

RAPPORT DU MANUSCRIT DE THESE DE SAMUEL CHARBERET

A qui de droit,

Le sujet de thèse du manuscrit de Samuel Charberet porte essentiellement sur le rôle des consommateurs terrestres dans le recyclage des éléments. A cet égard, il convient de souligner que le troisième chapitre du manuscrit traite de la variabilité du fractionnement isotopique chez les consommateurs et semble un peu déconnecté du sujet principal. C'est regrettable, car considérer le rôle des consommateurs dans une dynamique spatio-temporelle de redistribution des nutriments affectant le fonctionnement des écosystèmes et remodelant les paysages, constituait un sujet en or pour une thèse de doctorat. En effet, ce sujet offre un large champ d'investigations puisque la majorité des études portant sur l'écologie trophique des consommateurs se focalise généralement sur la dynamique de leurs proies ou sur leurs performances de croissance et de reproduction. En cet état, le manuscrit souffre d'un manque de recul sur la littérature scientifique existante, notamment en écophysiologie, qui affecte grandement l'interprétation et la discussion des résultats. Je me contenterai dans ce rapport d'apporter des remarques, des critiques, et des conseils que j'espère constructifs, en suivant l'évolution du manuscrit, partie par partie.

Introduction :

Premier paragraphe : Introduire le sujet de thèse est toujours chose compliquée, et je trouve qu'introduire ce sujet par une « anecdote » historique portant sur les coprolithes est tout simplement remarquablement judicieux. Elle montre en effet l'importance quantitative du processus étudié non seulement pour le fonctionnement des écosystèmes, mais également pour nos sociétés. Bien que cela ne soit pas explicité dans le texte, elle peut faire écho dans l'esprit du lecteur au fait que les sources d'engrais phosphatés chères à l'agriculture intensive

sont épuisables. De mon expérience personnelle, c'est la meilleure « entrée en matière » que j'ai pu lire dans une thèse de doctorat.

Second paragraphe : L'introduction part alors sur l'évolution de la vie terrestre et arrive rapidement au fait que les consommateurs sont capables de locomotion. Jusqu'ici l'introduction m'a enthousiasmé.

J'attendais après ce rappel sur la locomotion que l'on présente les consommateurs et leurs rôles dans la redistribution spatio-temporelle des nutriments. Au lieu de cela, nous avons une comparaison milieu terrestre-milieu aquatique quelque peu maladroite qui oublie par ailleurs d'invoquer la plus faible densité du milieu aérien qui va conduire les végétaux terrestres à produire en abondance des tissus de soutien riche en C qui ne sont pas forcément des carbohydrates ou de l'énergie (cf page 5, 6^{ème} chapitre). En effet, la cellulose et la lignine, riches en C et difficilement assimilables, ont conduit les agronomes dans les années 1960, et plus récemment les stœchiométristes, à s'intéresser aux rapports C/N et C/P.

La dernière phrase de ce chapitre, censée amener la problématique, est une vérité de La Palice nous « rappelant » que les consommateurs participent au fonctionnement des écosystèmes terrestres. C'est très maladroit.

Paragraphe 3 : ce paragraphe est peu informatif.

The relative importance of the various animals' effects on terrestrial ecosystems is poorly documented. Néanmoins on connaît des choses et le lecteur qui prend la peine de lire une thèse aimerait y trouver des connaissances même si il n'y en a pas beaucoup.

Paragraphe 4 : On évoque alors les animaux comme des sources de nutriments dont les origines sont les déchets du métabolisme et de la digestion. Même si la thèse porte sur ces déchets spécifiques, on aurait pu souligner les déchets de l'ingestion (le fameux sloppy feeding des écologues aquatiques qui peut représenter la principale source de nutriments pour les producteurs primaires dans un milieu stratifié et oligotrophe). On aurait pu évoquer aussi toutes les pertes de matière organique que peuvent présenter les animaux (phanères, mues, sécrétions, etc.).

