enrichissements, fixés par des ventouses, ainsi qu'un côté « non-enrichi », qui correspond au côté de la ligne ne contenant pas d'enrichissement (uniquement de l'eau).

Nourrissage

Les nourrissages ont lieu les lundis, mercredis et vendredis à 17h après arrêt des observations par la même personne tout au long de l'étude. Les tritons sont nourris avec un cube de vers de vase décongelé à température ambiante durant la nuit et déposé à la surface de l'eau au centre de chaque aquarium.

Nettoyage

Les nettoyages sont réalisés les mardis et les jeudis, à l'aide d'un siphon à aspiration manuelle et par la même personne tout au long de l'étude. Deux litres d'eau contenant les déjections et restes de nourritures sont aspirés par siphonnage pour chaque aquarium, et remplacés par la même quantité d'eau propre provenant d'un purificateur d'eau. Cette eau est mise à température ambiante dans un bac à décantier la veille du changement d'eau.



Figure 16 : Dispositif expérimental constitué des quatre aquariums en phase 1 (Source : Norroy Le Cieux Aziliz)

5.1.3 Déroulé de la session

L'étude s'est déroulée en 3 phases :

Adaptation : Adaptation des tritons à leur milieu et préparation du dispositif expérimental. Enrichissement réparti au centre des aquariums. Durée de 5 jours

Phase 1 : Séparation des aquariums en un côté enrichi et un côté non enrichi. Les enrichissements sont répartis du côté droit pour les aquariums 1 et 4, et du côté gauche pour les aquariums 2 et 3. Le côté enrichi a été défini aléatoirement. Durée de 5 jours.

Phase 2 : Le côté enrichi est inversé pour chaque aquarium. Durée de 5 jours

Chaque phase débute le lundi et se termine le vendredi.

5.1.4 Méthode d'observation

Les tritons ont été observés selon deux modes d'observation différents.

5.1.4.1 Test de préférence

Une observation vidéo quotidienne de la position des tritons : les tritons ont été filmés 7h30 par jour. Leur position a ensuite été relevée lors d'un visionnage vidéo par le même observateur, en notant toutes les 5 min la position de chaque triton du côté enrichi ou du côté non enrichi de son aquarium. Un triton est compté d'un côté si plus de deux des membres du triton sont situés de ce côté. Si le triton est placé avec deux membres de chaque côté, le côté retenu est celui contenant la tête du triton. Enfin si la tête est également sur la ligne, le triton est compté en terrain neutre (le cas ne s'est pas présenté dans cette étude).

5.1.4.2 Observation éthologique

Une observation visuelle biquotidienne des comportements des tritons, lors de deux sessions d'observation de 30 min, le matin à 9h et le soir à 17h. Cette observation a été réalisée par scan-sampling avec le logiciel ZooMonitor, selon la même méthode que durant la session 1. Les individus n'ont pas tous pu être différenciés entre eux d'une observation à l'autre, mais il a été possible de différencier le sexe lors de cette session. Chaque femelle a donc été identifiée individuellement car il n'y a qu'une femelle par aquarium. Le mâle de l'aquarium 4 a également été identifié, car il n'y a que deux tritons dans cet aquarium. Comme pour la première session, les autres mâles ont reçu un « nom d'emprunt » pour une même observation afin de ne pas être compté deux fois à un temps donné mais ne sont pas comparables à eux-mêmes sur toute une session d'observations (ils ne sont pas leur propre contrôle). L'éthogramme partiel a aussi été simplifié avec la suppression du comportement « manger » qui était parfois difficilement appréciable et la réduction du nombre de tube à un unique tube appelé « Abri 1 » (Tableau 15, Figure 17).

Tableau 15 : Ethogramme partiel du triton Alpestre, version simplifiée (Source : Norroy Le Cieux Aziliz)

Comportement observé	Type de comportement	Définition
Déplacement	Etat	Déplacement de l'individu dans l'aquarium d'un point A à un point B
Statique	Etat	L'individu est dans l'eau, sans mouvement mais visible par l'observateur.
Non visible	Etat	L'individu n'est pas visible par l'observateur.
Interactions avec les parois	Etat	L'individu interagit avec les parois de l'aquarium : en escaladant, creusant ou frappant la vitre avec au moins deux de ses membres ou sa tête
Interaction intraspécifiques	Evènement	L'individu interagit avec au moins un congénère
Position	Définition	
Dans l'eau et au sol	L'individu touche le sol avec aux moins deux de ses membres	
Dans l'eau flottant	L'individu touche le seul avec zéro ou un seul de ses membres, la totalité de son corps est immergé	
Dans l'eau et dans la plante	L'individu a au moins deux de ses membres sur la plante, et son corps est au moins partiellement entouré par la plante	
Dans l'eau et sur la plante	L'individu a au moins deux de ses membres sur la plante, une partie de son corps émerge de la surface de l'eau	
Dans l'eau et dans l'abri 1	Au moins la moitié du corps de l'individu se trouve dans le tuyau 1 (ou 2, 3, 4, 5)	
Dans l'eau et sur l'abri	L'individu se tient avec au moins deux de ses membres sur le tuyau	
Dans l'eau et à la surface	L'individu se tient proche de la surface de l'eau, une partie de son corps émerge de l'eau	
Sur la plateforme	L'individu se trouve sur ou contact de la plateforme avec au moins deux de ses membres	

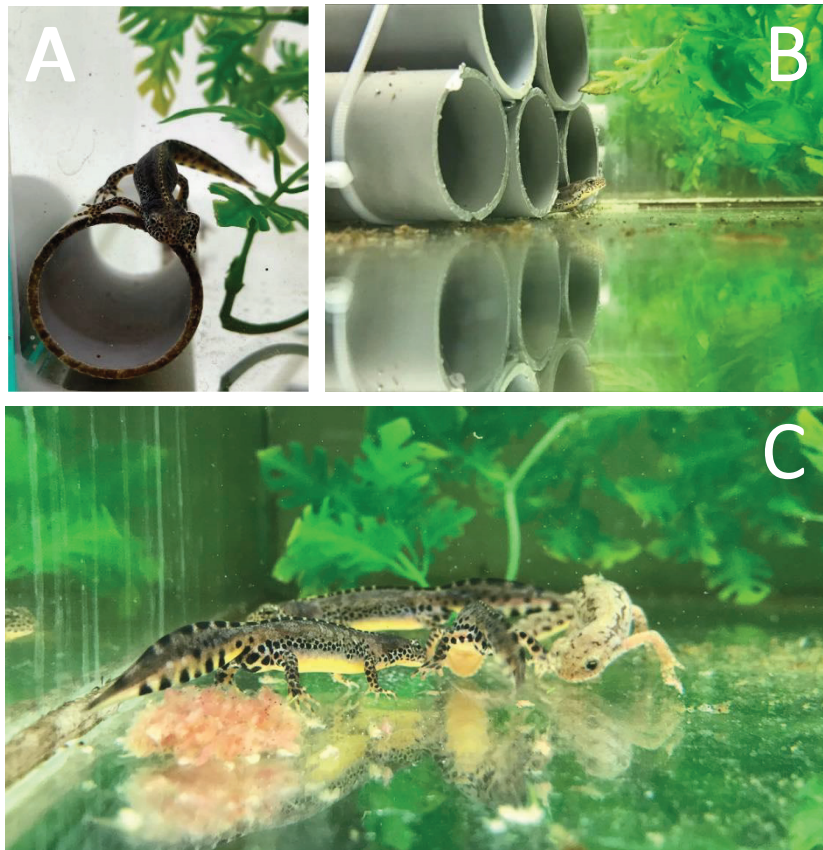


Figure 17 : Tritons (A) sur un tube de pvc comme utilisé lors de la session 2 (B) sous un abri en tubes de PVC comme utilisé lors de la session1 (C) tritons en train de manger (Source : Norroy Le Cieux Aziliz)

4.2.4.3 Analyses statistiques

Les résultats ont été analysés statistiquement avec l'aide du Dr Tristan Juette, Ph. D., conseiller en statistiques de l'Université de Montréal.

Pour le test de préférence, l'effet du côté de l'aquarium, enrichi ou non enrichi, a été testé à l'aide d'un test t. Les analyses sur les variables de comportement et de positions ont été étudiées séparément mais selon les mêmes processus d'analyse. Ensuite, les effets de la phase, de la date et de l'aquarium sur le pourcentage de temps passé dans le côté enrichi ont été testés avec un modèle linéaire ainsi que des test post-hoc de comparaison multiples avec correction de Benjamini-Hochberg sur les p-values.

Pour l'étude éthologique, toutes les variables ont pu être intégrées au sein des mêmes modèles en utilisant uniquement des modèles linéaires. Des tests post-hoc avec correction de Benjamini-Hochberg sur les P-values ont été effectués pour les variables comportant trois modalités ou plus.

Les résultats ont été considérés significatifs lorsque p était inférieur à 0,05 après correction si nécessaire.

5.2 Résultats

5.2.1 Test de préférence

Les observations révèlent que les tritons ont passé en moyenne plus de temps du côté enrichi que du côté non-enrichi.

La répartition de la position des tritons a varié de la phase 1 à la phase 2 (Figure 18), en gardant cependant toujours un pourcentage supérieur de tritons du côté enrichi par rapport au côté non-enrichi. Les 4 aquariums ont donc passé en moyenne 60 % du côté enrichi et 40 % du côté non enrichi.

Des disparités entre les aquariums ont été constatées. Tout d'abord, pour deux cas particuliers : en effet les tritons de l'aquarium 1 ont été plus nombreux du côté non-enrichi lors de la phase 2 (53 %) et les tritons de l'aquarium 3 lors de la phase 1 (56 %). Ce sont les deux seules circonstances durant lesquelles les tritons ont été plus nombreux du côté non-enrichi.

Ensuite, la moyenne des pourcentages de tritons du côté non-enrichi a varié de 28 % à 51 % entre les différents aquariums en prenant en compte les deux phases (Tableau 15).

