

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À TROIS-RIVIÈRES

**LA DEFINITION DE L'INDIVIDU BIOLOGIQUE
ENTITÉ, ÉCHELLE ET OBSERVATEUR**

**THÈSE PRÉSENTÉE
COMME EXIGENCE PARTIELLE DU
DOCTORAT EN PHILOSOPHIE**

**PAR
MATHIEU PERCHAT**

JANVIER 2024

Université du Québec à Trois-Rivières

Service de la bibliothèque

Avertissement

L'auteur de ce mémoire, de cette thèse ou de cet essai a autorisé l'Université du Québec à Trois-Rivières à diffuser, à des fins non lucratives, une copie de son mémoire, de sa thèse ou de son essai.

Cette diffusion n'entraîne pas une renonciation de la part de l'auteur à ses droits de propriété intellectuelle, incluant le droit d'auteur, sur ce mémoire, cette thèse ou cet essai. Notamment, la reproduction ou la publication de la totalité ou d'une partie importante de ce mémoire, de cette thèse et de son essai requiert son autorisation.

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À TROIS-RIVIÈRES

Cette thèse a été dirigée par :

TUDOR-MIHAI BAETU, directeur de recherche, professeur Université du Québec à Trois-Rivières

Jury d'évaluation de la thèse :

JIMMY PLOURDE, Professeur Université du Québec à Trois-Rivières

TUDOR-MIHAI BAETU, Professeur Université du Québec à Trois-Rivières

MOLY KAO, Professeur Université du Québec à Montréal

LOEVE SACHA, Professeur Université Jean Moulin Lyon III

REMERCIEMENTS

Merci à Tudor-Mihai Baetu (Université de Trois-Rivières) qui a accepté de diriger, et suggéré des améliorations qui ont contribué à mes réflexions et à l'écriture de ma thèse en philosophie.

Merci aux membres du jury composant le comité d'évaluation d'avoir porté attention à ma thèse et suggéré des améliorations qui ont contribué à mes réflexions.

Je tiens également à exprimer ma gratitude pour avoir bénéficié d'une pluralité de ressources me permettant de réaliser une thèse. En effet, je suis parfaitement conscient d'avoir bénéficié de privilèges pour réaliser un doctorat. D'une part grâce à l'aide de la bourse FODAR octroyée par l'UQTR, mais également par les multiples personnes m'ayant soutenue émotionnellement et économiquement, comme mes parents proches, d'avoir été écoutés et conseillés durant ces 5 années par le corps professoral.

Rien dans mon parcours préuniversitaire n'indiquait une quelconque possibilité d'arriver à cette étape d'étude supérieure. Ce n'est pas uniquement grâce à mes compétences, mais aussi, et peut-être surtout, grâce à toutes ces personnes qui m'ont soutenu et qui ont favorisé un environnement propice à la réalisation d'études supérieures.

Chaque membre de mon jury est alors la personnification de cet environnement.

Je remercie grandement Émie-Gail Gagné pour son soutien à la correction finale du texte.

Encore imparfait, le texte ne pourrait avoir cette qualité sans ses précieux conseils.

Merci à toutes et tous.

RÉSUMÉ

L'objectif général de ce travail de recherche est de trouver des critères constitutifs d'une définition qui répondraient au problème du pluralisme de la définition de l'individu biologique, ainsi qu'aux enjeux pratiques reliés à ce concept en biologie. Les problèmes associés au pluralisme et à la compétition entre les définitions émergent des chevauchements de définitions.

Pour ce faire, je propose l'idée que l'inclusion de critères environnementaux peut contribuer à résoudre le pluralisme de définition. L'environnement serait représenté par les critères de l'échelle et de l'observateur. Les difficultés associées au pluralisme disparaissent lorsqu'on accorde une considération au cadre théorique qui impose une résolution en fonction du sujet étudié. En conséquence, le pluralisme est compris comme l'application de critères généraux correspondant à des entités biologiques situées à différentes échelles.

Ainsi, le pluralisme provient de la sensibilité d'échelle dans laquelle les individus biologiques se situent. Ce qui entraîne l'émergence de différents outils pour les identifier.

En d'autres termes, ce travail de recherche propose de concevoir l'individualité biologique comme une redondance structurelle qui se reproduit à chaque échelle du vivant sous différentes modalités en raison d'une forte dépendance d'échelle. Les différentes définitions ciblent une individualité située à une échelle précise et non l'individualité en général. C'est pourquoi nous proposons un diagnostic de l'individu biologique et non une définition d'un individu. Ce diagnostic se compose de trois critères spécifiques, distinction unité et communication, et de deux critères contextuels, l'échelle et l'observateur (le cadre théorique choisi).

Ce diagnostic de l'individu biologique se veut minimaliste et universel. Minimaliste, car chaque critère correspond à une caractéristique essentielle d'une entité pour être identifié comme un individu biologique. Et universel, car ce diagnostic s'applique à l'ensemble des niveaux

d'organisation du vivant. Il permet également aux perspectives de prendre en compte les spécificités de leur objet d'étude ainsi que les contraintes liées à son environnement.

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION	8
I. L'INDIVIDU.....	9
1. <i>Individu philosophique</i>	9
2. <i>Totalisation, désindividuation et l'essentialisme</i>	14
3. <i>Notre cadre métaphysique</i>	17
II. LES DEFINITIONS PHILOSOPHIQUE ET BIOLOGIQUE DE L'INDIVIDU	20
III. APPLICATION DES CRITERES	28
IV. DEFINIR L'INDIVIDU BIOLOGIQUE : LES LIMITES	35
1. <i>Quelques définitions de l'individu biologique</i>	36
2. <i>Le pluralisme</i>	37
V. PROBLEMATISATION.....	41
VI. PLAN DETAILLE	44
CHAPITRE 1 : LES DIFFERENTES PERSPECTIVES	47
I. LA PERSPECTIVE PHYSIOLOGIQUE	49
1. <i>La distinction par la continuité spatiotemporelle</i>	50
2. <i>L'autoconstruction de soi</i>	56
3. <i>L'énergie libre</i>	62
4. <i>L'approche immunologique</i>	71
5. <i>Conclusion de l'approche physiologique</i>	77
II. LA PERSPECTIVE EVOLUTIONNISTE.....	78
1. <i>Le commencement : la théorie darwinienne</i>	79
2. <i>L'unité de sélection contemporaine</i>	80
3. <i>L'individu évolutif</i>	86
4. <i>Conclusion</i>	89
5. <i>La symbiose interne et l'individuation</i>	91
III. L'ÉCOLOGIE.....	96

1.	<i>La perspective écologique se centre sur les relations</i>	97
2.	<i>La niche écologique</i>	103
IV.	CONCLUSION	110
CHAPITRE 2 : LES ORIGINES DU PLURALISME.....		113
I.	LES DIVERGENCES A L'ORIGINE DU PLURALISME	114
1.	<i>Au sein même de la perspective physiologique</i>	114
2.	<i>Au sein même de l'approche évolutive</i>	137
3.	<i>Au sein de l'approche écologique</i>	145
II.	CONCLUSION	147
III.	LES CONVERGENCES ET LES SIMILARITES STRUCTURELLES	148
1.	<i>Les similarités structurelles entre les perspectives</i>	149
IV.	CONCLUSION	166
CHAPITRE 3 : ÉCHELLE ET FRACTALE.....		170
I.	INTRICATION, ECHELLE ET INDIVIDUALITE.....	172
1.	<i>L'intrication par la distinction et la communication</i>	172
II.	L'ECHELLE COMME REFERENT	176
1.	<i>La relativité d'échelle : la fractale inclut l'échelle</i>	179
2.	<i>La notion d'échelle</i>	181
III.	FRACTALE, INVARIANCE ET RELATIVITE.....	185
1.	<i>L'individu et sa nature multiniveau</i>	185
2.	<i>Une introduction à la structure fractale</i>	187
	CONCLUSION	195
CHAPITRE 4 : CADRES THÉORIQUES ET DÉFINITIONS		199
I.	L'OBSERVATEUR ?	199
1.	<i>Un fossé entre les différentes définitions ?</i>	200
2.	<i>Inscrire le critère de l'observateur</i>	205
3.	<i>Distinction entre les intrications verticales et horizontales</i>	208