Je n'ai pas bien compris le passage sur la qualité et la quantité des déchets et leurs conséquences à la page 5. Ce passage devrait être plus explicite et plus clair. Par ailleurs si le terme de quantité est compréhensible, la qualité doit être définie. La suite aborde la stœchiométrie. On peut imaginer alors que les rapports C/N ou C/P élevés seraient considérés de bonne qualité...de bonne qualité pour certains organismes mais pas pour d'autres et notamment les processus d'humification qui demandent du C. On ne sait pas de quoi on parle exactement.

Paragraphe 5 : il semble que l'on va se servir de rapports stœchiométriques pour évaluer les déchets des consommateurs et leurs flux en résumant en quelques mots l'écologie stœchiométrique et les besoins alimentaires des consommateurs. Ce passage est assez vague et peu informatif. Il faudrait plutôt expliquer comment l'écologie stœchiométrique peut apporter des réponses sur la question du rôle et de l'impact des déchets des consommateurs sur le fonctionnement des écosystèmes

Paragraphe 6 : Ce paragraphe (page 6) rentre enfin dans le sujet et devrait être plus détaillé et approfondi de manière claire et rigoureuse en faisant appel à la bibliographie moins épaisse que celle qui traite des flux d'énergie mais qui existe cependant. Jusqu'à présent les informations accessibles au lecteur à ce niveau du manuscrit se résument au fait que les consommateurs terrestres jouent un rôle dans le fonctionnement des écosystèmes et le recyclage des éléments via leurs déchets. C'est plutôt mince. Il serait temps d'expliquer et de présenter de quelles manières et quels impacts notables peuvent avoir ces déchets. C'est le cœur du sujet de thèse, non ? Il faut donc justifier son intérêt. Cette thèse ne présente pas d'analyse bibliographique, exercice obligatoire à l'époque, abandonné ou conservé mais valorisé actuellement. Elle fait ici cruellement défaut car cet exercice permettrait de mieux cerner le sujet dans sa globalité et de mieux cibler les questions d'importance. Les exemples sont nombreux dans la littérature et dans les documentaires animaliers. Les migrations de saumons qui engraisent en nutriments d'origine marine les milieux d'eau douces et les forêts via les fèces d'ours par exemple. Les colonies d'oiseaux accumulant le guano à certains endroits, les terriers de renards polaires entourés d'une végétation nitrophile dans des milieux pauvres et la création d'un paysage en mosaïque etc etc..... On comprend que la dynamique spatiale des nutriments via les déchets des consommateurs n'est pas le sujet qui a été choisi. La dynamique temporelle regorge aussi d'exemples mais elle n'a pas été choisie non plus. Pourtant on aurait pu peut-être y voir un lien avec la taille des organismes (cf chapitre 1). A biomasse égale, une biomasse de petits consommateurs consomme beaucoup plus et vit moins longtemps qu'une biomasse égale de grands consommateurs. Le sujet choisi semble plus en lien avec la stoechiometrie si je ne me trompe pas. Mais alors il faudrait nous expliquer concrètement comment cela peut impacter le fonctionnement des écosystèmes. Certains stoechiometristes évoquent à ce sujet que certains consommateurs retenant préférentiellement un élément dans leur biomasse peuvent par leurs sécrétions modifier la composition chimique du milieu et changer le facteur limitant la production primaire induisant ainsi des changements de communautés. Ici il est question d'une théorie, peut être classique mais qui n'est pas le livre de chevet de tous. Il faudrait aussi que la référence soit complète pour pouvoir la lire. Il y apparaît que les déchets des consommateurs peuvent favoriser l'activité des décomposeurs et dans certains cas au contraire car ils favorisent le développement de plantes dont la litière serait peu dégradable. Est-ce la raison qui a motivé cette thèse ? Cette théorie présente aussi des effets positifs et des effets négatifs mais sur quoi exactement ? Est-ce qu'il suffit de favoriser ces effets positifs pour gérer les écosystèmes ?

Page 7 : quelles sont les conclusions de Vanni et al 2002 ? Est-ce que le lecteur sera condamné à se procurer cet article ?

Page 7, première phrase d'un paragraphe: *Finally, studies also ignore the animal's physiological state, whether it is growing or not, and whether its resources actually cover its basic requirements.*

Il aurait fallu préciser de quelles études on parle. En effet, dans l'état, cette affirmation est totalement fausse.