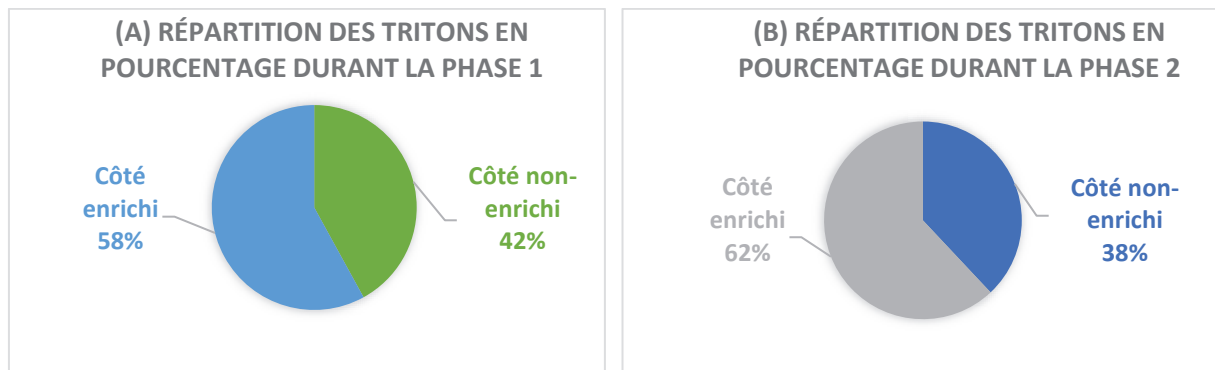


Figure 18 : Répartition des tritons du côté enrichi ou non-enrichi de l'aquarium (A) durant la phase 1 et (B) durant la phase 2 (Source : Norroy Le Cieux Aziliz)

Tableau 16 : Pourcentage de tritons positionnés du côté non-enrichi de l'aquarium en fonction de la phase (Source : Norroy Le Cieux Aziliz)

Phase \ Nombre de tritons côté non-enrichi	Moyenne aquarium 1	Moyenne aquarium 2	Moyenne aquarium 3	Moyenne aquarium 4	Moyenne des aquariums
1	46 %	39 %	56 %	26 %	42 %
2	53 %	25 %	45 %	29 %	38 %
Moyenne phase 1 et 2	49 %	32 %	51 %	28 %	49 %

Un test de t a été réalisé pour évaluer l'effet du côté sur le nombre moyen d'individus. Le test a montré une différence significative (t-test = 113.22, Df = 3627, P-value < 0.001) du nombre moyen d'individus comptés entre le coté enrichi ($\mu = 2.75 \pm 0.43$, n = 3628 (moyenne \pm écart-type)) et non-enrichi ($\mu = 1.13 \pm 0.92$ (moyenne \pm écart-type, n = 3628)).

Les tests mettent en évidence un effet statistiquement significatif mais non cliniquement significatif (variations très faibles) de la phase, la date et l'aquarium sur le pourcentage de temps passé dans le côté enrichi.

5.2.2 Observation éthologique

On observe sur la moyenne des 4 aquariums durant les phases 1 et 2, une nette diminution des interactions avec les parois ainsi qu'une augmentation du comportement statique (Figure 19 et Figure 20)

On remarque également une redistribution des positions, avec des tritons qui passent moins de temps au sol et flottant du côté enrichi, au profit de l'utilisation des enrichissements (Figure 21 et 22).

Les tests statistiques confirment ces observations avec un effet significatif négatif de l'enrichissement sur les comportements « déplace » et « interactions parois » et significativement positif sur le comportement « statique ». L'enrichissement a aussi un effet statistiquement significatif sur toutes les positions, à l'exception de l'abri. Enfin, les aquariums ne réagissaient pas tous de la même manière à la présence d'abris, et l'interaction entre la présence d'abris et l'aquarium est devenue plus explicative que la variable « présence d'abri » seule.

Aucun effet du nettoyage ou de la température de la pièce sur le comportement ou la position des tritons n'a été observé.

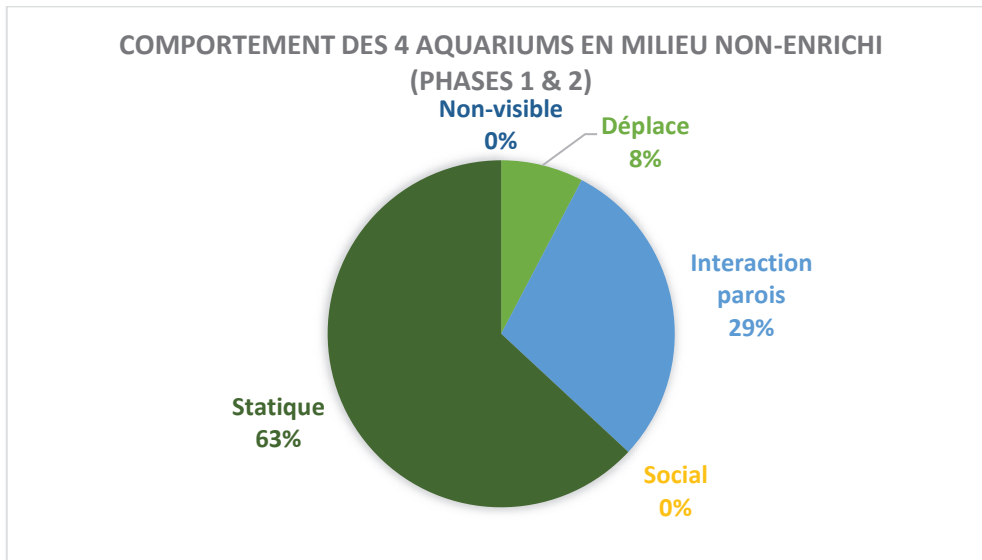


Figure 19 : Comportement des tritons des 4 aquariums durant les phases 1 et 2 en milieu non-enrichi (moyenne du pourcentage de temps) (Source : Norroy Le Cieux Aziliz)

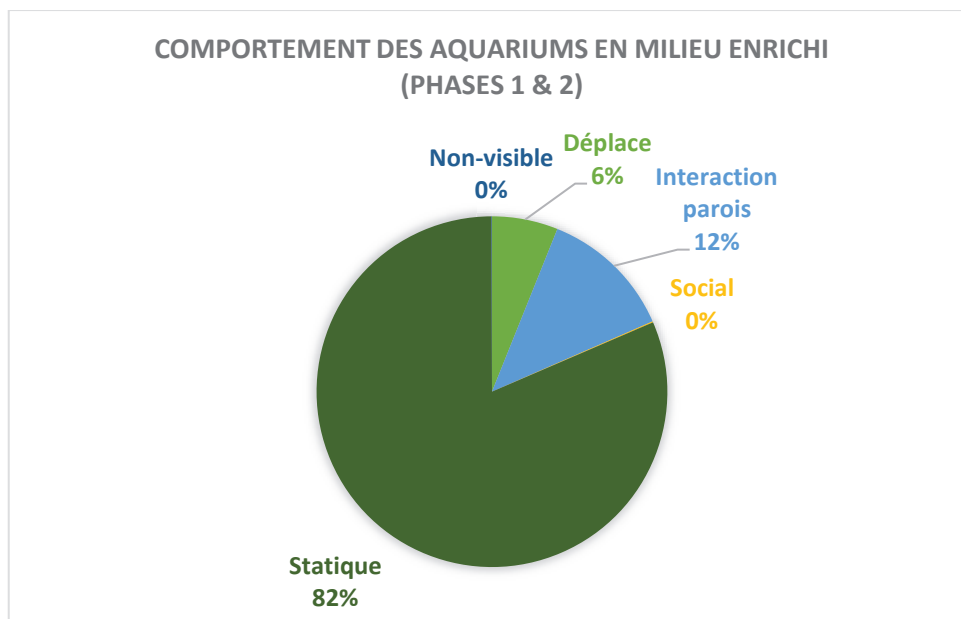


Figure 20 : Comportement des tritons des 4 aquariums durant les phases 1 et 2 en milieu enrichi (moyenne du pourcentage de temps) (Source : Norroy Le Cieux Aziliz)

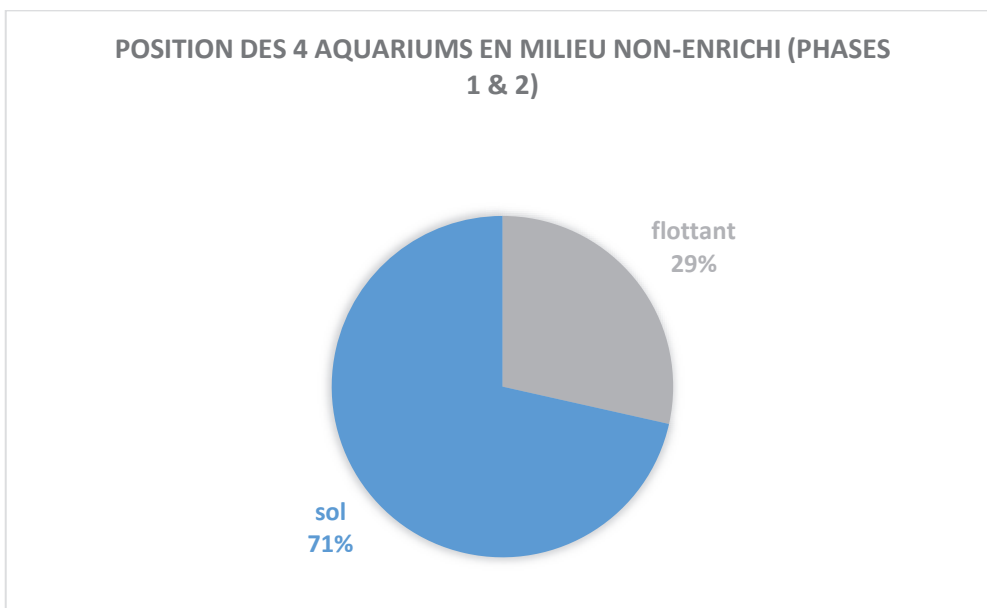


Figure 21 : Position des tritons des 4 aquariums durant les phases 1 et 2 en milieu non-enrichi (moyenne du pourcentage de temps) (Source : Norroy Le Cieux Aziliz)

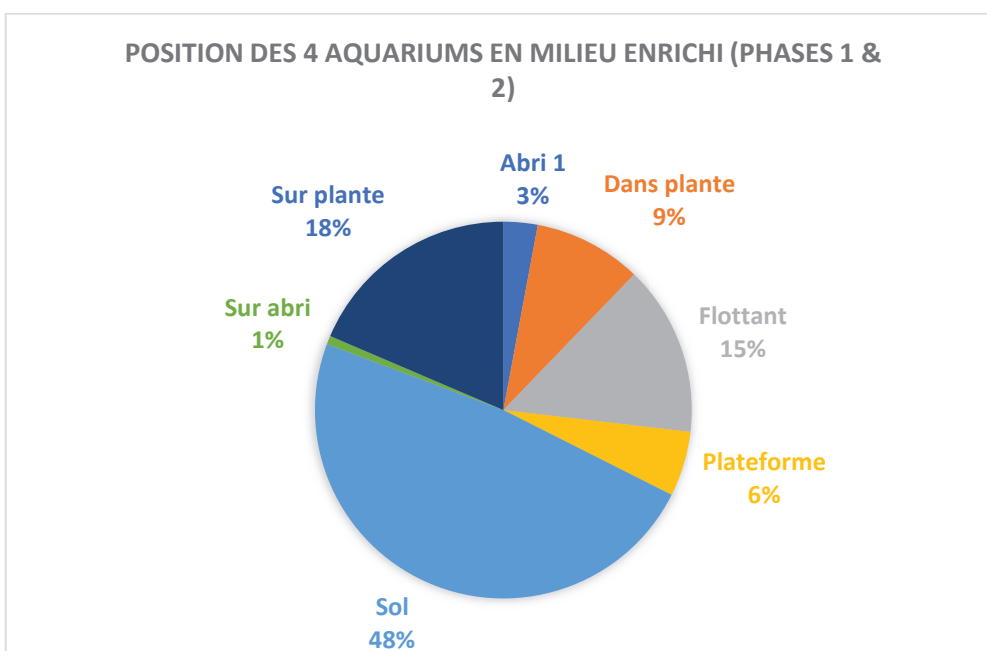


Figure 22 : Position des tritons des 4 aquariums durant les phases 1 et 2 en milieu enrichi (moyenne du pourcentage de temps) (Source : Norroy Le Cieux Aziliz)

5.3 Discussion

Les tests de préférences sont un moyen répandu d'évaluer l'affinité d'individus pour un milieu ou un objet (Ramos et Ortiz-Díez 2021). La principale limite de ce type de test est de ne pouvoir tester qu'un nombre limité de variables, parfois concomitantes. Il peut aussi amener à conclure hâtivement que le choix de l'animal lui correspond, alors qu'un troisième choix non proposé serait en réalité plus adapté s'il lui avait été offert (Melfi 2009).