II.	LA DEFINITION DE L'INDIVIDU BIOLOGIQUE	215
2.1	<i>Bénéfices de la définition</i>	219
III.	REALISME ET ANTIREALISME	222
3.1	<i>L'antiréalisme</i>	224
3.2	<i>Le réalisme</i>	225
	CONCLUSION	227
	ANNEXES	231
	ANNEXE 1	231
	ANNEXE 2	232
	ANNEXE 3	232
	ANNEXE 4	233
	BIBLIOGRAPHIE	234

INTRODUCTION

En se promenant dans une jeune forêt située aux abords du Saint-Laurent, la présence majoritaire de peuplier se remarque très nettement. Afin d'évaluer la vulnérabilité, l'état de santé ou tout simplement pour faire un recensement de population du peuplier, les biologistes rencontrent des difficultés pour savoir ce qu'il faut compter comme étant un individu ? Est-ce le tronc ou bien est-ce la forêt ? Cette illustration montre l'importance du concept d'individu dans la pratique des biologistes. En effet, la question de savoir quelle entité peut être qualifiée d'individu biologique¹ est l'une des questions centrales que traite la philosophie de la biologie. Savoir individuer, c'est pouvoir appréhender et distinguer les différentes entités qui composent le monde biologique. Pour les identifier le plus efficacement possible, il faut avoir en main une définition précise de l'individu biologique. La fonction d'une telle définition est de décrire les contours d'une entité pour la distinguer des autres éléments. Une telle définition contiendrait alors des critères référant à des caractéristiques typiques de l'individu biologique.

Mais avant de pouvoir parler d'individu biologique, il nous faut préalablement connaître la définition de l'individu philosophique, afin de connaître l'héritage contenu dans le terme d'individu biologique que la discipline de la biologie a récupéré et modifié afin de la faire correspondre à son objet d'étude.

I. L'individu

1. *Individu philosophique*

1.1 L'usage du concept d'individu

¹ Nous parlerons uniquement d'individu biologique et non d'individu vivant pour éviter d'ouvrir la question de ce qui est vivant. De ce fait, le terme biologique réfère simplement à l'objet d'étude des sciences de la biologie.

Le concept d'individu est un préalable pour pouvoir interroger l'identité d'une entité et pour démarquer l'individuel du non-individuel (Chauvier 2010). Pour commencer cette interrogation, nous allons examiner ses différents usages. Le concept d'individu peut être utilisé de deux façons :

(1) il peut servir à identifier des entités pour leur appliquer des universaux, comme Giraf, Humain ou Phasme.

(2) Il peut servir à classifier et appréhender « des constituants de notre environnement rendu possible par le premier usage » (Chauvier 2010). Le second usage permet de créer une entité numérique, de passer du général au particulier, sans que ce particulier ne soit encore singularisé (cette girafe).

Sous ces deux usages, on retrouve deux opérations dont il est impératif de distinguer : l'individuation et l'individualisation.

- L'individuation désigne le passage transitif entre un universel et un particulier, ce qui correspond à la transition entre l'usage (1) et l'usage (2). Par exemple, passer de « du phasme » à « un phasme » (Chauvier 2010). L'individuation consiste alors à effectuer une instanciation, ce qui donne lieu à une entité numérique, pouvant s'appeler aussi une hénade. Sous cette opération, le concept d'individu provient de l'analyse de la forme à travers le concept d'*eidōs*. La forme est justement ce qui unifie des parties en une unité (Prévot, 2020, p. 64).

- Ensuite, pour passer de l'entité numérique (2) à une entité singulière (un ceci), il faut réaliser une individualisation. Par exemple, passer de « un phasme » à « ce phasme ». L'individualisation est alors une opération perceptive et contextuelle, elle donne lieu à une entité fermée sur elle-même. En d'autres termes, elle forme une monade. Dans cet usage transitif, l'individu est l'entité que l'on peut montrer du doigt et l'identifier comme un « ceci ». Il se conçoit à partir de la perception visuelle. Une entité est alors reconnue comme individu

grâce à la perception de nos sens. La définition de l'individu se construit à partir de ressemblances morphologiques repérées (Prévot, 2020, p. 64). C'est par la reconnaissance de l'*eidos* qu'il est possible de classer les unités en groupe. Mais c'est aussi par l'intermédiaire des sens qu'une forme peut être singularisée.

Ces deux usages du concept d'individu s'apparentent à l'application d'un zoom ou d'un dézoom lors d'une prise photographique. Dans le cas de l'hénade, l'entité ciblée se détache de son environnement sans pour autant masquer son fond, elle reste entourée d'autres sujets visibles. Cela revient à appliquer un zoom macro. En contrepartie, ses détails sont perdus. Pour le cas de la nomade, l'entité biologique se retrouve seule sur la scène, le fond est devenu très flou et il devient difficile d'identifier d'autres sujets. Cette opération s'apparente à un portrait photographique.

Notre proposition vise alors à produire une définition propice à effectuer une individuation qui amène facilement à réaliser une individualisation par les biologistes sur le terrain.

1.2 La compréhension traditionnelle du concept d'individu

Maintenant que nous savons comment utiliser le concept d'individu, il va être question de savoir comment différentes traditions définissent ce concept, pour ainsi saisir l'héritage du concept d'individu biologique. Penser les phénomènes de la nature ou encore décrire le changement des êtres signifie invariablement partir de l'individu.

À travers ces différents usages, il est possible de constater que l'individu est compris comme une entité spatiotemporellement délimitée qui existe par elle-même et possède ses propres caractéristiques, appelées propriétés intrinsèques (Prévot 2014, 322). De ce fait, l'individualisation nous fait alors perdre l'aspect de dépendance qu'entretient l'entité individualisée avec son environnement. Son indépendance ontologique et son unité forment une

frontière bien délimitée entre ce qu'il est et ce qu'il n'est pas. Ce qui suggère la nécessité de la définition à pouvoir facilement renvoyer à l'individuation.

La perte de la dimension environnement est en réalité le produit de deux manières traditionnelles de comprendre l'individu :

- La manière substantielle comprend l'individu comme un être unitaire, qui se fonde lui-même, dont les éléments étrangers ne peuvent l'atteindre. L'individu est alors ce que précède chaque propriété de l'être existant. Il précède son essence.

- La manière hylémorphique considère l'individu comme un produit de la rencontre entre une forme et une matière.

En examinant de plus près ces deux compréhensions de l'individu, il en ressort une absence de véritable alternative. En effet, toutes deux proviennent d'une même métaphysique qui comprend l'individu comme une entité composée de propriétés intrinsèques (essentiels) qui se suffit à elle-même pour exister. Il y a donc une équivalence entre ces deux positions : chacune d'elles a besoin de supposer un substrat pour assurer l'identité de l'objet à travers le temps. Mais aussi ces deux positions reposent sur deux éléments mystérieux : la substance et l'essence.

Par exemple, l'individu est ce qui perdure malgré les changements. Il est la part de l'être qui ne se modifie pas ; si elle se modifie, sa destruction en résultera. Ce qui fait que l'individu est identique à lui-même malgré les changements qu'il vit.

Toute pensée de l'essence et de la substance est donc un refus de fonder l'être sur autre chose que l'individualité, ce qui ne permet pas de descendre au niveau de l'individuation, donc à un usage pratique du concept d'individu. Or, l'usage pratique est l'un des objectifs que doit remplir une définition de l'individu en biologie.

Le concept d'individu n'est pas uniquement déterminé par les philosophes et les scientifiques, il se modifie aussi par l'usage quotidien qu'en fait le sens commun. L'usage quotidien définit l'individu comme une unité singulière, limitée dans l'espace et le temps et qui ne peut être répliquée (Godani, 2020, p. 1). Cette compréhension semble très similaire aux définitions substantielles et hylémorphiques de l'individu. Seulement, l'usage quotidien a également insufflé une dimension langagière : l'individu peut être perçu comme une unité grâce à la possibilité de le nommer par un nom propre. L'unité est alors au centre de la compréhension de ce qu'est un individu.