Page 7 : *Hence, several questions remain unsolved: Do different species have different waste nutrient content in C, N and P in terrestrial fauna ?*

Les premiers agriculteurs, il y a plus de 3000 ans, ne savaient-ils pas que les compositions biochimiques des fèces d'animaux d'espèces différentes étaient différentes ? Aujourd'hui c'est certain, tout le monde le sait. Je pense que cette question (écrite aussi dans la discussion générale) doit disparaître ou être reformulée de manière à ce qu'elle ne déclasse pas le questionnement scientifique.

A la fin de l'introduction le lecteur n'a rien appris. Il ne sait pas de quelle manière et dans quelles mesure les fèces des consommateurs peuvent affecter le fonctionnement des écosystèmes. Il se fatiguera à essayer de comprendre une théorie dite classique mais tellement opaque qu'elle apparaît fumeuse. Il terminera sa lecture par des questions dont il connaît déjà la réponse ou traitant de l'écophysiologie sans lien explicite avec le sujet de thèse. Ce n'est pas une introduction de thèse mais je garderai en mémoire le premier paragraphe.

CHAPITRE 1

Le chapitre commence par une citation :

In Nature, nothing is wasted, not even waste

Richard Jones

Il n'y a malheureusement pas de référence ni de date. Je ne connais malheureusement pas ce Richard Jones et ne sais si c'est une blague glissée dans le manuscrit ou quelque chose de sérieux. Les anglophiles apprécieront probablement le style voire la poésie, mais d'un point de vue personnel, je trouve que le sens de la phrase est un peu creux à l'heure actuelle. Je préfère nettement la citation suivante qui date de 1794 et qui colle bien au sujet de thèse.

« *Les animaux se nourrissent ou des végétaux, ou d'autres animaux, en sorte que les matières qui les forment sont toujours, en dernier résultat, tirées de l'air et des minéraux. Enfin la fermentation, la putréfaction et la combustion rendent continuellement à l'air de l'atmosphère et au règne minéral les principes que les végétaux et les animaux leur ont empruntés. Par quels procédés la nature opère-t-elle cette merveilleuse circulation entre les trois règnes ?* » (Lavoisier, 1794).

Ce premier chapitre conclut étrangement que les vétérinaires peuvent apporter beaucoup à l'écologie en collectant et mesurant l'urine d'animaux prisonniers. Je comprends d'où vient l'idée mais j'évitais de l'écrire.

L'objectif de ce chapitre était d'explorer les variations de compositions des déchets du métabolisme et de la digestion des consommateurs terrestres à travers une métaanalyse se focalisant sur la taille des organismes et leur régime alimentaire. Les recherches zootechniques et en écophysiologie ayant déjà produit beaucoup de données, l'objectif semble être ici de tirer de grands traits pour mieux comprendre le fonctionnement des écosystèmes. Cependant, et comme attendu puisque les réseaux trophiques terrestres sont moins structurés par la taille que les réseaux trophiques aquatiques, il est difficile de tirer de grandes conclusions sur la taille des consommateurs terrestres et la variation de la composition biochimiques de leur fèces. Il fallait certes encore le démontrer. Que faire de ce résultat ? Quelles implications par rapport à l'étude de Vanni et al 2002 qui semble avoir inspiré l'étude ? Le régime alimentaire a au contraire une forte influence, mais on peut se demander ce que ce résultat apporte de nouveau. La réponse est évidente et on se demande alors pourquoi ne pas utiliser ce travail bibliographique pour modéliser ou simuler au moins dans quelques écosystèmes où l'on connaîtrait la structure des communautés et les flux d'énergie la part des uns et des autres dans les apports en nutriments. Associer aux différents éléments d'un réseau trophique leur poids fonctionnel en tant que source de nutriments aurait été vraiment très intéressant, et ce notamment au regard des discussions intéressantes de ce chapitre sur les seuils stœchiométriques d'immobilisation ou de minéralisation.