Notre étude a montré que si les tritons passent en moyenne plus de temps dans un milieu enrichi que dans un milieu nu quand ils en ont la possibilité, ils passent également une partie de leur temps dans le milieu non-enrichi. Ce résultat peut être relié avec la grande diversité de paysages qu'offre leur environnement d'origine, caractérisé par une alternance de fonds rocheux ou avec des algues, et de fonds nus (Recuero et al. 2014; Šunje et al. 2021). Il est donc possible qu'une variation du milieu soit bénéfique au bien-être des tritons alpestres. La taille réduite des aquariums est également un facteur à envisager car le besoin de mouvement des tritons en phase aquatique peut les amener à changer de milieu en passant plus facilement de l'un à l'autre, là où ils seraient peut-être restés d'un seul côté si l'espace disponible était suffisant.

Les comportements et les positions des individus en milieu enrichi ou non-enrichi ont adopté une répartition hétérogène. A l'image de la session 1, cette diminution des interactions avec les parois peut être considérée comme la réduction d'un comportement indésirable (Krishnan et al. 2022; A. Azevedo et al. 2021; Arena et al. 2013). L'augmentation du comportement statique est à corrélérer l'utilisation de l'enrichissement par les tritons, qui se trouvent immobiles sur ou dans la plante et l'abri mais également sur la plateforme. L'utilisation de cette dernière peut répondre au besoin des tritons d'aller sur la terre lors de leur phase aquatique en leur offrant la possibilité d'avoir en tout temps une surface émergée (Heiss, Aerts, et Van Wassenbergh 2013).

CONCLUSION

Les reptiles et amphibiens sont des animaux au mode de vie généralement discret et aux comportements relativement frustrés. Ils sont ainsi plus difficiles à étudier que les mammifères et oiseaux, et baignés d'une aura mystérieuse pour une grande partie de la société. Ils sont pourtant présents en captivité dans de multiples sphères, à la fois en tant qu'animaux de compagnie mais aussi dans des élevages professionnels, des laboratoires ou encore des parcs zoologiques. Ces derniers sont des acteurs privilégiés de la recherche, de la conservation et de la diffusion des connaissances sur ces espèces, qui nécessitent d'être connues du point de vue de la science et de leur relation avec le grand public. Pour mener à bien cette mission, le bien-être de ces animaux en captivité occupe une place centrale, qui focalise de plus en plus l'attention des zoos malgré la persistance de zones d'ombres.

L'enrichissement est un facteur indispensable au maintien de ce bien-être et doit permettre aux reptiles et amphibiens d'exprimer leurs comportements propres selon les cinq libertés définies par l'OIE. Outre la considération éthique, il favorise une bonne santé physique et mentale, augmentant ainsi les perspectives de reproduction et de conservation. Il peut prendre de multiples formes, et doit s'intégrer à la routine du zoo pour être pratique et efficace.

Dans ce travail de thèse, je propose d'apporter des éléments d'information sur l'utilisation de ces méthodes d'enrichissement et d'en tester un modèle simple sur un amphibien afin de tester l'impact de l'enrichissement sur son comportement. Pour répondre à ces questions j'ai tout d'abord élaboré une enquête sur l'enrichissement des reptiles et amphibiens destinée aux parcs zoologiques francophones. Puis, dans un second temps, j'ai réalisé une étude comportementale en collaboration avec le Parc zoologique de Paris évaluant l'effet de la présence ou de l'absence d'un abri sur le comportement du triton alpestre (*Ichthyosaura alpestris reiseri*) ainsi que son comportement dans un milieu physiquement enrichi ou non-enrichi.

Les réponses de notre sondage confirment que la mise en place d'enrichissement en zoo pour les reptiles et amphibiens est encore peu répandue, inégale et approximative. Elle est de plus souvent basée sur des idées transmises par du bouche à oreille, sans appui scientifique ni méthode d'évaluation rigoureuse. Cela remet en cause la généralisation de la pratique de l'enrichissement du milieu chez les reptiles et les amphibiens captifs et nuit à la pertinence de son utilisation et de son efficacité quand il est proposé.

L'étude du triton alpestre a confirmé un impact de la présence d'un refuge ou d'un milieu physiquement enrichi sur le comportement des tritons, en diminuant les comportements associés au mal-être. De plus, les données ont montré une préférence significative des tritons pour le milieu enrichi. Ces résultats nécessitent d'être confirmés par des données supplémentaires mais soulignent le besoin de multiplier les études pour mieux définir les besoins de ces animaux en captivité et ainsi améliorer leur bien-être.

BIBLIOGRAPHIE

- Ali, Md Eaqub, null Asing, Sharifah Bee Abd Hamid, Md Abdur Razzak, Nur Raifana Abd Rashid, Md Al Amin, et Shuhaimi Mustafa. 2015. « A Suitable Method to Detect Potential Fraud of Bringing Malayan Box Turtle (*Cuora Amboinensis*) Meat into the Food Chain ». *Food Additives & Contaminants. Part A, Chemistry, Analysis, Control, Exposure & Risk Assessment* 32 (8): 1223-33. <https://doi.org/10.1080/19440049.2015.1058535>.
- Amaya, Veronica, Mandy B. A. Paterson, et Clive J. C. Phillips. 2020. « Effects of Olfactory and Auditory Enrichment on the Behaviour of Shelter Dogs ». *Animals: An Open Access Journal from MDPI* 10 (4): 581. <https://doi.org/10.3390/ani10040581>.
- « American Association of Zoo Veterinarians Conference 2014 ». 2015. *VIN.com*, juillet. <https://www.vin.com/doc/?id=6853291>.
- Arena, Phillip, Clifford Warwick, Lindley, et Catrina Steedman. 2013. « Assessing reptile welfare using behavioral criteria ». *In practice* 35 (mars): 123-31. <https://doi.org/10.1136/inp.f1197>.
- Assis, Vania Regina, Stefanny Christie Monteiro Titon, Braz Titon Jr., et Fernando Ribeiro Gomes. 2022. « The Impacts of Transdermal Application of Corticosterone on Toad (*Rhinella Icterica*) Immunity ». *Integrative and Comparative Biology* 62 (6): 1640-53. <https://doi.org/10.1093/icb/icac130>.
- Augustine, Lauren, Eli Baskir, Corinne P. Kozlowski, Stephen Hammack, Justin Elden, Mark D. Wanner, Ashley D. Franklin, et David M. Powell. 2022. « Investigating Welfare Metrics for Snakes at the Saint Louis Zoo ». *Animals* 12 (3): 373. <https://doi.org/10.3390/ani12030373>.
- Azevedo, Alexandre, Leonor Guimarães, Joel Ferraz, Martin Whiting, et Manuel Magalhães-Sant'Ana. 2021. « Pet Reptiles—Are We Meeting Their Needs? ». *Animals* 11 (10): 2964. <https://doi.org/10.3390/ani11102964>.
- Azevedo, Cristiano Schetini de, Cynthia Fernandes Cipreste, et Robert John Young. 2007. « Environmental Enrichment: A GAP Analysis ». *Applied Animal Behaviour Science, Conservation, Enrichment and Animal Behaviour*, 102 (3): 329-43. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2006.05.034>.
- Bacon, Heather, Belinda Vigers, Darren J. Shaw, Natalie Waran, Cathy M. Dwyer, et Catriona Bell. 2021. « Is Animal Welfare an Internationally Understood Concept in the Zoo World? Thematic Analysis of Two Regional Groups of Zoo Staff ». *Animals: An Open Access Journal from MDPI* 11 (7): 2059. <https://doi.org/10.3390/ani11072059>.
- Bannister, Callum C., Angus J. C. Thomson, et Mirela Cuculescu-Santana. 2021. « Can Colored Object Enrichment Reduce the Escape Behavior of Captive Freshwater Turtles? ». *Zoo Biology* 40 (2): 160-68. <https://doi.org/10.1002/zoo.21583>.
- Barcellos, Heloísa H. A., Gessi Koakoski, Fabiele Chaulet, Karina S. Kirsten, Luiz C. Kreutz, Allan V. Kalueff, et Leonardo J. G. Barcellos. 2018. « The effects of auditory enrichment on zebrafish behavior and physiology ». *PeerJ* 6 (juillet): e5162. <https://doi.org/10.7717/peerj.5162>.
- Bashaw, Meredith J., Mallory D. Gibson, Devan M. Schowe, et Abigail S. Kucher. 2016. « Does Enrichment Improve Reptile Welfare? Leopard Geckos (*Eublepharis Macularius*) Respond to Five Types of Environmental Enrichment ». *Applied Animal Behaviour Science* 184 (novembre): 150-60. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2016.08.003>.
- Berkvens, Charlene N., Crystal Hyatt, Christine Gilman, David L. Pearl, Ian K. Barker, et Gabriela F. Mastromonaco. 2013. « Validation of a Shed Skin Corticosterone Enzyme Immunoassay in