1.3 L'individu biologique

À l'origine dans les sciences de la biologie, le terme d'individu servait de synonyme à celui d'organisme. Ce dernier étant l'exemple paradigmatique d'une substance première et particulière. En effet, l'organisme est une entité clairement délimitée, numériquement une et qui possède une identité stable à travers le temps et l'espace. Pourtant, bon nombre de recherches contemporaines remettent en cause cette affiliation intuitive (Pradeu 2009, 100).

Cependant, la biologie moderne a renforcé la compréhension de l'individu comme substance en raison du déterminisme génétique et du concept de génome (Pradeu 2009, 352). En effet, le génome traduit la possibilité pour un organisme à s'auto-construire. Ce qui revient à rester dans l'individuation, donc à refuser de fonder l'individu sur autre chose que sur un essentialisme.

Or, un individu biologique se modifie grâce, à la fois, à l'intégration d'éléments exogènes et grâce à l'activité de ses composants. La perspective évolutionniste a justement permis de retravailler le concept d'individu en intégrant l'environnement dans son développement grâce à la mise en évidence de l'influence de la sélection naturelle. Seulement, dans cette perspective, le concept d'individu a fait place à celui d'unité de sélection.

Même avec les différentes propositions et définitions, il reste très difficile, pour un très grand nombre de cas, de dire où commence et où s'arrête une entité biologique. Et cette difficulté relève d'une importance cruciale en biologie, car l'un des objectifs fondamentaux des sciences est de « de proposer une description des individus « réels » qui peuplent le monde dans lequel nous vivons » (Pradeu 2009, 110).

2. Totalisation, désindividuation et l'essentialisme

Afin d'éviter les écueils de l'essentialisme, mais aussi de la totalisation désindividualisante, qui correspond à une conception trop faible de l'individu provoquée par une description de limites trop permissives, il va être question de présenter des lignes directrices qui vont guider notre raisonnement tout au long du développement.

Nous allons nous donner comme objectif d'arriver à conserver la singularité de chaque individu tout en intégrant l'environnement constitutif de l'individu. Cela en évitant une totalisation désindividualisante et une essentialisation. Seulement, cet objectif semble contradictoire avec le projet même de définition, car cette dernière a pour vocation de réunir sous une description un grand nombre d'entités. Ce projet est réalisable grâce à une articulation cohérente entre le particulier et le général, donc entre l'individualité et l'individualisation.

2.1 Éviter la totalisation

Présentement, il est possible de dire qu'un individu est un mode d'être réalisé par un particulier, qui s'exprime par un ensemble de réactions, phénomènes ou encore mécanismes dans un espace et une temporalité bien spécifique (Froidevaux-Metterie, 2021, p. 99). Plus précisément, et pour sortir de l'essentialisme et de l'attribution de propriétés inhérentes, chaque individu exprime, ou plutôt performe, une individualité à travers des actions bien particulières

et spécifiques, conditionnées par un contexte spatiotemporel. Ce contexte² va définir l'expression des individualités en les embrassant pour les considérer comme un collectif individualisé, mais pas encore singularisé. Pour réussir cette opération de singularisation sur le terrain, il suffira aux scientifiques de réaliser le même cheminement.

Ce ne sont pas des propriétés inhérentes et partagées, mais l'expression d'une individualité dans un contexte (contenant ses propres spécificités) pris ensemble qui permet de réaliser une définition de l'individu biologique. Les universaux sont simplement des manières d'être et non des propriétés universelles possédées et partagées (Simons, [1994] 2007, p. 74). La différence entre une individualité et un universel réside dans le fait qu'elle est une rencontre entre des caractéristiques et un contexte.

En résumé, situer ces individus dans leur contexte, c'est éviter de les ramener à une totalité désindividualisante. Car le milieu produit une pression individuante qui va s'exprimer à travers une multitude d'individus différents. Ces derniers vont à leur tour exprimer singulièrement leur individualité.

Éviter la totalisation devient possible en prenant en compte le contexte et les expressions singulières. Partir des propriétés partagées entre les individus pour déceler la forme générale de l'individu ne peut amener qu'à une totalisation désindividualisante. C'est pourquoi nous allons surtout utiliser le terme de « caractéristique » exprimée dans un contexte précis.

2.2 Éviter l'essentialisme

L'individualité qu'exprime une entité se comprend comme une réaction et une réponse envers la pression qu'exerce le contexte sur elle. Elle n'est pas un ensemble de propriétés

² Le contexte auquel nous faisons référence peut être compris comme le milieu ou l'environnement de l'entité biologique. Il sera ensuite traduit par la notion d'échelle dans la suite du travail (chap 3).

partagé avec d'autres entités (Froidevaux-Metterie, 2021, p. 95). Par exemple, la fusion symbiotique entre un champignon et une algue formant un lichen est produite par un environnement hostile.

La compréhension de l'individu comme la rencontre entre une entité et son contexte nous permet d'éviter à la fois de postuler une essence de l'individuation partagée et à la fois de s'écarter de la notion de ressemblance et d'universaux (relationnels ou de propriétés).

S'écarter de l'essentialisme entraîne comme conséquence épistémologique de pouvoir prendre en compte une multitude de phénoménologies. Considérer la phénoménologie d'une entité nous ouvre la possibilité de prendre en compte ses propres représentations, en effet, elle est avant tout une entité biologique incarnée. Et à la fois cette considération nous permet de prendre en compte les pressions qu'exerce le contexte sur l'entité biologique. La représentation est donc à comprendre comme l'intériorisation de son contexte, elle sera ensuite exprimée dans un panel d'expressions possibles (comportemental, action, représentation, etc.).

Introduire la notion d'incarnation dans notre compréhension de l'individu biologique nous permet tout simplement de faire référence à une entité individuelle conditionnée par son contexte (global) et par ses interactions avec d'autres individus (local). Tout en répondant et réagissant à ses conditionnements et ses interactions d'une manière singulière. Ces phénomènes sont perçus intuitivement comme une liberté propre à l'individu biologique (Froidevaux-Metterie, 2021, p. 96). Une individualité est alors le résultat d'une communication entre l'universel et un particulier et inversement, donc entre l'individuation et l'individualisation. Elle est toujours une entité incarnée.

En résumé, une individualité comprise comme relation offre la possibilité de saisir la pluralité des manières de performer l'individu biologique sans tomber dans une essentialisation et une

totalisation. Cela grâce à l'évitement de descriptions par additions de propriétés. Cette accumulation échouerait à exprimer la manière dont chaque entité biologique est individualisée.

3. *Notre cadre métaphysique*

Pour construire une définition qui éviterait les écueils de l'essentialisme et de la totalisation désindividualisante, il est nécessaire de prendre comme appui un cadre métaphysique spécifique. Dans ce travail, nous allons prendre comme base une métaphysique de la relation qui prend du recul vis-à-vis de la métaphysique de la substance et de l'essence. Notre choix se porte sur une métaphysique qui prend comme objet ontologique principal la relation. Ce choix se justifie par sa plus grande fécondité, surtout dans un contexte de recherche se situant dans la discipline de la biologie. En effet, les différents mondes biologiques portent comme caractéristiques essentielles d'être en relation. Ce cadre métaphysique est alors celui du réalisme structural.

C'est une position ontologique qui décrit le monde et ses composants par des structures redondantes ou partagées. Très simplement, les objets décrits dans cette ontologie sont des nœuds relationnels positionnés dans une structure relationnelle. La structure qui émerge de ses relations à une existence ontologique identique aux relations qui la constituent.

Le réalisme structural sur lequel nous nous appuyons est celui construit par French et Ladyman. Ces derniers se sont basés sur les arguments de Worrall afin de proposer une perspective non pas épistémique, mais ontique du réalisme structural. Ils ont élargi la notion de structure mathématique de Worrall pour y inclure la structure de la théorie des groupes, ce qui donne une ontologie composée de structures relationnelles (French, 2011, p. 164). Le réalisme structural ontique définit une structure comme « *un filet de relations physiques concrètes entre des objets*

qui n'ont besoin d'être rien de plus que ce qui est relié par ces relations [en italique dans le texte] » (Barberousse, 2011, p. 156).

Pour décrire simplement l'ontologie du réalisme structural ontique, les relations sont les éléments primitifs de la réalité. Les objets ne sont que des dérivés des structures que les relations composent. De ce fait, l'OSR (*ontique structural realism*) affirme que seule la structure existe au niveau fondamental (Ruyant, 2016). Une structure se définit uniquement par les relations qui la constituent et non par des propriétés qu'elle possède.