Des résultats remarquables sont les efficacités d'absorption négatives. Ces derniers résultats vont amener des discussions dans ce chapitre et aboutir dans la discussion générale à théoriser un concept où les consommateurs pourraient être des sources de nutriments ou des puits de nutriments affectant négativement ou positivement le cycle des nutriments dans les écosystèmes. J'avoue que je n'ai pas du tout adhéré à ce concept et ce pour plusieurs raisons. La première est qu'il faut d'abord discuter des valeurs négatives d'efficacité d'absorption. Le biais méthodologique n'est surtout pas à exclure puisque, si mathématiquement la méthode est d'une logique implacable (la différence entre l'entrée et la sortie), la réalisation dans le concret se heurte aux restes du dernier repas avant la mesure. Pour bien des organismes ce biais est difficile à exclure totalement par la méthodologie. Ensuite les erreurs de mesures qui se propagent avec le calcul sont toujours là. Il est vrai néanmoins que des études ont rapporté de telles valeurs négatives mais leurs origines et leurs implications éventuelles ont été discutées, mais rarement à ma connaissance autour de ce concept. Nous sommes donc en droit de nous demander quels sont les arguments qui poussent à prendre avec une telle considération l'apport de nutriments spécifiques via les fèces d'animaux qui n'ont pas obtenu ces mêmes nutriments dans leur nourriture. Est-ce que quantitativement cela peut être significatif ? Enfin de façon plus générale j'avoue être gêné quand je lis cette thèse (dans son cadre) considérer les consommateurs comme pouvant affecter positivement ou négativement le cycle des éléments ou les considérer comme des puits ou des sources. Ils sont souvent mis en concurrence avec les producteurs primaires et je n'ai pas bien compris

l'idée. Tous les organismes participent au recyclage et affectent la dynamique spatio-temporelle des nutriments. Le pollen des plantes anémophiles emporté par le vent serait-il un puits ? et ?

Au niveau méthodologique, il faut expliciter avec plus de détails pourquoi certaines données ont été écartées (page 13). Les pucerons se nourrissant de sève élaborée excrètent beaucoup de sucre et leurs excréments en azote doivent être faibles. Est-ce qu'ils ont été écartés pour cette raison (page 13) ?

Les valeurs sont exprimées en % de C, soit mais en % de C par rapport à quoi ?

Chapitre 2 :

Il commence lui aussi avec une citation d'un auteur plus connu et une date. J'avoue que je n'ai pas saisi la référence par rapport à l'étude qui allait suivre.

Le résumé est éloquent puisque les termes de surprise, de paradoxe et d'inattendu sont évoqués. Malheureusement les principaux résultats obtenus sont connus depuis 50 ans au moins (de mémoire voici un exemple mais beaucoup d'autres que je ne pourrai citer dans les années 1980 et 1990 : Gaudy, R. Feeding four species of pelagic copepods under experimental conditions. *Mar. Biol.* **25**, 125–141 (1974). <https://doi.org/10.1007/BF00389261>). Ce chapitre est celui qui montre un manque de recul sur la littérature scientifique en écophysiologie. Je listerai donc ici quelques publications qui permettront d'améliorer la discussion des résultats. Ces derniers apparaissent de très bonne qualité et montrent chez le candidat une rigueur pour l'obtention de ces derniers qu'il est nécessaire de féliciter. Le seul problème est que le fait que l'efficacité d'assimilation est maximale pour des quantités de nourriture limitantes est largement connu et démontré depuis des années. Le fait que l'efficacité de croissance soit maximale pour des quantités de nourriture suboptimales en découle logiquement. Bien évidemment, au niveau de l'organisme la performance qui importe c'est le taux de croissance et pas son efficacité de croissance. Plusieurs raisons ont été évoquées pour expliquer le maximum d'assimilation dans un contexte nutritif limitant comme un temps de transit plus long ou une plus forte production d'enzymes digestives (lorsque cela vaut le coup) afin de maximiser les apports dans un contexte limitant. Lorsque les ressources sont abondantes, il y aurait une sorte de gaspillage des ressources qui néanmoins favorise un gain d'énergie plus important.