- the African House Snake (*Lamprophis Fuliginosus*) and Its Evaluation in the Eastern Massasauga Rattlesnake (*Sistrurus Catenatus Catenatus*) ». *General and Comparative Endocrinology* 194 (décembre): 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2013.08.011>.
- Blais, Brian R., Stuart A. Wells, Bradley M. Poynter, John L. Koprowski, Michael M. Garner, et Ruth A. Allard. 2022. « Adaptive Management in a Conservation Breeding Program: Mimicking Habitat Complexities Facilitates Reproductive Success in Narrow-Headed Gartersnakes (*Thamnophis Rufipunctatus*) ». *Zoo Biology* 41 (4): 346-53. <https://doi.org/10.1002/zoo.21682>.
- Boulton, Jack, Michelle O'Brien, et Paul Rose. 2021. « Bold Frogs or Shy Toads? How Did the COVID-19 Closure of Zoological Organisations Affect Amphibian Activity? » *Animals: An Open Access Journal from MDPI* 11 (7): 1982. <https://doi.org/10.3390/ani11071982>.
- Breuner, Creagh W., Brendan Delehanty, et Rudy Boonstra. 2013. « Evaluating Stress in Natural Populations of Vertebrates: Total CORT Is Not Good Enough ». *Functional Ecology* 27 (1): 24-36. <https://doi.org/10.1111/1365-2435.12016>.
- Brod, Samuel, Lola Brookes, et Trenton W. J. Garner. 2019. « Discussing the Future of Amphibians in Research ». *Lab Animal* 48 (1): 16-18. <https://doi.org/10.1038/s41684-018-0193-6>.
- Bryant, Zoe, et Grant Kother. 2014. « Environmental enrichment with simple puzzle feeders increases feeding time in fly river turtles (*Carettochelys insculpta*) », décembre, 3-5.
- Burghardt, Gordon. 2015. « Play in fishes, frogs and reptiles ». *Current Biology* 25 (janvier). <https://doi.org/10.1016/j.cub.2014.10.027>.
- Burghardt, Gordon M., Brian Ward, et Roger Roscoe. 1996. « Problem of Reptile Play: Environmental Enrichment and Play Behavior in a Captive Nile Soft-Shell Turtle, *Trionyx Triunguis* ». *Zoo Biology* 15 (3): 223-38. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-2361\(1996\)15:3<223::AID-ZOO3>3.0.CO;2-D](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2361(1996)15:3<223::AID-ZOO3>3.0.CO;2-D).
- Cikanek, Shawna J., Simon Nockold, Janine L. Brown, James W. Carpenter, Angie Estrada, Jorge Guerrel, Katharine Hope, Roberto Ibáñez, Sarah B. Putman, et Brian Gratwicke. 2014. « Evaluating Group Housing Strategies for the Ex-Situ Conservation of Harlequin Frogs (*Atelopus* spp.) Using Behavioral and Physiological Indicators ». *PLoS ONE* 9 (2): e90218. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0090218>.
- Clark, Fay, et Andrew J. King. 2008. « A Critical Review of Zoo-Based Olfactory Enrichment ». In *Chemical Signals in Vertebrates 11*, édité par Jane L. Hurst, Robert J. Beynon, S. Craig Roberts, et Tristram D. Wyatt, 391-98. New York, NY: Springer. https://doi.org/10.1007/978-0-387-73945-8_37.
- Cooke, Gavan M. 2018. « Use of a Translucent Refuge for *Xenopus Tropicalis* with the Aim of Improving Welfare ». *Laboratory Animals* 52 (3): 304-7. <https://doi.org/10.1177/0023677217737798>.
- Cottle, Lauren, Dan Tamir, MIMOZA Hyseni, Dominique Bühler, et Petra Lindemann-Matthies. 2010. « Feeding Live Prey to Zoo Animals: Response of Zoo Visitors in Switzerland ». *Zoo Biology* 29 (3): 344-50. <https://doi.org/10.1002/zoo.20261>.
- Crews, David, et Michael C. Moore. 2005. « Historical Contributions of Research on Reptiles to Behavioral Neuroendocrinology ». *Hormones and Behavior*, Special Issue on Behavioral Neuroendocrinology Evolving: Contributions of Comparative and Field Studies, 48 (4): 384-94. <https://doi.org/10.1016/j.yhbeh.2005.04.003>.
- Culbert, Brett M., Kathleen M. Gilmour, et Sigal Balshine. 2019. « Social buffering of stress in a group-living fish ». *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 286 (1910): 20191626. <https://doi.org/10.1098/rspb.2019.1626>.
- Dawson, Jeff, Freisha Patel, Richard A. Griffiths, et Richard P. Young. 2016. « Assessing the global zoo response to the amphibian crisis through 20-year trends in captive collections ». *Conservation Biology* 30 (1): 82-91. <https://doi.org/10.1111/cobi.12563>.
- Demartoto, Argyo, Robertus Bellarminus Soemanto, et Siti Zunariyah. 2017. « Zoo Agent's Measure in Applying the Five Freedoms Principles for Animal Welfare ». *Veterinary World* 10 (9): 1026-34. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2017.1026-1034>.

- Denoel, Mathieu. 2005. « Persistence and dispersion of an introduced population of Alpine Newt (*Triturus alpestris*) in the limestone plateau of Larzac (Southern France) ». *Revue d'Ecologie* 60 (janvier): 139-48.
- Denver, Robert J. 2013. « Chapter Seven - Neuroendocrinology of Amphibian Metamorphosis ». In *Current Topics in Developmental Biology*, édité par Yun-Bo Shi, 103:195-227. Animal Metamorphosis. Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-385979-2.00007-1>.
- Diego-Rasilla, Francisco J., et John B. Phillips. 2021. « Evidence for the Use of a High-Resolution Magnetic Map by a Short-Distance Migrant, the Alpine Newt (*Ichthyosaura Alpestris*) ». *The Journal of Experimental Biology* 224 (13): jeb238345. <https://doi.org/10.1242/jeb.238345>.
- Dinets, Vladimir. 2015. « Play behavior in crocodylians ». *Animal Behavior & Cognition* 2 (janvier): 49-55. <https://doi.org/10.12966/abc.02.04.201>.
- Dos Santos, Marcileida M., Richard A. Griffiths, Tim Jowett, et Phillip J. Bishop. 2022. « Zoos and Amphibian Conservation: Evaluating the Impact of "The Year of The Frog" Campaign ». *Zoo Biology* 41 (3): 226-33. <https://doi.org/10.1002/zoo.21660>.
- Dos Santos, Marcileida M., Richard A. Griffiths, Tim Jowett, Jennifer Rock, et Phillip J. Bishop. 2019. « A Comparison of Understanding of the Amphibian Crisis by Zoo Visitors across Three Countries ». *Zoo Biology* 38 (6): 471-80. <https://doi.org/10.1002/zoo.21516>.
- Duellman, William E., et Linda Trueb. 1994. *Biology of Amphibians*. JHU Press.
- Duffield, Glen A., et C. Michael Bull. 2002. « Stable Social Aggregations in an Australian Lizard, *Egernia Stokesii* ». *Die Naturwissenschaften* 89 (9): 424-27. <https://doi.org/10.1007/s00114-002-0346-7>.
- Eagan, Taylor. 2018. « Evaluation of Enrichment for Reptiles in Zoos ». *Journal of Applied Animal Welfare Science* 22 (juillet): 1-9. <https://doi.org/10.1080/10888705.2018.1490182>.
- « EAZA Accreditation Programme for New Applicants » EAZA ». s. d. Consulté le 23 mai 2023. <https://www.eaza.net/members/accreditation/eap-for-new-applicants>.
- Escribano, Nora, Arturo H. Ariño, Andrea Pino-del-Carpio, David Galicia, et Rafael Miranda. 2021. « Global Trends in Research Output by Zoos and Aquariums ». *Conservation Biology* 35 (6): 1894-1902. <https://doi.org/10.1111/cobi.13757>.
- Fehrenbach, Amy K. s. d. « Hearing Sensitivity and the Effect of Sound Exposure on the Axolotl (*Ambystoma Mexicanum*) ».
- Ferrell, Shannon T. 2021. « Amphibian Behavior for the Exotic Pet Practitioner ». *Veterinary Clinics of North America: Exotic Animal Practice* 24 (1): 197-210. <https://doi.org/10.1016/j.cvex.2020.09.009>.
- Gaalema, Diann E., Bonnie M. Perdue, et Angela S. Kelling. 2011. « Food Preference, Keeper Ratings, and Reinforcer Effectiveness in Exotic Animals: The Value of Systematic Testing ». *Journal of Applied Animal Welfare Science* 14 (1). <https://doi.org/10.1080/10888705.2011.527602>.
- Garner, Trenton W. J., Ian Stephen, Emma Wombwell, et Matthew C. Fisher. 2009. « The Amphibian Trade: Bans or Best Practice? » *EcoHealth* 6 (1): 148-51. <https://doi.org/10.1007/s10393-009-0233-1>.
- Gibert, Ricardo, Dylan Maag, Lea Sanders, et Rulon Clark. 2022. « Investigating personality in vipers: individual rattlesnakes exhibit consistent behavioral responses in defensive and exploratory contexts ». *Behavioral Ecology and Sociobiology* 76 (septembre). <https://doi.org/10.1007/s00265-022-03239-w>.
- Gilbert, Tania, et Pritpal Soorae. 2017. « Editorial: The Role of Zoos and Aquariums in Reintroductions and Other Conservation Translocations ». *International Zoo Yearbook* 51 (juin). <https://doi.org/10.1111/izy.12164>.
- Hall, Belinda A., David M. McGill, Sally L. Sherwen, et Rebecca E. Doyle. 2021. « Cognitive Enrichment in Practice: A Survey of Factors Affecting Its Implementation in Zoos Globally ». *Animals: An Open Access Journal from MDPI* 11 (6). <https://doi.org/10.3390/ani11061721>.
- Hall, Ian C., Irene H. Ballagh, et Darcy B. Kelley. 2013. « The *Xenopus Amygdala* Mediates Socially Appropriate Vocal Communication Signals ». *The Journal of Neuroscience* 33 (36): 14534-48. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.1190-13.2013>.