Cette ontologie s'écarte d'une réalité chosiste, composée de choses, pour présenter une réalité unitaire, qui se compose d'un champ ou une fonction d'onde, dont des individus vont se localiser à certains endroits grâce à un environnement propice et une rencontre avec un observateur (Carfantan, 2017, p. 105).

Avec l'intrication quantique, French et Ladyman ont démontré que certaines relations sont aussi fortes ontologiquement que des objets. De ce fait, aucun n'est vraiment primaire ou secondaire par rapport à l'autre. Il n'y a pas besoin de relata, donc d'objets. Ils soutiennent que tout ce qui existe dans le monde est structure (Esfeld, [2012] 2021, p. 310). Chaque objet, ou point dans la structure, est un composé de relations différentes, et c'est à partir de cette caractéristique qu'il est possible de construire leur singularité. French et Ladyman continuent d'utiliser le concept d'objet pour correspondre à l'expérience commune et pratique. Cependant, les objets individuels restent des constructions méthodologiques employées à but heuristique.

Pour résumer, le choix de cette position ontologique se base sur deux de ses caractéristiques. (1) Une même structure se retrouve à chaque échelle. Le réalisme structural vise à décrire le monde et ses composants par des structures formelles redondantes ou partagées. Les objets, ou plutôt les nœuds relationnels, correspondent à des positions au sein d'une structure (Frenche, 2011, p. 166). La relation symétrique se trouve à la base du réalisme structural ontique par une

redondance de structures. Ainsi, le report de structures que met en avant l'OSR traduit un agencement structurel propre à la structure vivante que l'on retrouve à plusieurs niveaux (micro, macro, éco, etc.), c'est la raison pour laquelle des conflits entre les théories se produisent et sont comparables au pluralisme dont nous avons fait référence plus haut.

La seconde caractéristique (2) correspond à une ontologie qui n'accepte que l'existence de relations, c'est pourquoi les entités sont exprimées en termes de structures (Esfeld, [2012] 2021, p. 310). La structure physique correspond à « un réseau de relations physiques dont l'instanciation ne requière pas d'objets sous-jacents possédant une identité intrinsèque, c'est-à-dire une identité indépendante de ces relations » (Esfeld, [2012] 2021, p. 310).

Ces deux caractéristiques proviennent d'un héritage mathématique et permettent de dire que chaque individu est lié par des relations de symétrie qui ne se réalisent par aucune propriété intrinsèque. Le report de structure est appelé intrication, qui est une superposition de formes des structures présentes dans chaque branche de l'univers (Esfeld, [2012] 2021, p. 325). L'intrication est un concept qui a son importance dans la définition de l'individu biologique, car elle est à la base de la difficulté de l'identification d'un individu.

Cette perspective métaphysique nous permet de pallier les difficultés que rencontrent la substance, les universaux et l'essentialisme (Simons, [1994] 2007, p. 79). Par exemple, elle nous permet d'identifier deux sphères parfaitement identiques dans un univers hypothétique dans lequel il n'existe qu'elles, cela grâce à la possibilité de les singulariser par les relations qui les composent. De ce fait, le cadre métaphysique du réalisme structural est tout indiqué pour individuer les entités en biologie.

Ainsi, notre choix de cette métaphysique repose sur une volonté d'inclure les multiples intrications qui caractérisent le monde biologique. En constatant les difficultés qu'apportent les définitions qui se construisent sur une base substantielle et/ou essentialiste, il semblait

important d'utiliser un tout autre cadre métaphysique pour construire une définition de l'individu biologique efficace pour identifier les entités comme telles.

II. Les définitions philosophique et biologique de l'individu

Pour savoir reconnaître quelle entité peut être qualifiée d'individu biologique, nous allons dans un premier temps nous tourner vers deux définitions minimales, l'une philosophique et l'autre biologique, qui vont présenter les principaux critères que doit présenter une entité pour être qualifiée d'individu et d'individu biologique. Mais surtout, elles vont nous permettre de comprendre les différents éléments que contient chaque critère en les disséquant. L'efficacité de ces définitions est mesurée par leur capacité à s'appliquer à des situations concrètes et variées pour pouvoir identifier un individu biologique dans un environnement donné. Cet examen va nous permettre de mettre en évidence pour quelle raison il est difficile de désigner de manière certaine les entités à identifier comme étant des individus biologiques.

Avant toute chose, un petit point lexical doit être abordé. Le terme organisme ainsi que celui d'entité ne sont pas des synonymes d'individu. L'entité décrit plutôt une protubérance qui émerge du tout non individualisé (l'environnement), elle décrit juste le stade entre le tout et l'individu. Lorsque le terme d'entité est alors utilisé, c'est pour désigner cette structure qui n'est pas encore identifiée. Quant à la notion d'environnement, il désignera un tout indifférencié, composé d'une multitude d'entités qui entoure l'individu biologique.

Prenons en premier lieu deux définitions minimales du type lexical³ : l'une portant sur l'individu philosophique et l'autre sur l'individu biologique. Cela va nous permettre d'immédiatement saisir les spécificités de l'individu biologique vis-à-vis de l'individu

³ Distinction par l'usage contemporain des termes qui la compose.

philosophique. Mais surtout, cette exposition va mettre en lumière les différents critères qui les composent.

(1) En philosophie, un individu est un être « qui forme *une unité distincte de tout autre chose* et qui ne *peut être divisé sans être détruite* » (Individu, s.d.).

(2) En philosophie de la biologie, il se définit comme un être vivant « doté *d'une unité et d'une autonomie relative par rapport à son milieu* » (Individu, s.d.).

Commençons simplement par une première analyse de surface. Il est possible de dire que le concept d'individu des définitions philosophique et biologique hérite de l'analyse de la forme à travers le concept d'*eidos*. La forme est ce qui unifie des parties, elle individualise l'unité qui en résulte (Prévot, 2020, p. 64). L'individuation passe donc par l'établissement d'une forme qui regroupe des agrégats en une unité. L'individu se reconnaît et se distingue par sa forme unitaire reconnaissable et distinguable des autres entités, cela malgré les changements qu'il subit. Pour faire simple, l'individu est l'entité que l'on peut montrer du doigt et l'identifier comme un « ceci » grâce à une individualisation.

En d'autres termes, un individu est une entité que l'on peut désigner par référence démonstrative (l'aspect logique). Cette démonstration permet de faire référence à une entité bien précise, présentant des frontières claires et une unité manifeste (Prévot, 2020, p. 65). L'individu est ce que l'on peut compter ou pointer du doigt, ce qui démontre pourquoi ce concept a une importance en biologie, par exemple pour le référencement des populations.

Ainsi, la définition philosophique (1) est très influencée par le langage et surtout les sens : l'individu se conçoit à partir de la perception visuelle. Une entité est alors reconnue comme individu grâce à la perception de nos sens. La définition de l'individu en biologie (2) se construit à partir de ressemblances morphologiques repérées, comme la *mêmeté* qui traduit la capacité de l'entité vivante à rester identique à elle-même malgré le changement (Prévot, 2020, p. 64).

Effectuons maintenant une analyse éclairant les différents critères employés dans chacune d'elles. Il semble que ces deux définitions ne réfèrent pas à la même entité ou au même phénomène, alors qu'en examinant les termes, il est possible de constater une similarité. Rattaché au concept d'unité, le concept d'« autonomie » de la définition de la biologie (2) a une correspondance avec le terme « distinct » de la définition philosophique (1). L'autonomie réfère à la capacité de pouvoir se passer d'autres choses que de soi-même pour exister, ce qui marque une distinction avec son milieu. Ensuite, en biologie, le terme « relatif » associé à l'autonomie traduit une autonomie qui n'est pas totale comme le serait une nomade, l'individu biologique compte sur l'apport de son environnement pour perdurer. La distinction semble alors être un premier critère que l'on constate comme étant récurrent entre ces deux définitions.