Voici une liste de publications qui peuvent être intéressantes :

David N. Karowe, Michael M. Martin, The effects of quantity and quality of diet nitrogen on the growth, efficiency of food utilization, nitrogen budget, and metabolic rate of fifth-instar *Spodoptera eridania* larvae (Lepidoptera: Noctuidae), *Journal of Insect Physiology*, Volume 35, Issue 9, 1989, Pages 699-708, ISSN 0022-1910, [https://doi.org/10.1016/0022-1910\(89\)90089-9](https://doi.org/10.1016/0022-1910(89)90089-9).

C'est une publication assez vieille (1989), mais ce qui est remarquable c'est qu'elle porte également sur les larves de lépidoptères et présente des objectifs comparables. La

méthodologie a fait en sorte de manipuler la digestibilité, et les résultats peuvent être intéressants à prendre en compte.

DeMott, W.R., McKinney, E.N. and Tessier, A.J. (2010), Ontogeny of digestion in *Daphnia*: implications for the effectiveness of algal defenses. Ecology, 91: 540-548. <https://doi.org/10.1890/08-2103.1>

C'est une publication assez récente dans Ecology mais simple, et qui explique bien les choses sur l'assimilation.

Burian, A., Nielsen, J. M., and Winder, M.. 2020. Food Quantity–Quality Interactions and Their Impact on Consumer Behavior and Trophic Transfer. *Bull Ecol Soc Am* 101(2):e01661. <https://doi.org/10.1002/bes2.1661>

Cette publication, beaucoup plus récente, propose un modèle assez intéressant et peut être une source d'inspiration.

Mitra A, Flynn KJ. Importance of interactions between food quality, quantity, and gut transit time on consumer feeding, growth, and trophic dynamics. *Am Nat.* 2007 May;169(5):632-46. doi: 10.1086/513187. Epub 2007 Mar 14. PMID: 17427134.

Cette publication encore présente un modèle qui peut être inspirant.

Fiona J. Clissold, Nicole Coggan, Stephen J. Simpson; Insect herbivores can choose microclimates to achieve nutritional homeostasis. *J Exp Biol* 1 June 2013; 216 (11): 2089–2096. doi: <https://doi.org/10.1242/jeb.078782>

Coggan N, Clissold FJ, Simpson SJ. Locusts use dynamic thermoregulatory behaviour to optimize nutritional outcomes. *Proc Biol Sci.* 2011 Sep 22;278(1719):2745-52. doi: 10.1098/rspb.2010.2675.

Ces deux publications moins en lien direct avec le chapitre dévoilent une facette de la complexité de l'écophysiologie en montrant comment le comportement de thermorégulation des ectothermes est en lien avec leurs contraintes trophiques et comment ce comportement va jouer sur l'assimilation différentielle des nutriments. Dans une optique de discussion, elles peuvent être très intéressantes.

En dehors de cette problématique d'ingestion, il convient également de corriger la formulation sur l'interprétation du budget énergétique d'un organisme ceci notamment à la page 28 et dans la box A :

We tested the hypothesis that resource scarcity increases absorption efficiency and, in turn, increases growth efficiency, except when growth costs exceed maintenance costs at extreme starvation levels. We speculated that maintenance processes become dominant at low intake rates, resulting in a lower relative investment in growth and that at high intake, lower absorption efficiency causes growth efficiency to also decrease.

De manière simple, ce qu'il faut comprendre c'est que les coûts de maintenance liés au taux métabolique basal ou de repos (BMR, RMR etc.) des consommateurs sont des coûts incompressibles (ils peuvent varier bien évidemment avec la taille de l'organisme, la température voire la qualité nutritionnelle dernièrement, etc.). Une fois que les apports nutritionnels ont rempli les coûts de la maintenance (et de la digestion), l'énergie qui reste peut servir à la croissance et la reproduction. Les coûts de maintenance ne deviennent pas dominants, il n'y a pas de dérivation de l'énergie. Si l'on veut avoir de la croissance, il faut que les apports nutritionnels soient supérieurs aux coûts de maintenance et donc les coûts liés à la croissance ne peuvent jamais excéder les coûts de maintenance lorsque les apports énergétiques sont limitants.