- Hamilton, Jennifer, Kylene Gartland, Megan Jones, et Grace Fuller. 2022. « Behavioral Assessment of Six Reptile Species during a Temporary Zoo Closure and Reopening ». *Animals: An Open Access Journal from MDPI* 12 (8): 1034. <https://doi.org/10.3390/ani12081034>.
- Heiss, Egon, Peter Aerts, et Sam Van Wassenbergh. 2013. « Masters of change: seasonal plasticity in the prey-capture behavior of the Alpine newt *Ichthyosaura alpestris* (Salamandridae) ». *Journal of Experimental Biology* 216 (23): 4426-34. <https://doi.org/10.1242/jeb.091991>.
- Hellmuth, Heidi, Lauren Augustine, Barbara Watkins, et Katharine Hope. 2012. « Using Operant Conditioning and Desensitization to Facilitate Veterinary Care with Captive Reptiles ». *Veterinary Clinics of North America: Exotic Animal Practice* 15 (septembre): 425-43. <https://doi.org/10.1016/j.cvex.2012.06.003>.
- Hernandez-Divers, Stephen J. 2001. « Clinical Aspects of Reptile Behavior ». *Veterinary Clinics of North America: Exotic Animal Practice, Behavior*, 4 (3): 599-612. [https://doi.org/10.1016/S1094-9194\(17\)30025-7](https://doi.org/10.1016/S1094-9194(17)30025-7).
- Hoehfurtner, Tatjana, Anna Wilkinson, Gokulan Nagabaskaran, et Oliver H.P. Burman. 2021. « Does the Provision of Environmental Enrichment Affect the Behaviour and Welfare of Captive Snakes? » *Applied Animal Behaviour Science* 239 (juin): 105324. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2021.105324>.
- Hollandt, Tina, Markus Baur, et Anna-Caroline Wöhr. 2021. « Animal-appropriate housing of ball pythons (*Python regius*)—Behavior-based evaluation of two types of housing systems ». *PLoS ONE* 16 (5): e0247082. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0247082>.
- Holmes, Andrew M., Christopher J. Emmans, Robert Coleman, Tessa E. Smith, et Charlotte A. Hosie. 2018. « Effects of Transportation, Transport Medium and Re-Housing on *Xenopus laevis* (Daudin) ». *General and Comparative Endocrinology* 266 (septembre): 21-28. <https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2018.03.015>.
- Holmes, Andrew M., Christopher J. Emmans, Niall Jones, Robert Coleman, Tessa E. Smith, et Charlotte A. Hosie. 2016. « Impact of Tank Background on the Welfare of the African Clawed Frog, *Xenopus laevis* (Daudin) ». *Applied Animal Behaviour Science* 185 (décembre): 131-36. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2016.09.005>.
- Howell, Tiffani J., Clifford Warwick, et Pauleen Bennett. 2022. « Pet Management Practices of Frog and Turtle Owners in Victoria, Australia ». *Veterinary Record* 191 (12): e2180. <https://doi.org/10.1002/vetr.2180>.
- Hughes, Alice C. 2021. « Wildlife Trade ». *Current Biology* 31 (19): R1218-24. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2021.08.056>.
- Hurme, Kristiina, Kittzie Gonzalez, Mark Halvorsen, Bruce Foster, Don Moore, et B. Diane Chepkosade. 2003. « Environmental Enrichment for Dendrobatid Frogs ». *Journal of Applied Animal Welfare Science* 6 (4): 285-99. https://doi.org/10.1207/s15327604jaws0604_3.
- Isberg, Sally R., John W. Finger, et Peter C. Thomson. 2018. « Quantification of Plasma Corticosterone in Juvenile Farmed Saltwater Crocodiles (*Crocodylus porosus*) Using Current Australian Code of Practice Guidelines ». *General and Comparative Endocrinology* 269 (décembre): 96-101. <https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2018.08.020>.
- Isberg, Sally R., et Cathy M. Shilton. 2013. « Stress in Farmed Saltwater Crocodiles (*Crocodylus porosus*): No Difference between Individually- and Communally-Housed Animals ». *SpringerPlus* 2: 381. <https://doi.org/10.1186/2193-1801-2-381>.
- Januszczak, Inez Sukuna, Zoe Bryant, Benjamin Tapley, Iri Gill, Luke Harding, et Christopher John Michaels. 2016. « Is Behavioural Enrichment Always a Success? Comparing Food Presentation Strategies in an Insectivorous Lizard (*Plica plica*) ». *Applied Animal Behaviour Science* 183 (octobre): 95-103. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2016.07.009>.
- Jaÿ, Maryne, Luca Freddi, Virginie Mick, Benoit Durand, Guillaume Girault, Ludivine Perrot, Benoit Taunay, et al. 2020. « *Brucella* Microti-like Prevalence in French Farms Producing Frogs ». *Transboundary and Emerging Diseases* 67 (2): 617-25. <https://doi.org/10.1111/tbed.13377>.

- Johansson, Erika. 2017. « The impact of food enrichment on the behaviour of turtles in captivity ». Second cycle, A2E. Uppsala: SLU, Dept. of Animal Environment and Health. 2 mars 2017. <https://stud.epsilon.slu.se/10045/>.
- Jones, Narelle, Sally L. Sherwen, Rachel Robbins, David J. McLelland, et Alexandra L. Whittaker. 2022. « Welfare Assessment Tools in Zoos: From Theory to Practice ». *Veterinary Sciences* 9 (4): 170. <https://doi.org/10.3390/vetsci9040170>.
- Kalliokoski, Otto, Jeanette A. Timm, Ida B. Ibsen, Jann Hau, Anne-Marie B. Frederiksen, et Mads F. Bertelsen. 2012. « Fecal Glucocorticoid Response to Environmental Stressors in Green Iguanas (Iguana Iguana) ». *General and Comparative Endocrinology* 177 (1): 93-97. <https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2012.02.017>.
- Kanghae, Hirun, Karun Thongprajukaew, Surasak Inphrom, Saowalak Malawa, Patchawadee Sandos, Piyanan Sotong, et Kullanat Boonsuk. 2021. « Enrichment Devices for Green Turtles (Chelonia Mydas) Reared in Captivity Programs ». *Zoo Biology* 40 (5): 407-16. <https://doi.org/10.1002/zoo.21613>.
- Kappel, Sarah, Penny Hawkins, et Michael T. Mendl. 2017. « To Group or Not to Group? Good Practice for Housing Male Laboratory Mice ». *Animals: An Open Access Journal from MDPI* 7 (12): 88. <https://doi.org/10.3390/ani7120088>.
- Keller, Martha. 2017. « Feeding Live Invertebrate Prey in Zoos and Aquaria: Are There Welfare Concerns? ». *Zoo Biology* 36 (5): 316-22. <https://doi.org/10.1002/zoo.21378>.
- Kilby, Owyn. 2019. « Enrichment Use and Behavioural Routines in Four Species of Crocodilian at Paignton Zoo, England ».
- Kis, Anna, Ludwig Huber, et Anna Wilkinson. 2014. « Social learning by imitation in a reptile (Pogona vitticeps) ». *Animal cognition* 18 (septembre). <https://doi.org/10.1007/s10071-014-0803-7>.
- Kleinginna, Paul R. 1970. « Operant Conditioning in the Indigo Snake ». *Psychonomic Science* 18 (1): 53-55. <https://doi.org/10.3758/BF03332330>.
- Krishnan, Sneha, Eric Klaphake, Sangeeta Rao, et Miranda J. Sadar. 2022. « THE EFFECT OF VARIED ENRICHMENT TYPES ON SNAKE BEHAVIOR ». *Journal of Zoo and Wildlife Medicine* 53 (2): 266-74. <https://doi.org/10.1638/2020-0031>.
- Kundey, Shannon M. A., et Mitchell Phillips. 2019. « Tiger Salamanders' (Ambystoma Tigrinum) Use of Features ». *Behavioural Processes* 167 (octobre): 103919. <https://doi.org/10.1016/j.beproc.2019.103919>.
- Kuppert, Sarah. s. d. « PROVIDING ENRICHMENT IN CAPTIVE AMPHIBIANS AND REPTILES: IS IT IMPORTANT TO KNOW THEIR COMMUNICATION? », 44.
- Lambert, Helen, Gemma Carder, et Neil D'Cruze. 2019. « Given the Cold Shoulder: A Review of the Scientific Literature for Evidence of Reptile Sentience ». *Animals* 9 (10): 821. <https://doi.org/10.3390/ani9100821>.
- Learmonth, Mark James. 2020. « The Matter of Non-Avian Reptile Sentience, and Why It "Matters" to Them: A Conceptual, Ethical and Scientific Review ». *Animals* 10 (5): 901. <https://doi.org/10.3390/ani10050901>.
- Li, H., M. J. Vaughan, et R. K. Browne. 2009. « A Complex Enrichment Diet Improves Growth and Health in the Endangered Wyoming Toad (Bufo Baxteri) ». *Zoo Biology* 28 (3): 197-213. <https://doi.org/10.1002/zoo.20223>.
- LIU, Lu-Sha, Lan-Ying ZHAO, Shou-Hong WANG, et Jian-Ping JIANG. 2016. « Research proceedings on amphibian model organisms ». *Zoological Research* 37 (4): 237-45. <https://doi.org/10.13918/j.issn.2095-8137.2016.4.237>.
- Londoño, Claudia, Alicia Bartolomé, Pau Carazo, et Enrique Font. 2018. « Chemosensory Enrichment as a Simple and Effective Way to Improve the Welfare of Captive Lizards ». *Ethology* 124 (9): 674-83. <https://doi.org/10.1111/eth.12800>.
- Mackessy, Stephen P. 2022. « Venom production and secretion in reptiles ». *Journal of Experimental Biology* 225 (7): jeb227348. <https://doi.org/10.1242/jeb.227348>.
- Mäekivi, Nelly. 2018. « Freedom in Captivity: Managing Zoo Animals According to the 'Five Freedoms' ». *Biosemiotics* 11 (avril): 1-19. <https://doi.org/10.1007/s12304-018-9311-5>.