La présence du terme d'« unité distincte » dans la définition philosophique (1) renvoie à deux caractéristiques : celle de la singularité et celle de l'unité. C'est par ces caractères d'unification et de singularité qu'une entité se distingue de son environnement. La distinction engendre la différence entre une entité et son environnement, qui produit une unité de l'entité différenciée. La question de savoir comment l'unité se fonde relève de la méréologie : quelles entités se comprennent comme partie et lesquelles se comprennent comme un tout ? Le tout étant la totalité composée de ses parties, dont cet ensemble forme une unité. Comme on le perçoit, l'unité se construit aussi par la frontière qui, elle, délimite ce tout avec les autres tous situés à la même échelle ou au même niveau ⁴. Un individu biologique est donc toujours mis en rapport avec ce qui l'entoure, extérieurement comme intérieurement. Ainsi, l'unité renvoie à la fois à la liaison qui unifie des parties entre elles, ce qui donne un tout et une unité. Quant à la singularité, elle renvoie à la notion de distinction.

⁴ Le niveau réfère au niveau d'organisation qui traduit une organisation hiérarchique dont les unités les plus basses composent les unités plus hautes. L'échelle ici réfère à l'ordre de grandeur dans lesquels se situent ces différents niveaux d'organisations.

Il est toujours possible de distinguer deux entités biologiques. La forme ou/et le comportement de chaque entité présente une particularité permettant de la distinguer d'autres entités analogues. En mettant en relation la distinction de l'individu avec son unification présente dans un espace-temps limité, un nouvel approfondissement s'ouvre à nous et entraîne une implication sur la définition de l'individu biologique qui concerne la singularité. En effet, si une entité se distingue par l'unification de son environnement, il est possible de dire qu'elle est singulière. La singularité traduit la distinction qu'opère l'entité biologique afin d'être identifiée comme un individu. Pourtant, la singularité implique une autre dimension que celle de la distinction. L'implication se trouve être l'existence nécessaire de cette entité précise ; sa place dans son système ne peut être remise en question. Être distinct permet de ne pas remettre en cause la présence de cet individu en ce lieu et temps, car aucun autre individu ne pourrait l'occuper en reproduisant à l'identique les mêmes fonctions. On constate que la notion de fonction⁵, grandement utilisée en biologie, s'associe à la singularité : cet individu a un rôle, une fonction dans ce lieu et ce temps grâce à ses caractéristiques singulières qui le mettent dans des relations singulières et uniques avec son environnement. Ainsi, aucun autre individu ne pourrait occuper sa place et son rôle, on ne peut donc douter de son existence. Le critère de la singularité absent de la définition philosophique semble alors être rattaché à l'objet spécifique de la biologie.

La singularisation est l'une des spécificités des entités biologiques : engranger de l'information, la traduire et l'exprimer sous des termes différents. Chaque entité va alors entrer en contact avec des informations différentes modifiant leur être par rapport à leurs analogues. L'espace et le temps dans lesquels apparaît une information la modifient légèrement lorsqu'une entité entre en contact avec. Mais est-ce que la singularité est une caractéristique pertinente à retenir dans le contexte de la discipline de la biologie ? Il devient difficile de la soutenir, car le monde

⁵ C'est de la fonction téléologique dont nous faisons référence ici. Elle traduit un type d'explications qui décrit les actions d'une entité par leur finalité. Par exemple, le but explique ce comportement (Neander, 2021, p. 177).

biologique entier se compose de singularités : tout est singulier, et aucune entité n'est parfaitement identique à une autre. De ce fait, la singularisation semble alors ne pas être une caractéristique intrinsèque de l'entité en question, mais le fruit d'une multitude de modifications environnementales, qui au fil de l'accumulation qui se produit au cours des générations, des singularités apparaissent de manières plus marquées.

D'un point de vue épistémique, la singularité apparaît également par le langage et son acte de référence par un nom général, comme avec l'individuation. Dans ce cas-ci, la singularité n'appartient plus à l'entité comme caractéristique pouvant devenir un critère de la définition de l'individu biologique, mais le produit du point de vue de l'observateur. Cette singularité désigne, non pas un élément possédé par l'entité, mais un facteur extrinsèque qui entre en rapport avec l'entité, par un acte de désignation (Godani, 2020, p. 1). La caractéristique de la singularité relève de la rencontre physique, empirique, ou encore directe entre un sujet et un objet qui a pour intermédiaire le langage (ou un autre outil épistémique). Ainsi, la singularité n'est pas à prendre en compte dans la définition de l'individu biologique.

Quant au critère de la distinction, il permet d'inclure à la fois la séparation que forme l'entité biologique avec son environnement et une différenciation avec ce dernier. De plus, avec ce développement, on constate l'importance des notions de relation et de communication qui se jouent entre les différentes entités biologiques. Les critères de l'unité et de la distinction semblent importants en raison de leur récurrence à la fois dans les deux définitions et dans notre explication des termes.

La distinction de l'individu décrite jusqu'ici provient surtout de la rencontre entre l'entité et son environnement. Néanmoins, le développement (l'ontogenèse) de l'entité en question ne doit pas être négligé. À travers l'idée de développement, notre point de départ commence aussi à partir de la notion d'individu, traduisant l'idée d'une entité singulière, qui ne peut et ne pourra pas être répliquée. Le développement propre à elle s'exprime par une perdurance de soi, être

identique à soi-même malgré son développement (le changement), se traduisant par le terme « mêmeté ». Cette notion permet d'expliquer ce qui perdure dans l'entité malgré les changements, et ce qui peut se modifier en elle sans lui faire perdre son individualité et son identité⁶. Le lien entre distinction et mêmeté nous permet de constater l'intrication de chaque critère des définitions philosophique et biologique.

Continuons l'analyse des deux définitions. Dans la définition philosophique (1), il semble y avoir une partie supplémentaire par rapport à la seconde : « ne peut être divisé sans être détruit ». Pour mieux comprendre ce point, il faut ajouter un morceau absent de la définition pour la compléter : un individu ne peut être divisé sans être détruit *sauf si cette division donne deux parties du même type que l'unité*. Voyons comment cette partie de la définition serait traduite en biologie à l'aide de deux exemples. Avec l'animal cette définition fonctionne relativement bien : découper un chat en plusieurs parties ne donne pas une multitude de chats. Mais quand est-il, par exemple, pour les végétaux ? Découper une branche donne potentiellement un nouvel arbre si une transplantation est réalisée. C'est la non-spécialisation des cellules végétales qui permet de réaliser cette division en deux arbres, mais dans un contexte bien particulier.

Juste avec cet exemple, on constate que l'environnement est un ingrédient important pour construire une définition de l'individu. Pour reprendre le cas de la branche, son individualité va dépendre de son milieu : si elle est replantée dans la terre, alors elle devient un petit arbre identique à l'unité dont elle s'est vue séparer, de ce fait, cette branche qui avant était une partie, peut maintenant être considérée comme un individu. Mais si elle est laissée posée sur le sol, alors elle reste un morceau de branche, une partie détachée de sa totalité sans pouvoir être

⁶ L'identité n'est pas considérée comme synonyme d'individualité, car elle réfère à la sorte d'être à laquelle appartient une entité en question. L'identité inclut l'individualité sans que ce ne soit réciproque, et sans qu'un réductionnisme s'opère au profit de l'identité.

considérée comme un individu. Ainsi, cette caractéristique de l'individu philosophique (1) est applicable dans certains cas ou contexte en biologie, c'est l'une des raisons de son absence dans la définition (2), elle est trop circonstancielle.

Cependant, le concept d'unité est aussi inclus dans le second aspect de la définition philosophique « ne peut être divisée sans être détruit », qui implique une continuité spatiotemporelle et une limitation dans l'espace et le temps. Ce qui fonde des frontières physiques, spatiotemporelles entre l'entité et son environnement. Car l'impossibilité d'une division signifie qu'un tout est complet, donc fini et fermé sur lui-même. La caractéristique de la limite spatiotemporelle traduit une frontière qui sépare deux milieux (relativement) autonomes l'un de l'autre. Cette frontière a pour rôle de séparer deux mondes : l'intérieur (celui de l'individu regroupant ses parties mises en relations) et l'extérieur (son environnement l'entourant). Et elle participe à l'autonomie de l'individu biologique en permettant à son intérieur de limiter ses contacts et ses relations de dépendances avec l'extérieur.