Par ailleurs, le passage sur la growth rate hypothesis va un peu vite en besogne. Je ne suis pas un fan absolu de l'écologie stœchiométrique (loin de là) mais voici deux publications qui permettront de mieux cerner, dans la première le concept originel de la GRH, et son évolution dans la seconde. Il convient de s'en inspirer et de citer ces papiers majeurs dans la partie dédiée.

Elser, J.J., Sterner, R.W., Gorokhova, E., Fagan, W.F., Markow, T.A., Cotner, J.B., Harrison, J.F., Hobbie, S.E., Odell, G.M. and Weider, L.W. (2000), Biological stoichiometry from genes to ecosystems. *Ecology Letters*, 3: 540-550. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2000.00185.x>

Isanta-Navarro, J., Prater, C., Peoples, L.M., Loladze, I., Phan, T. & Jeyasingh, P.D. et al. (2022) Revisiting the growth rate hypothesis: Towards a holistic stoichiometric understanding of growth. *Ecology Letters*, 25, 2324–2339. Available from: <https://doi.org/10.1111/ele.14096>

Lorsqu'on aborde des rapports stœchiométriques dans une étude, il est important de choisir avec rigueur les termes de proportions relatives et de contenus car cela n'implique pas la même chose. La clarté du manuscrit en profiterait.

Enfin, il faut corriger la méthodologie notamment la partie « experimental design » qui est difficilement compréhensible. Il est nécessaire que le lecteur comprennent dans quel état sont les organismes de départ (poids, etc.), pendant combien de temps ils ont été nourris. Ce sont des informations capitales dans une expérience de nutrition mais pas accessibles. Comment a été évalué le maximum intake dont il est question ? Dans quels traitements l'apport nutritionnel était supérieur et inférieur à la consommation maximale ? Ce sont des données indispensables à procurer.

Il faut également préciser et décrire un peu plus la nourriture utilisée. Est-elle disponible dans le commerce ? Comment est-elle fabriquée dans le cas contraire ? Il n'y a qu'une seule composition chimique dans les appendices qui est exprimée en m/m..... ??????????

Il faut clarifier quels sont les organismes qui ont servi aux mesures de ce chapitre. Il y a un flou là, on ne sait pas ce que sont devenus les individus qui devaient attendre l'émergence. Y a-t-il une partie des organismes qui sont partis pour l'analyse isotopique ? Il semble qu'il y ait en fait une seule expérience de nutrition qui ait servi aux chapitres 2 et 3.

Certaines données sont exprimées en % de fresh weight. Il conviendrait d'explicitier un peu plus comment elles ont été obtenues et expliquer pourquoi le poids sec n'a pas été préféré.

Chapitre 3 :

Ce chapitre a été publié dans Peer Community Journal et souligne l'importance que peut prendre la variabilité du fractionnement isotopique et les conséquences qui en découlent sur l'interprétation des isotopes stables en écologie trophique. Ce chapitre est un peu surprenant et semble déconnecté du sujet de thèse originel. On comprend parfaitement que des analyses isotopiques réalisées sur les organismes de l'expérience de nutrition du chapitre 2 puissent être menées afin de valoriser au mieux ce temps d'expérience. Néanmoins choisir de l'inclure dans le manuscrit est surprenant. Je ne m'attarderai pas sur ce chapitre puisque je ne suis pas spécialiste en isotopie, contrairement à l'autre rapporteur de cette thèse. Néanmoins, la variabilité du fractionnement isotopique n'est pas une problématique nouvelle et a pu bénéficier de nombreuses études ces dernières années. Cette littérature pourtant riche est absente de ce chapitre. Je liste ici deux publications dont j'ai eu connaissance, deux publications seulement mais qui sont récentes et qui devront permettre de retrouver beaucoup de choses.

Ballutaud M, Travers-Trolet M, Marchal P, Dubois SF, Giraldo C, Parnell AC, Nuche-Pascual MT, Lefebvre S. Inferences to estimate consumer's diet using stable isotopes: Insights from a dynamic mixing model. Plos one. 2022 Feb 7;17(2):e0263454.