- Marchetto, Letícia, Leonardo J. G. Barcellos, Gessi Koakoski, Suelen M. Soares, Aline Pompermaier, Victoria C. Maffi, Roberta Costa, et al. 2021. « Auditory Environmental Enrichment Prevents Anxiety-like Behavior, but Not Cortisol Responses, Evoked by 24-h Social Isolation in Zebrafish ». *Behavioural Brain Research* 404 (avril): 113169. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2021.113169>.
- Marshall, Lucy, Wanda D. McCormick, et Gavan M. Cooke. 2019. « Perception of the Ethical Acceptability of Live Prey Feeding to Aquatic Species Kept in Captivity ». *PLoS One* 14 (8): e0216777. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0216777>.
- Martín, José, Isabel Barja, Gonzalo Rodríguez-Ruiz, Pablo Recio, et José Javier Cuervo. 2022. « Hidden but Potentially Stressed: A Non-Invasive Technique to Quantify Fecal Glucocorticoid Levels in a Fossorial Amphisbaenian Reptile ». *Animals: An Open Access Journal from MDPI* 13 (1): 109. <https://doi.org/10.3390/ani13010109>.
- McCallie, K. Louise, et Matthew Klukowski. 2022. « Corticosterone in Three Species of Free-Ranging Watersnakes: Testing for Reproductive Suppression and an Association with Body Condition ». *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology* 269 (juillet): 111214. <https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2022.111214>.
- Mehrkam, Lindsay R., et Nicole R. Dorey. 2015. « Preference Assessments in the Zoo: Keeper and Staff Predictions of Enrichment Preferences across Species: Assessing Species Enrichment Preferences in the Zoo ». *Zoo Biology* 34 (5): 418-30. <https://doi.org/10.1002/zoo.21227>.
- Melfi, Vicky. 2009. « There are big gaps in our knowledge, and thus approach, to zoo animal welfare: A case for evidence-based zoo animal management ». *Zoo biology* 28 (novembre): 574-88. <https://doi.org/10.1002/zoo.20288>.
- Michaels, Christopher, Rachael Antwis, et Richard Preziosi. 2014. « Impact of Plant Cover on Fitness and Behavioural Traits of Captive Red-Eyed Tree Frogs (*Agalychnis callidryas*) ». *PLoS one* 9 (avril): e95207. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0095207>.
- Michaels, Christopher J, J Roger Downie, et Roisin Campbell-Palmer. 2014. « The Importance of Enrichment for Advancing Amphibian Welfare and Conservation Goals: A Review of a Neglected Topic » 8 (1): 17.
- Miranda, Rafael, Nora Escribano, María Casas, Andrea Pino-Del-Carpio, et Ana Villarroya. 2023. « The Role of Zoos and Aquariums in a Changing World ». *Annual Review of Animal Biosciences* 11 (février): 287-306. <https://doi.org/10.1146/annurev-animal-050622-104306>.
- Nagabaskaran, Gokulan, Morgan Skinner, et Noam Miller. 2022. « Western Hognose Snakes (*Heterodon nasicus*) Prefer Environmental Enrichment ». *Animals* 12 (23): 3347. <https://doi.org/10.3390/ani12233347>.
- Narayan, Edward J., John F. Cockrem, et Jean-Marc Hero. 2013. « Sight of a Predator Induces a Corticosterone Stress Response and Generates Fear in an Amphibian ». *PLoS ONE* 8 (8): e73564. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0073564>.
- Natusch, Daniel J. D., Patrick W. Aust, et Richard Shine. 2021. « The Perils of Flawed Science in Wildlife Trade Literature ». *Conservation Biology* 35 (5): 1396-1404. <https://doi.org/10.1111/cobi.13716>.
- Natusch, Daniel J D, et Jessica A Lyons. s. d. « Assessment of Python Breeding Farms Supplying the International High-End Leather Industry ».
- Neuman-Lee, Lorin A., Spencer B. Hudson, Alison C. Webb, et Susannah S. French. 2020. « Investigating the relationship between corticosterone and glucose in a reptile ». *Journal of Experimental Biology* 223 (2): jeb203885. <https://doi.org/10.1242/jeb.203885>.
- O'Rourke, Dorcas P. 2007. « Amphibians Used in Research and Teaching ». *ILAR Journal* 48 (3): 183-87. <https://doi.org/10.1093/ilar.48.3.183>.
- O'Rourke, Dorcas P. 2014. « Reptiles and Amphibians in Laboratory Animal Medicine ». In *Current Therapy in Reptile Medicine and Surgery*, 290-95. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-1-4557-0893-2.00026-0>.

- Pasmans, Frank, Frank Mutschmann, Tim Halliday, et Peernel Zwart. 2006. « Amphibian Decline: The Urgent Need for Amphibian Research in Europe ». *The Veterinary Journal* 171 (1): 18-19. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2004.12.006>.
- Pérez-Cembranos, Ana, et Valentín Pérez-Mellado. 2015. « Local Enhancement and Social Foraging in a Non-Social Insular Lizard ». *Animal Cognition* 18 (3): 629-37. <https://doi.org/10.1007/s10071-014-0831-3>.
- Phillips, C. J. C., Z. Jiang, A. J. Hatton, A. Tribe, M. Le Bouar, M. Guerlin, et P. J. Murray. 2011. « Environmental Enrichment for Captive Eastern Blue-Tongue Lizards (*Tiliqua Scincoides*) ». *Animal Welfare* 20 (3): 377-84. <https://doi.org/10.1017/S0962728600002931>.
- Podturkin, Aleksei A. 2021. « In Search of the Optimal Enrichment Program for Zoo-Housed Animals ». *Zoo Biology* 40 (6): 527-40. <https://doi.org/10.1002/zoo.21642>.
- Powell, David. 2005. *Powell, D.M. 2005. Giant Panda Temperament: insights from interaction with novel enrichment and keeper evaluations. Proceedings of the 7th International Conference on Environmental Enrichment, New York, NY. Wildlife Conservation Society, pp. 264-270.*
- Radosevich, Louisa M., Karin Enstam Jaffe, et Darren E. Minier. 2021. « The Utility of Social Network Analysis for Informing Zoo Management: Changing Network Dynamics of a Group of Captive Hamadryas Baboons (*Papio Hamadryas*) Following an Introduction of Two Young Males ». *Zoo Biology* 40 (6): 503-16. <https://doi.org/10.1002/zoo.21630>.
- Ramos, Juan, et Gustavo Ortiz-Díez. 2021. « Evaluation of Environmental Enrichment for *Xenopus Laevis* Using a Preference Test ». *Laboratory Animals* 55 (5): 428-34. <https://doi.org/10.1177/00236772211011290>.
- Reading, Richard P., Brian Miller, et David Shepherdson. 2013. « The Value of Enrichment to Reintroduction Success ». *Zoo Biology* 32 (3): 332-41. <https://doi.org/10.1002/zoo.21054>.
- Recuero, Ernesto, David Buckley, Mario García-París, Jan W. Arntzen, Dan Cogălniceanu, et Iñigo Martínez-Solano. 2014. « Evolutionary History of *Ichthyosaura Alpestris* (Caudata, Salamandridae) Inferred from the Combined Analysis of Nuclear and Mitochondrial Markers ». *Molecular Phylogenetics and Evolution* 81 (décembre): 207-20. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2014.09.014>.
- Regaiolli, Barbara, Angelo Rizzo, Giorgio Ottolini, Maria Elena Miletto Petrazzini, Caterina Spiezio, et Christian Agrillo. 2019. « Motion Illusions as Environmental Enrichment for Zoo Animals: A Preliminary Investigation on Lions (*Panthera Leo*) ». *Frontiers in Psychology* 10: 2220. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.02220>.
- Rivera, Brenda, Katrina Cook, Kimberly Andrews, Matthew S. Atkinson, et Anna E. Savage. 2019. « Pathogen Dynamics in an Invasive Frog Compared to Native Species ». *EcoHealth* 16 (2): 222-34. <https://doi.org/10.1007/s10393-019-01432-4>.
- Robbins, Lindsey, et Susan W. Margulis. 2016. « Music for the Birds: Effects of Auditory Enrichment on Captive Bird Species ». *Zoo Biology* 35 (1): 29-34. <https://doi.org/10.1002/zoo.21260>.
- Rose, Paul, Charlotte Evans, Roger Coffin, Ross Miller, et Steve Nash. 2014. « Using student-centred research to evidence-base exhibition of reptiles and amphibians: three species-specific case studies ». *Journal of Zoo & Aquarium Research* 2 (janvier): 25-32.
- Rosier, Renee L., et Tracy Langkilde. 2011. « Does Environmental Enrichment Really Matter? A Case Study Using the Eastern Fence Lizard, *Sceloporus Undulatus* ». *Applied Animal Behaviour Science* 131 (1): 71-76. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2011.01.008>.
- Roth, Timothy C., Aaron R. Krochmal, et Lara D. LaDage. 2019. « Reptilian Cognition: A More Complex Picture via Integration of Neurological Mechanisms, Behavioral Constraints, and Evolutionary Context ». *BioEssays: News and Reviews in Molecular, Cellular and Developmental Biology* 41 (8): e1900033. <https://doi.org/10.1002/bies.201900033>.
- Santos, Rayssa Lima dos, Jozelia Maria de Sousa Correia, et Ednilza Maranhão dos Santos. 2021. « Freshwater Aquatic Reptiles (Testudines and Crocodylia) as Biomonitor Models in Assessing Environmental Contamination by Inorganic Elements and the Main Analytical Techniques Used: A Review ». *Environmental Monitoring and Assessment* 193 (8): 498. <https://doi.org/10.1007/s10661-021-09212-w>.

- Schilliger, Lionel, Claire Vergneau-Grosset, et Marion R. Desmarchelier. 2021. « Clinical Reptile Behavior ». *Veterinary Clinics of North America: Exotic Animal Practice*, Behavior, 24 (1): 175-95. <https://doi.org/10.1016/j.cvex.2020.09.008>.
- Silva, Moacyr Xavier Gomes da, Franciany Braga-Pereira, Mikaela Clotilde da Silva, José Valberto de Oliveira, Sérgio de Faria Lopes, et Rômulo Romeu Nóbrega Alves. 2021. « What Are the Factors Influencing the Aversion of Students towards Reptiles? » *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* 17 (1): 35. <https://doi.org/10.1186/s13002-021-00462-z>.
- Skinner, Morgan, et Noam Miller. 2020. « Aggregation and Social Interaction in Garter Snakes (*Thamnophis Sirtalis Sirtalis*) ». *Behavioral Ecology and Sociobiology* 74 (5): 51. <https://doi.org/10.1007/s00265-020-2827-0>.
- Slight, Dean J., Hazel J. Nichols, et Kevin Arbuckle. 2015. « Are Mixed Diets Beneficial for the Welfare of Captive Axolotls (*Ambystoma Mexicanum*)? Effects of Feeding Regimes on Growth and Behavior ». *Journal of Veterinary Behavior* 10 (2): 185-90. <https://doi.org/10.1016/j.jveb.2014.09.004>.
- Sosnowski, Monique C., et Gohar A. Petrossian. 2020. « Luxury Fashion Wildlife Contraband in the USA ». *EcoHealth* 17 (1): 94-110. <https://doi.org/10.1007/s10393-020-01467-y>.
- Spain, Marisa, Grace Fuller, et Stephanie Allard. 2020. « Effects of Habitat Modifications on Behavioral Indicators of Welfare for Madagascar Giant Hognose Snakes (*Leioheterodon madagascariensis*) ». *Animal Behavior and Cognition* 7 (février): 70-81. <https://doi.org/10.26451/abc.07.01.06.2020>.
- Spiezio, Caterina, Carola Leonardi, et Barbara Regaiolli. 2017. « Assessing Colour Preference in Aldabra Giant Tortoises (*Geochelone Gigantea*) ». *Behavioural Processes* 145 (décembre): 60-64. <https://doi.org/10.1016/j.beproc.2017.10.006>.
- Sikes R, Paul E, Beaupre S J« Standards for Wildlife Research: Taxon-Specific Guidelines versus US Public Health Service Policy ». 2012. *BioScience* 62 (9): 830-34. <https://doi.org/10.1525/bio.2012.62.9.9>.
- Šunje, Emina, Belma Kalamujic Stroil, Jean Raffaëlli, Adnan Zimić, et Olivier Marquis. 2021. « A revised phylogeny of Alpine newts unravels the evolutionary distinctiveness of the Bosnian Alpine newt – *Ichthyosaura alpestris reiseri* (Werner, 1902) ». *Amphibia-Reptilia* 42 (octobre). <https://doi.org/10.1163/15685381-bja10074>.
- Tetzlaff, Sasha J., Jinelle H. Sperry, Bruce A. Kingsbury, et Brett A. DeGregorio. 2019. « Captive-Rearing Duration May Be More Important than Environmental Enrichment for Enhancing Turtle Head-Starting Success ». *Global Ecology and Conservation* 20 (octobre): e00797. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2019.e00797>.
- Thomsen, R., S. A. Edwards, T. Rousing, R. Labouriau, et J. T. Sørensen. 2016. « Influence of Social Mixing and Group Size on Skin Lesions and Mounting in Organic Entire Male Pigs ». *Animal: An International Journal of Animal Bioscience* 10 (7): 1225-33. <https://doi.org/10.1017/S1751731116000069>.
- Toyoshima, Michimasa, Kazuo Yamada, Manami Sugita, et Yukio Ichitani. 2018. « Social Enrichment Improves Social Recognition Memory in Male Rats ». *Animal Cognition* 21 (3): 345-51. <https://doi.org/10.1007/s10071-018-1171-5>.
- Tumulty, James, Victor Morales, et Kyle Summers. 2014. « The biparental care hypothesis for the evolution of monogamy: experimental evidence in an amphibian ». *Behavioral Ecology* 25 (2): 262-70. <https://doi.org/10.1093/beheco/art116>.
- Tumulty, James P., Chloe A. Fouilloux, Johana Goyes Vallejos, et Mark A. Bee. 2022. « Predicting and Measuring Decision Rules for Social Recognition in a Neotropical Frog ». *The American Naturalist*, août. <https://doi.org/10.1086/720279>.
- Tylan, Catherine, Kiara Camacho, Susannah French, Sean P. Graham, Mark W. Herr, Jermayne Jones, Gail L. McCormick, et al. 2020. « Obtaining Plasma to Measure Baseline Corticosterone Concentrations in Reptiles: How Quick Is Quick Enough? » *General and Comparative Endocrinology* 287 (février): 113324. <https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2019.113324>.