Une autre dimension apparaît dans la définition philosophique (1), « être une unité » décrit une manière d'exister ; alors que dans la définition de la biologie (2), c'est un attribut : « un être vivant *doté* d'une unité et d'une autonomie ». L'usage de la propriété d'être unifié et autonome dans la définition de la biologie traduit une méthodologie mécaniste qui emploie la dissection et l'abstraction des différents éléments pour mettre en évidence leurs relations. C'est une explication, alors que pour la définition philosophique, c'est une compréhension.

Grâce à cet examen comparatif des définitions de l'individu et de l'individu biologique, les critères⁷ suivants se retrouvent dans chacune d'elles : *l'unité* (parties associées qui forment un tout), la *distinction* (délimitation spatiotemporelle entre deux milieux interne et externe),

⁷ Un critère réfère à une caractéristique de l'entité ; une caractéristique relève de l'ontologie, alors que le critère relève de l'épistémologie. Lorsqu'on dit qu'une entité doit posséder ces critères, cela fait référence aux caractéristiques qu'elle doit manifester pour que ces critères lui puissent correspondre.

l'autonomie (assurée par des fonctions et mécanismes internes) et la *fonction* (rôle dans un lieu donné qui assure son unification et sa distinction). Ces critères vont possiblement se modifier au cours du développement. Il est donc possible de dire que la définition de l'individu est : une entité dotée d'une unité, d'une distinction, d'autonomie et de fonctions.

Actuellement, ce sont les critères minimaux pour qualifier une entité d'individu biologique. La différence entre un individu et un individu biologique se situe dans la description d'une entité vivante qui produit une autonomie grâce à la mise au jour des mécanismes et fonctions qui lient les parties. L'unité qui en résulte construit une frontière et des ponts pour interagir de manière limitée et contrôlée avec son environnement extérieur. Mais aussi, l'individualité dans la biologie est un mode d'être contextuel, comme le suggérait la définition biologique avec l'unité.

Plusieurs idées sous-jacentes se trouvent dans le paragraphe précédent. Il semble que les questions ontologiques sont fondues dans les questions épistémologiques (Godani, 2020). Plus précisément, la question de l'individu (qu'est-ce qu'un individu ?) passe par la question de sa définition (comment se définit un individu). En d'autres termes, on constate un phénomène ontologique qui résiste ou échappe en partie à nos outils épistémiques, ce qui traduit une nécessité de les ajuster, permettant un accès plus détaillé ou pertinent à la réalité. Ce qui fait qu'une entité est un individu (ontologie) se répond en passant par la question de l'accès à la connaissance de ce qu'est un individu (épistémique) (Gracia, 1988). La question de l'individu démarre par l'épistémologie (sa définition) pour produire un discours sur l'ontologie (l'individu). C'est pourquoi il devient nécessaire de tester ces critères issus des définitions minimales sur des cas concrets.

III. Application des critères

Examinons si ces critères de la définition de l'individu biologique minimale se retrouvent dans les entités vivantes à travers trois exemples : l'humain (exemple paradigmatique de l'individu), les diables de Tasmanie (exemple d'un animal en apparence facilement individualisable) et le peuplier faux-tremble (exemple atypique d'un individu biologique).

L'exemple paradigmatique de l'individu biologique reste l'humain, car le concept philosophique d'individu s'est tout d'abord construit sur le concept de citoyen. Pour se resituer dans une perspective biologique, chaque entité humaine est clairement distinguable des groupes dans lesquelles elle peut se retrouver grâce à son autonomie qui se manifeste à travers son métabolisme et son agentivité. Son métabolisme présente un grand nombre de mécanismes qui lie et régule les parties qui le composent, ce qui donne lieu à une unité autonome. La distinction devient le produit de l'autonomie et de l'unité qui constituent l'individualité de l'humain en créant une discontinuité spatiale avec son environnement externe.

On constate que l'application de la définition de l'individu à l'humain se construit holistiquement, si l'un des critères venait à disparaître, les deux autres s'écrouleraient, ce qui fait échos à l'organisation d'un individu biologique. C'est pourquoi l'unité est liée à l'autonomie et est rendue possible par la distinction, et la distinction est liée aux deux autres : sans distinction pas d'unité et d'autonomie, mais la distinction a besoin de l'autonomie pour être alimentée et maintenue. Un autre élément intéressant émerge de cette définition, c'est une composition en niveaux : les critères décrivent des phénomènes qui se composent de mécanismes multiples.

Sans surprise, chaque entité humaine se conçoit aisément comme un individu biologique en raison de la présence de chaque caractéristique que ciblent les critères de la définition. Même si, comme nous allons le voir, il existe certains phénomènes qui brouillent une telle

individuation, comme la place de la technique qui reproduit les fonctions des organes internes pour les extérioriser en les amplifiant. Ou encore l'influence des groupes sur l'individu, comme les foules qui brouille son autonomie.

Concernant la technique comme organe externe, le changement d'échelle que produit le passage d'un organe organique à un organe technologique est à l'origine de cette amplification, respectant les lois d'échelles de la nature (Séon, 2018). Cela provoque un élargissement des frontières de l'individu humain, ne les limitant plus à l'organisme, mais intègre une partie de son environnement. Concernant la foule, le comportement de chaque organisme ne devient plus qu'une particule parmi les autres, dont l'ensemble manifeste des comportements spécifiques. Les institutions ou les mouvements de foules sont de bons exemples de groupe humain pouvant s'individualiser.

Pour résumer, la définition de l'individu biologique est parfaitement bien adaptée pour désigner l'humain. L'individualité semble coïncider avec l'organisme dans ce cas-ci. Mais comme le laisse supposer la petite objection, la correspondance ne fonctionne que si on restreint l'individu humain à une définition du soi citoyen (autonome, unité, distingué). Mais dès que l'on interroge ce qui fait partie de l'entité humaine (la technique ou encore les groupes), l'utilisation des critères de l'autonomie, l'unité et de la distinction commencent à montrer leur limite, car on ne sait plus quel niveau privilégier. On pourrait tout simplement en rester à l'aspect biologique : l'individu biologique humain coïncide avec son organisme et les limites corporelles incarnées par la peau. Mais encore une fois, les aspects culturels entrent dans les spécificités de l'organisme (par exemple, la fonction digestive peut être extériorisée par la pratique de fermentation d'aliments ou de cuisson), ce qui revient à l'extériorisation de la fonction de certains organes. En effet, la culture fait partie intégrante de la biologie et inversement, cette dichotomie n'est qu'une construction sociale. Il semble alors que même chez l'entité humaine, la définition de l'individu semble ne pas réussir à tracer un portrait exact de l'individualité

humaine sans écarter certaines dimensions nécessaires de son existence qui participent à la construction initiale de son individualité et à son maintien. On commence déjà à être tenté d'introduire de nouveaux critères plus spécifiques, comme l'identité génétique, pour soutenir la coïncidence entre organisme et individu. Ce qui laisse supposer une insuffisance de la définition minimale.

Le second exemple porte sur le Diable de Tasmanie. En tant qu'animal, il présente des mécanismes métaboliques similaires à l'humain, comme l'autonomie, l'unité, les limites spatiotemporelles, etc. Mais ce qui fait l'une des singularités de cette espèce, ce sont les caractéristiques de la distinction et de l'unité. Comme nous l'avons vu, en unifiant le tout par une séparation entre l'intérieur et l'extérieur, la distinction permet également de distinguer ce qui fait partie de l'individu de ce qui lui est étranger. De ce fait la distinction n'est pas seulement réalisée par des mécanismes bien visibles comme la peau, elle se manifeste aussi par d'autres types de mécanismes métaboliques, comme l'inclusion et l'exclusion réalisées par le système immunitaire. Aucune partie étrangère ne peut intégrer l'unité, ce qui maintient la distinction et l'unité de l'entité biologique.