Nahon, S, Séité, S, Lefebvre, S, Kolasinski, J, Aguirre, P, Geurden, I. How protein quality drives incorporation rates and trophic discrimination of carbon and nitrogen stable isotope ratios in a freshwater first-feeding fish. *Freshwater Biology*. 2020; 65: 1870–1882. <https://doi.org/10.1111/fwb.13578>

Là encore fort logiquement, il faut clarifier *l'experimental design*. Pendant combien de temps les organismes ont été nourris ? Quand et sur quels individus ont été réalisées les analyses ? Il manque aussi des résultats. Quelle masse avaient les organismes avant et après l'expérience ? Quels étaient leurs signatures isotopiques avant et après l'expérience ? Il serait effectivement intéressant de quantifier comment l'expérience de nutrition a eu une influence sur la signature isotopique qu'avaient déjà les organismes au départ.

Qu'en est-il de la signature isotopique de la source de nourriture ? A-t-elle changé sur le temps de l'expérience qui a été répétée 10 fois dans le temps. Il manque ces données pour évaluer la qualité des résultats. La discussion mériterait aussi une littérature plus ciblée et plus récente sur le sujet.

Discussion générale et perspectives.

Throughout the present work, we explored the role that animals play in nutrient recycling in terrestrial ecosystems.

C'est une exploration effectivement et dans ce contexte le travail intellectuel du candidat est remarquable. L'erreur malheureusement est d'avoir cru que les thématiques abordées étaient des territoires entiers vierges à explorer. Au regard des connaissances accumulées dans la littérature scientifique, l'évaluation de ce manuscrit de thèse de doctorat ne peut rendre hommage à ce travail.

Je reste encore néanmoins étanche au concept de la figure 4.1 qui manque de clarté dans ses explications, et qui à première vue ne repose sur rien de concret ni de significatif. On ne peut réinventer toute l'écophysiologie en 3 ans de thèse ni en quelques pages (p. 63,64, 65, 66) .

For example, if the requirement is 25 grams of carbon /day, acquiring 50 grams/day of biomass composed of 50% carbon or acquiring 100 grams/day of biomass composed of 25% carbon both meet the requirements. Therefore, organisms are not bound to consume resources of a given chemical composition but rather to meet a certain elemental acquisition rate.

On ne peut trop critiquer cette phrase mais on peut se demander ce qu'elle nous apporte aujourd'hui.

As I conclude my doctoral journey, I reflect on the intricate interplay between animal physiology and ecology. Through these years of research, I've studied the deep connection between these two facets of biology, revealing a complex web of adaptations, interactions, and responses within the natural world. This work expands our understanding while highlighting the critical importance of grasping the delicate balance that sustains ecosystems. I hope that these insights will contribute to ongoing scientific progress and foster a deeper appreciation for the richness of our natural environment. As one chapter closes, I eagerly anticipate the fresh perspectives and discoveries that lie ahead in the ongoing exploration of ecosystems.

A la lecture de ces quelques lignes de conclusion, je comprends combien mon rapport peut être dur pour le candidat. Personnellement je comprends parfaitement le chemin qui l'a amené vers cette passion pour l'écophysiologie et combien l'aventure doctorale est une expérience intellectuelle bouillonnante que l'on ne peut honnêtement traverser en souriant et faisant semblant de faire ce que l'on attend de vous 35 heures par semaine pour engranger résultats et publications qui ne sont pas les siens. Bien au contraire, ici, le candidat s'est efforcé de produire des résultats de qualité afin de se forger sa propre opinion. Je respecte ce chemin et aimerais le constater chez d'autres candidats, mais il est indispensable de se forger sa propre opinion au regard des résultats déjà acquis, non pour les adouber révérencieusement mais pour aller plus loin sur sa voie. J'espère que ce rapport donnera quelques pistes de réflexion.

Références bibliographiques

Ces dernières sont bien dans l'ordre alphabétique des noms d'auteurs mais elles commencent par le prénom du premier auteur. Trouver une référence ainsi est chose difficile.

Pour toutes les raisons invoquées dans ce rapport, je ne peux pas donner une suite favorable ni autoriser Samuel Charberet à soutenir sa thèse de doctorat.