- Vági, Balázs, Daniel Marsh, Gergely Katona, Zsolt Végvári, Robert P. Freckleton, András Liker, et Tamás Székely. 2022. « The Evolution of Parental Care in Salamanders ». *Scientific Reports* 12 (1): 16655. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-20903-3>.
- Valdez, Jose W. 2021. « Using Google Trends to Determine Current, Past, and Future Trends in the Reptile Pet Trade ». *Animals: An Open Access Journal from MDPI* 11 (3): 676. <https://doi.org/10.3390/ani11030676>.
- Watters, Jason V., Susan W. Margulis, et Sylvia Atsalis. 2009. « Behavioral Monitoring in Zoos and Aquariums: A Tool for Guiding Husbandry and Directing Research ». *Zoo Biology* 28 (1): 35-48. <https://doi.org/10.1002/zoo.20207>.
- Webb, Alison, Lacy Chick, Vincent Cobb, et Matthew Klukowski. 2017. « Effects of Moderate Food Deprivation on Plasma Corticosterone and Blood Metabolites in Common Watersnakes (*Nerodia sipedon*) ». *Journal of Herpetology* 51 (mars): 134-41. <https://doi.org/10.1670/15-112>.
- Weiss, Emily, et Sandra Wilson. 2003. « The Use of Classical and Operant Conditioning in Training Aldabra Tortoises (*Geochelone gigantea*) for Venipuncture and Other Husbandry Issues ». *Journal of Applied Animal Welfare Science* 6 (1): 33-38. https://doi.org/10.1207/S15327604JAWS0601_03.
- Whitham, Jessica, et Lance Miller. 2016. « Using technology to monitor and improve zoo animal welfare ». *Animal Welfare* 25 (novembre): 395-409. <https://doi.org/10.7120/09627286.25.4.395>.
- Whittaker, Alexandra L., Brianna Golder-Dewar, Jordyn L. Triggs, Sally L. Sherwen, et David J. McLelland. 2021. « Identification of Animal-Based Welfare Indicators in Captive Reptiles: A Delphi Consultation Survey ». *Animals : an Open Access Journal from MDPI* 11 (7): 2010. <https://doi.org/10.3390/ani11072010>.
- Wilkinson, Anna, Karin Kuenstner, Julia Mueller, et Ludwig Huber. 2010. « Social learning in a non-social reptile (*Geochelone carbonaria*) ». *Biology Letters* 6 (5): 614-16. <https://doi.org/10.1098/rsbl.2010.0092>.
- Wilkinson, Stacey Leonatti. 2015. « Reptile Wellness Management ». *Veterinary Clinics of North America: Exotic Animal Practice* 18 (2): 281-304. <https://doi.org/10.1016/j.cvex.2015.01.001>.
- Williams, Michelle L., Lori A. Torrini, E. Joseph Nolan, et Zachary J. Loughman. 2022. « Using Classical and Operant Conditioning to Train a Shifting Behavior in Juvenile False Water Cobras (*Hydrodynastes Gigas*) ». *Animals* 12 (10): 1229. <https://doi.org/10.3390/ani12101229>.
- Yamanashi, Yumi, Kazuki Hitoosa, Nobuaki Yoshida, Fumihiko Kano, Yuko Ikkatai, et Hidefusa Sakamoto. 2022. « Do Chimpanzees Enjoy a Virtual Forest? A Pilot Investigation of the Use of Interactive Art as a Form of Environmental Enrichment for Zoo-Housed Chimpanzees ». *American Journal of Primatology* 84 (10): e23343. <https://doi.org/10.1002/ajp.23343>.
- Zieliński, Damian. 2023. « The Effect of Enrichment on Leopard Geckos (*Eublepharis Macularius*) Housed in Two Different Maintenance Systems (Rack System vs. Terrarium) ». *Animals* 13 (6): 1111. <https://doi.org/10.3390/ani13061111>.

ANNEXES

Annexe 1 : Copie du courriel adressé via la liste de diffusion de l'Association Francophones des Vétérinaires en Parcs Zoologiques

« Chère future consœur, cher futur confrère,

Nous sollicitons votre aide pour un court sondage dans le cadre de **la Thèse d'Aziliz NORROY LE CIEUX, sous la direction du Dr Marion DESMARCHELIER**, DMV, IPSAV, DES (Zoological Medicine), DES (Animal Behaviour Medicine), MSc, dipl. ACZM, dipl. ECZM (Zoo Health Management), dipl. ACVB.

Cette thèse porte sur **l'enrichissement des conditions de captivité des reptiles et amphibiens en parc zoologique**. Elle a pour but de faire un bilan des dispositifs actuellement mis en place dans nos structures françaises et d'explorer les améliorations possibles.

Le sondage est **anonyme** et le temps nécessaire pour y répondre est de **5 min**.

- **Le lien est le suivant :**

https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLScD4kmgDnqg3N545cUSVfISPOfaVIYWJW6HFuKdlyHb8dvLUw/viewform?usp=sf_link

Merci de le transmettre à la personne de votre institution la plus à même d'y répondre.

Si vous ne faites **pas d'enrichissement** pour les reptiles et amphibiens, merci **de compléter tout de même le sondage et de répondre « non »** à la première question (le questionnaire sera alors écourté).

Vos réponses sont primordiales pour l'avancée de cette étude, et nous vous sommes d'avance reconnaissantes pour votre précieuse collaboration. 😊

Nous comptons sur votre aide et vous remercions infiniment pour votre temps.

Nous restons disponibles pour toute question à aziliz.Norroy.Le.Cieux-le.cieux@vetagro-sup.fr

MERCI !!

Bien confraternellement,

Aziliz NORROY LE CIEUX LE CIEUX, étudiante à Vetagro-Sup »

Annexe 2 : Liste des questions du sondage sur l'enrichissement des reptiles et amphibiens diffusé dans les parcs zoologiques francophones

Enrichissement prodigué aux reptiles et amphibiens dans les parcs zoologiques français

Bonjour et merci d'avoir cliqué sur ce lien ! Votre contribution est grandement appréciée.

Cette étude a pour objectif d'évaluer l'enrichissement actuellement apporté aux reptiles et amphibiens dans les parcs zoologiques français.

Elle est effectuée dans le cadre de la thèse vétérinaire d'Aziliz Norroy Le Cieux-Le Cieux (Vetagro-sup) sous la direction scientifique du Dr Marion Desmarchelier, DMV, IPSAV, DES (Zoological Medicine), DES (Animal Behaviour Medicine), MSc, dipl. ACZM, dipl. ECZM (Zoo Health Management), dipl. ACVB.

Elle s'inspire de l'étude de Taylor Eagan (2018): Evaluation of Enrichment for Reptiles in Zoos, Journal of Applied Animal Welfare Science, DOI: 10.1080/10888705.2018.1490182

Merci de transmettre ce sondage à la personne s'occupant des reptiles/amphibiens dans votre institution

Temps estimé : 5 min

*** Indique une question obligatoire**

1. Utilisez-vous de l'enrichissement pour vos reptiles/amphibiens ? *

Une seule réponse possible.

oui *Passer à la question 2*

Non *Passer à la question 3*

si oui :

2. Etes-vous membre d'une ou plusieurs des associations suivantes ? *

Plusieurs réponses possibles.

- Association Française des Parcs Zoologiques (AFdPZ)
- Association Européenne des Aquariums et Zoos (EAZA)
- Association Mondiale des Zoos et Aquariums (WAZA)
- Aucune des associations citées

Passer à la question 4

Si non :

3. Etes-vous membre d'une ou plusieurs des associations suivantes ? *

Plusieurs réponses possibles.

- Association Française des Parcs Zoologiques (AFdPZ)
- Association Européenne des Aquariums et Zoos (EAZA)
- Association Mondiale des Zoos et Aquariums (WAZA)
- Aucune des associations citées

Passer à la question 20

Enrichissement aux REPTILES

Questions par catégories de reptiles

DEFINITION DES ENRICHISSEMENTS PROPOSES

Catégorie d'enrichissement	Définition
Alimentaire	Nouvelles présentations d'aliments (frais, surgelés, vivants, différentes textures), utilisation de boîtes à puzzle, nourriture cachée ou dispersée dans l'enclos etc...
Olfactif	Application olfactive (artificielle ou naturelle) de phéromones, de parfums de prédateurs ou de proies, de parfums nouveaux (épices ou parfums) etc..
Entraînement/modification comportementale	Entraînement pour les soins quotidiens et/ou les procédures médicales, entraînement pour les présentations au public, etc...
Enrichissement naturel	Branches, feuilles, roches, fleurs, foin, etc...
Objets fabriqués par l'homme	"Jouets", objets artificiels créés par l'homme pour amener de la nouveauté
Social	Membres de la même espèce logés ensemble pour imiter les groupements sociaux naturels ou regroupements d'espèces mixtes qui ont des comportements complémentaires entre les espèces, etc...
Aménagement de l'habitat	Variété de substrats, considérations terrestres et aquatiques, plateformes surélevées, structures à grimper, zones de nidification, considérations d'espace, etc...
Autre	Toute autre mesure mise en place par la structure et considérée comme de l'enrichissement.