La singularité du diable de Tasmanie se situe au niveau de sa frontière réalisée par son système immunitaire. D'ordinaire, il produit une distinction entre le soi et le non soi, même chez les entités de la même espèce. Son système immunitaire est néanmoins très permissif, au point où des cellules cancéreuses peuvent être transmises d'un organisme à un autre par simple morsure. Leur système immunitaire ne fait pas la différence entre les organismes séparés spatialement, comme si ce n'était qu'un immense organisme réparti sporadiquement dans l'environnement. Alors que la fonction de ce système est justement de faire la distinction entre les parties de l'organisme et le reste de l'environnement, pour maintenir son unité. On serait en droit de se demander si la population entière ne deviendrait-elle pas une sorte de « soi » (avec des conséquences catastrophiques pour l'espèce). Ainsi, l'individu ne se situerait pas plutôt au

niveau de l'espèce ou du groupe en raison de ses échanges de parties (tumeurs) ? Est-ce que chaque organisme est une partie d'un phénotype étendu ? L'individualité n'est alors pas nécessairement corrélée à l'organisme.

Mais malgré ce qu'induit la spécificité de ce système immunitaire et pour conserver une affinité avec nos intuitions communes de ce que devrait être un individu, si on en reste à la définition minimaliste, l'individualité pourrait être assurée par plusieurs autres critères. Pour que le diable de Tasmanie soit l'individu et non l'espèce, il faudrait uniquement s'appuyer sur les critères de la séparation physique, l'autonomie de l'organisme et l'unité physique. Pourtant, la singularité est une partie de ce qui constitue la distinction de l'individu, or, l'individu semble se situer à un autre niveau.

C'est une révélation très importante : même si les critères sont intriqués les uns dans les autres, ils peuvent faire apparaître une individualité à des niveaux différents. Les critères ciblent des caractéristiques réalisées par des mécanismes, mais ils semblent trop généraux pour pouvoir individuer avec précision.

Examinons le dernier exemple, celui du peuplier faux-tremble (*Populus tremuloides*) pour constater si la généralité des critères présente effectivement des limites trop grandes lorsqu'ils sont appliqués à des entités très différentes de l'individu des définitions philosophique et biologique.

À première vue, il semble que l'individu biologique correspondrait à l'arbre : il présente une autonomie, une unité, une distinction visible vis-à-vis de ses homologues et une frontière spatiotemporelle claire, même si ses racines restent cachées. Néanmoins, lorsqu'on s'intéresse à son mode de propagation, l'ensemble de ces critères se voit ébranlé. Le peuplier faux-tremble réalise de manière classique un mode de propagation sexué, analogue à celui de l'animal. Mais l'une de ses singularités (par rapport à l'animal) réside dans son mode de propagation qui peut

être aussi asexué. Il se réalise par la formation et la propagation de stolons. Un stolon est une tige rampante qui s'éloigne de sa source pour donner forme à un nouvel arbre appelé ramet. Chaque ramet est alors relié et connecté par un système racinaire à sa source-mère et à l'ensemble des autres ramets, formant un superorganisme appelé genet (la forêt de faux-tremble) (Annexe 1). Ce qui veut dire que chaque ramet est une partie du genet.

On constate que la distinction et l'unité du ramet (l'arbre) ne sont pas si claires et précises qu'elles devraient pour servir de critères d'individuation. Le critère de l'autonomie est également mis à mal, les stolons transmettent les ressources puisées à différents endroits de la forêt pour les redistribuer aux ramets qui rencontrent un sol pauvre en nutriments, ce qui rend chaque arbre/partie dépendant de cette connexion. La propagation clonale permet au genet de se dupliquer théoriquement indéfiniment, ce qui lui confère une immortalité potentielle. Pour qu'il meure, il faudrait que l'ensemble de l'organisme, les ramets et ses stolons, disparaissent en même temps. Ce qui ne permet pas d'établir une distinction (limite) spatiale et temporelle.

L'écorce pourrait être une frontière spatiale. Le ramet et la limite formée par l'écorce pourraient s'apparenter à celle qu'établit la peau d'un doigt de la main. Mais la connexion racinaire avec l'ensemble du genet démontre une absence de limite spatiale entre chaque arbre, ils sont physiquement reliés les uns aux autres. Une autre spécificité, qui cette fois-ci est partagée par un grand nombre de végétaux, dont le faux-tremble, est l'intrication inter-espèce, au niveau des racines. On constate une symbiose avec des champignons, créant un organe hybride appelé rhizome. Les diverses espèces de champignons sont tellement ancrées dans les cellules de l'arbre. Elle devient difficilement distinguable du végétal hôte. De plus, cette symbiose est fondamentale pour leur survie mutuelle grâce à l'apport de minéraux provenant du champignon et l'apport de sucre distribué par l'arbre grâce à sa photosynthèse (Selosse, 2017). La connexion rhizomique ne se limite pas au ramet et son (ses) champignon. Ce dernier met en relation chaque ramet de peuplier faux-tremble avec les autres espèces végétales et fongiques de la forêt.

L'autonomie, l'unité et la distinction nécessitent un remaniement lorsqu'on les applique à des entités qui diffèrent grandement du modèle animal.

Si on souhaite défendre l'arbre en tant qu'individu, il faudrait s'axer sur son autonomie potentielle vis-à-vis du genet. En effet, l'arbre contient en lui tous les mécanismes nécessaires pour assurer sa survie sans connexion avec le groupe. Quant au rhizome, les champignons pourraient être considérés comme un autre individu si on utilise le critère de l'identité génétique et celui du goulot d'étranglement qui sont spécifiques à la discipline de la biologie : le champignon est extérieur au développement embryonnaire de l'arbre. Le rhizome peut aussi être perçu comme une partie, à l'instar d'un organe qui se développe tardivement dans la croissance de l'arbre. Même à travers l'ajout de ces critères et tout comme avec le cas du diable de Tasmanie, on trouve une nouvelle fois une difficulté à individuer avec certitude. Mais aussi, il nous a été nécessaire d'utiliser d'autres concepts issus de la biologie absents de la définition minimale. Ce qui atteste l'inadéquation de la définition minimale de l'individu biologique.

Les spécificités du faux-tremble ne sont pas uniques, elles se retrouvent chez un grand nombre de végétaux. Ce qui démontre que la définition minimale de l'individu biologique, aidée de certains autres critères que nous allons détailler, ne fournit pas des critères suffisants, voire nécessaires, pour qualifier une entité d'individu biologique.

Donc, la définition minimale de l'individu biologique montre ses limites trop rapidement pour pouvoir être conservée. Car en l'utilisant, on se retrouve avec une pluralité de niveau de l'individu, sans savoir lequel prioriser ou choisir. Il faut aussi se demander si les critères d'autonomie et de distinction sont encore pertinents aujourd'hui avec les avancées de la biologie, comme la mise en avant des relations symbiotiques dans l'ontogenèse d'une entité. Pour le moment, la définition minimale nous apparaît principalement adaptée à individuer un animal qui présente des conditions d'existences similaires à celles de l'espèce humaine, si bien

entendu on accepte implicitement une correspondance entre individu et organisme (Clarke, 2012).

Deux constances du monde biologique se remarquent à travers toutes les limites de la définition minimale que nous avons pointées à travers ces exemples, ce sont celles de l'intrication et d'interdépendance que la définition ne considère pas, et qui pourtant permettent d'identifier un individu.

L'intrication désigne simplement l'entremêlement hiérarchique des différentes entités biologiques entre elles, comme les intrications entre les cellules formant un organisme, ou les différentes espèces d'un environnement formant un écosystème. Cette limite désigne la difficulté de reconnaître ce qui est une partie de ce qui est un tout. Le tout est l'entité biologique qui peut être individuée, et non une partie. Ce que l'intrication désigne, c'est l'organisation hiérarchique du vivant, c'est alors une intrication verticale qui est ciblée. La relation entre les ramets et le genet illustre très bien ce qu'est l'intrication verticale.

L'interdépendance traduit la nécessité d'être dans cette relation d'intrication cette fois-ci horizontale avec d'autres êtres vivants, qui peuvent être homologues ou différents. Cette limite démontre la difficulté de ne pas abstraire l'individu biologique de son environnement qui le fait exister. La définition devra alors permettre de rendre compte de cette interdépendance, sans tomber dans une indiscernabilité. La connexion entre les différents arbres traduit cette intrication horizontale.

La pluralité d'individu possible qui apparaît avec la définition minimale nous laisse présager que les critères essentiels qu'elle a dégagés ne suffisent pas pour identifier clairement et distinctement un individu biologique. Cela en raison de la nature intriquée du monde biologique. Seulement, la biologie propose un bon nombre de définitions qui offre la possibilité d'individuer. Cependant, et nous allons le voir ultérieurement, ces définitions constituent une pluralité

d'individus, ce qui entraîne une absence de consensus sur un niveau paradigmatique de l'individu, ou sur les critères composants une définition.