Serpents non-venimeux

4. Quel type d'enrichissement fournissez-vous à vos serpents non-venimeux ? *

Plusieurs réponses possibles

- Alimentaire
- Olfactif
- Enrichissement/modification comportementale
- Enrichissement naturel
- Objets fabriqués par l'homme
- Social
- Aménagement de l'habitat
- Aucun enrichissement
- Ne possède pas de serpents non-venimeux
- Autre

Serpents venimeux

5. Quel type d'enrichissement fournissez-vous à vos serpents non-venimeux ? *

Plusieurs réponses possibles

- Alimentaire
- Olfactif
- Enrichissement/modification comportementale
- Enrichissement naturel
- Objets fabriqués par l'homme
- Social
- Aménagement de l'habitat
- Aucun enrichissement
- Ne possède pas de serpents non-venimeux
- Autre

Tortues terrestres

6. Quel type d'enrichissement fournissez-vous à vos tortues terrestres ? *

Plusieurs réponses possibles

- Alimentaire
- Olfactif
- Enrichissement/modification comportementale
- Enrichissement naturel
- Objets fabriqués par l'homme
- Social
- Aménagement de l'habitat
- Aucun enrichissement
- Ne possède pas de serpents non-venimeux
- Autre

Tortues aquatiques

7. Quel type d'enrichissement fournissez-vous à vos serpents non-venimeux ? *

Plusieurs réponses possibles

- Alimentaire
- Olfactif
- Enrichissement/modification comportementale
- Enrichissement naturel
- Objets fabriqués par l'homme
- Social
- Aménagement de l'habitat
- Aucun enrichissement
- Ne possède pas de serpents non-venimeux
- Autre

Crocodiliens

8. Quel type d'enrichissement fournissez-vous à vos crocodiliens ? *

Plusieurs réponses possibles

- Alimentaire
- Olfactif
- Enrichissement/modification comportementale
- Enrichissement naturel
- Objets fabriqués par l'homme
- Social
- Aménagement de l'habitat
- Aucun enrichissement
- Ne possède pas de serpents non-venimeux
- Autre

Varans

9. Quel type d'enrichissement fournissez-vous à vos varans ? *

Plusieurs réponses possibles

- Alimentaire
- Olfactif
- Enrichissement/modification comportementale
- Enrichissement naturel
- Objets fabriqués par l'homme
- Social
- Aménagement de l'habitat
- Aucun enrichissement
- Ne possède pas de serpents non-venimeux
- Autre

Lézards (hors varans)

10. Quel type d'enrichissement fournissez-vous à vos lézards (hors varans) ? *

Plusieurs réponses possibles

- Alimentaire
- Olfactif
- Enrichissement/modification comportementale
- Enrichissement naturel
- Objets fabriqués par l'homme
- Social
- Aménagement de l'habitat
- Aucun enrichissement
- Ne possède pas de serpents non-venimeux
- Autre

Enrichissement aux REPTILES

Questions générales

11. Pour quelle(s) raison(s) utilisez-vous de l'enrichissement pour vos reptiles ? *

Plusieurs réponses possibles

- Promouvoir les comportements naturels/propres à l'espèce
- Entraînement comportemental
- Réduire les stéréotypies/ comportements anormaux
- Participer à l'éducation du public (visée pédagogique)
- Améliorer l'esthétique du milieu
- Autre : __

12. Comment mesurez-vous l'efficacité de l'enrichissement mis en place ? *

Plusieurs réponses possibles

- Utilisation de l'enrichissement par les reptiles
- Augmentation du comportement souhaité
- Réduction du comportement indésirable
- Marqueur de croissance biologique (poids, taille, mue..)
- Mesure des indicateurs de stress des reptiles
- Aucune mesure formelle n'a été effectuée Analyse des taux de corticostérone
- Autre : _____

13. Quelle est votre source d'information pour vos idées d'enrichissements ? *

Plusieurs réponses possibles

- Soigneurs (bouche à oreille)
- Internet
- Articles scientifiques
- Réseau d'information AFdPZ/AFVPZ/AFSA etc...
- Magazine d'herpétologie
- Autre : _____

14. A quelle fréquence moyenne utilisez-vous de l'enrichissement ? (Toutes formes d'enrichissement et espèces de reptiles confondues) *

Une seule réponse possible

- 1 fois par jour
- Plusieurs fois par semaine
- 1 fois par semaine
- 1 fois par mois
- Plusieurs fois dans l'année mais moins d'1 fois par mois
- Jamais

Enrichissement aux AMPHIBIENS

Définition des enrichissements proposés

Catégorie d'enrichissement	Définition
Alimentaire	Nouvelles présentations d'aliments (frais, surgelés, vivants, différentes textures), utilisation de boîtes à puzzle, nourriture cachée ou dispersée dans l'enclos etc...
Olfactif	Application olfactive (artificielle ou naturelle) de phéromones, de parfums de prédateurs ou de proies, de parfums nouveaux (épices ou parfums) etc..
Entraînement/modification comportementale	Entraînement pour les soins quotidiens et/ou les procédures médicales, entraînement pour les présentations au public, etc...
Enrichissement naturel	Branches, feuilles, roches, fleurs, foin, etc...
Objets fabriqués par l'homme	"Jouets", objets artificiels créés par l'homme pour amener de la nouveauté
Social	Membres de la même espèce logés ensemble pour imiter les groupements sociaux naturels ou regroupements d'espèces mixtes qui ont des comportements complémentaires entre les espèces, etc...
Aménagement de l'habitat	Variété de substrats, considérations terrestres et aquatiques, plateformes surélevées, structures à grimper, zones de nidification, considérations d'espace, etc...
Autre	Toute autre mesure mise en place par la structure et considérée comme de l'enrichissement.

15. Quel type d'enrichissement fournissez-vous à vos amphibiens ? *

Plusieurs réponses possibles

- Alimentaire
- Olfactif
- Entraînement/ modification comportementale
- Enrichissement naturel
- Objets fabriqués par l'homme
- Social
- Aménagement de l'habitat
- Aucun enrichissement
- Ne possède pas d'amphibiens
- Autre : _____

16. Pour quelle(s) raison(s) utilisez-vous de l'enrichissement pour vos amphibiens ? *

Plusieurs réponses possibles

- Promouvoir les comportements naturels/propres à l'espèce
- Entraînement comportemental
- Réduire les stéréotypies/ comportements anormaux
- Participer à l'éducation du public (visée pédagogique)
- Améliorer l'esthétique du milieu
- Ne possède pas d'amphibiens
- Autre : _____

17. Comment mesurez-vous l'efficacité de l'enrichissement mis en place ? *

Plusieurs réponses possibles

- Utilisation de l'enrichissement par les amphibiens
- Augmentation du comportement souhaité
- Réduction du comportement indésirable
- Marqueur de croissance biologique (poids, taille, mue..)
- Mesure des indicateurs de stress des amphibiens
- Analyse des taux de corticostérone
- Aucune mesure formelle n'a été effectuée
- Ne possède pas d'amphibiens
- Autre : _____

18. Quelle est votre source d'information pour vos idées d'enrichissements ? *

Plusieurs réponses possibles

- Soigneurs (bouche à oreille)
- Internet
- Articles scientifiques
- Réseau d'information AFdPZ/AFVPZ/AFSA etc
- ...Magazine d'herpétologie
- Autre :

19. A quelle fréquence utilisez-vous de l'enrichissement ? (Toutes formes d'enrichissement et d'espèces d'amphibiens confondues) *

Une seule réponse possible.

- 1 fois par jour
- Plusieurs fois par semaine
- 1 fois par semaine
- 1 fois par mois
- Plusieurs fois dans l'année mais moins d'1 fois par mois
- Jamais
- Ne possède pas d'amphibiens

Un grand merci pour votre participation et votre temps !

20. **Accepteriez-vous d'être recontacté(e) pour être informé(e) du suivi de cette étude ? Si oui, merci d'indiquer votre adresse courriel ci-dessous.**

21. **COMMENTAIRE :**

ETUDE DE L'ENRICHISSEMENT DES REPTILES ET AMPHIBIENS DANS LES PARCS ZOOLOGIQUES FRANCOPHONES A TRAVERS LE MODELE DU TRITON ALPESTRE (ICHTHYOSAURA ALPESTRIS REISERI)

Auteur

NORROY LE CIEUX LE CIEUX Aziliz

Résumé

Cette étude a été menée en deux temps, avec trois objectifs principaux. Premièrement, un état des lieux de l'enrichissement proposé aux reptiles et amphibiens dans les parcs zoologiques francophones a été dressé par le biais d'un sondage. Ce dernier a confirmé le manque d'enrichissement avec les reptiles et encore davantage avec les amphibiens. Les méthodes employées ne proviennent que rarement de la littérature scientifique, et une évaluation rigoureuse de leur efficacité reste souvent à mettre en place. Ensuite, l'impact de la présence d'un enrichissement, sous forme d'un abri, a été mesuré avec un modèle d'amphibien en phase aquatique. L'observation du comportement et de la position de ces tritons Alpestres (*Ichthyosaura alpestris reiseri*) a confirmé l'intérêt de l'enrichissement notamment par l'utilisation de l'abri et la réduction des interactions avec les parois, considéré comme un signe de stress. Enfin, un test de préférence couplé à une étude éthologique ont été réalisés, dans un milieu environnementalement enrichi ou non-enrichi. Les tritons ont choisi plus souvent le milieu environnementalement enrichi que non enrichi. Ils ont également des comportements et des positions plus diversifiées avec une utilisation notable de l'abri, de la plante et de la plateforme, et interagissent moins avec les parois de l'aquarium. Ces résultats montrent l'intérêt de l'enrichissement pour les amphibiens et encouragent à développer de nouvelles études sur ce sujet.

Mots-clés

Amphibiens, Reptiles, Ethologie, Enrichissement, Tritons

Jury

Président du jury : Pr **FOURNERET Pierre**

Directeur de thèse : Pr **DESMARCHELIER Marion**

1er assesseur : Pr **CALLAIT-CARDINAL Marie-Pierre**

2ème assesseur : Pr **BELLUCO Sara**

Membre invité : Dr **MARQUIS Olivier**