IV. Définir l'individu biologique : les limites

La définition minimale de l'individu biologique avait normalement comme force de proposer des critères suffisamment généraux pour embrasser les mécanismes qui caractérisent les individus biologiques et que les différentes perspectives en biologie avaient décrits. Pourtant, il semble que lorsqu'on développe les mécanismes sous les critères, il n'est plus possible de s'accorder sur une définition générale de l'individu. Ce que les exemples nous ont permis de mettre en évidence, c'est que l'individu peut se trouver à de multiples échelles en s'y instanciant différemment. Nous nous situons dans un problème appelé « le problème focal » qui réfère à la difficulté de savoir à quel niveau se trouve l'individu biologique. Ou plus justement, le problème focal traduit la difficulté à réaliser un découpage du monde biologique en raison des deux limites évoquées plus haut (l'intrication et l'interdépendance). Les divergences dans les entités considérées comme des individus proviennent d'une pluralité de définitions de l'individu, chaque définition fait apparaître une individualité différente en réalisant un découpage du monde biologique différent. Comme nous l'avons vu, la définition minimale ne permet pas de dépasser le pluralisme de définition, car elle aussi situe l'individu biologique dans un niveau limité.

Cette pluralité entraînée par le problème focal provoque des difficultés pratiques lors de recherches menées sur le terrain. Par exemple, dans le cas du faux-tremble, la définition de l'individu choisie conduit à différents pronostics sur la santé de l'espèce dans un environnement et sur le référencement de la population. Si l'ensemble de la forêt est considéré comme l'individu, le faux-tremble apparaît comme plus vulnérable aux maladies et parasites en raison

d'une absence de diversité génétique. Alors que si l'individualité cible chaque tronc, ce sera la moyenne de l'état de santé de chacun d'eux qui permettra de poser un diagnostic sur la vulnérabilité de l'espèce dans cet écosystème.

En règle générale, l'objet d'étude et la théorie utilisée servent de repère pour individualiser un niveau, mais au risque d'entrer en conflit avec d'autres théories et perspectives. On peut donc en conclure que cette pluralité provient d'une utilisation pragmatique des critères d'individuation pour développer de nouvelles connaissances scientifiques selon les perspectives et les sous-disciplines de la biologie (Plante, 2019, p. 216).

Le constat que l'on peut faire, c'est que la définition minimale de l'individu ne correspond plus à la réalité et aux avancées scientifiques, sociales, etc. réalisées. Car chaque perspective a produit une définition dans son cadre théorique pour répondre aux exigences de son objet d'étude, sans avoir un projet d'étendre cette définition hors de son domaine. Or, chaque perspective étant en relation avec les autres engendre une absence d'accord sur ce qui est compris comme individu, rendant difficiles certaines pratiques liées à l'étude sur le terrain comme l'inventaire de population ou le niveau de vulnérabilité. Cette pluralité n'est pas seulement produite par des méthodologies divergentes, elle est également engendrée par la nature même de la réalité biologique. En effet, la difficulté d'extraire une entité de ce qui la compose et de l'environnement externe qui l'entoure, provient de la nature intriquée et hiérarchique du vivant, donc de l'intrication et l'interdépendance.

1. Quelques définitions de l'individu biologique

Maintenant que nous avons exploré la définition minimale, il devient nécessaire de présenter davantage les différentes définitions de l'individu identifiées en biologie qui vont se retrouver dans la grande majorité des perspectives que nous allons explorer. Wilson (1999) a

identifié six définitions de l'individu qui se retrouvent dans les perspectives de la biologie que nous allons esquisser dans les parties qui vont suivre. Ces définitions devront plutôt être considérées comme des critères, car elles se focalisent sur un aspect particulier de l'individu. Voici une liste non exhaustive, mais suffisante des différentes définitions possibles de l'individu biologique qui se concentrent sur un critère (Wilson, 1999).

L'individu logique construit sa définition sur le critère de l'unité. Un individu est ce qui est un.

L'individu fonctionnel reprend le critère de l'unité pour préciser davantage ce qui crée l'unité. Elle se construit par l'intégration fonctionnelle des parties entre elles. Cette intégration forme une interdépendance des parties, ne permettant plus de les séparer, ce qui forme une unité.

L'individu historique est une entité discrète qui présente une continuité spatiotemporelle, qui peut être liée à l'hérédité dans la perspective de la théorie de l'évolution.

L'individu génétique précise l'aspect héréditaire, un individu est ce qui présente une homogénéité génétique. Ses parties proviennent de la même cellule œuf ou du même foyer, ce qui maintient une identité génétique.

L'individu développemental correspond à une entité qui se propage dans l'environnement par des processus spécifiques, comme la reproduction asexuée ou encore la croissance.

Pour finir, *l'individu évolutif* est une entité qui agit et répond unitairement à la pression de la sélection naturelle par des mécanismes ou processus.

2. *Le pluralisme*

Le pluralisme s'inscrit dans un grand débat qui sévit dans les sciences. Deux grandes positions dominent : la position unitaire qui postule l'unification possible des sciences en un

système homogène de lois. Puis la position pluraliste, dont l'hétérogénéité des différentes sciences n'est que la conséquence du développement des connaissances (Laurent 2023, 149).

La vision unitaire s'appuie sur une compréhension d'un sujet pouvant produire une connaissance objective. Par exemple, Poincaré utilisait l'image d'un esprit omniscient libéré de la matérialité qui peut connaître la structure et la totalité des lois de la nature.

Or, la vision pluraliste prend en compte de notre véritable position dans la réalité. En raison de notre facticité, donc notre présence dans un espace-temps délimité, il nous est impossible de tout connaître (Bitbol 2008, 34). Il existe alors une limitation dans notre autoconnaissance et dans notre autoprédication. En conséquence, nos discours sur le monde proviennent obligatoirement d'une perspective située, individualisée, dans le sens d'être incarné et positionné dans l'espace-temps. Nous ne pouvons connaître la réalité sans interagir avec elle ; l'idée d'un sujet objectif à distance de son objet est une illusion. Par exemple, vouloir connaître la réalité, c'est agir sur elle par cet acte. Cette action, si infime soit-elle, entraîne une modification de la réalité.

C'est pourquoi, depuis une quinzaine d'années, le pluralisme gagne en popularité dans le débat, principalement en philosophie des sciences et en science. Le pluralisme serait produit par chaque particularité de la réalité que décrivent les théories. De ce fait, les sciences produisent une « pluralité de représentations toujours partielles du réel » (Laurent 2023, 149). En conséquence, dans une perspective pluraliste, la coexistence des différentes théories ne comporte aucun problème, car elle traduit une complémentarité.

Cependant, une compétition peut demeurer entre les différentes théories. Dans cette circonstance, le pluralisme devient une difficulté, comme ce que l'on constate avec la pluralité de définitions de l'individu en biologie.

Autrement dit, l'obstacle épistémologique que l'on rencontre dans notre travail n'est pas tant la pluralité que la rivalité. Et cette rivalité ne nous semble pas superficielle : elle apparaît être une

conséquence ontologique de la réalité biologique, traduisant une incompatibilité des différentes théories et définitions. On le perçoit bien dans les exemples de l'introduction, avec le faux-tremble qui peut être individué au niveau de l'arbre comme au niveau de la forêt. Il y a donc de véritables enjeux pratiques et théoriques engendrés par ce pluralisme concurrentiel qui sévit en biologie. En effet, la réalité biologique se caractérise par une forte intrication de ses entités.

Comme on le constate, les concepts d'objectivité et de subjectivité ne vont pas être utilisés. L'objectivité se définissant comme une nature indépendante de nos perceptions et la subjectivité est alors une réalité qui dépend de nos perceptions. On produit toujours un discours en rapport et en fonction de notre contexte. Pour utiliser les termes de subjectivité et d'objectivité, il faudrait utiliser la notion d'objectivité forte et d'objectivité faible de Niels Bohr (Carfantan, 2017, p. 37). L'objectivité forte se définit comme « un énoncé est à objectivité forte si on peut l'interpréter comme portant sur la réalité elle-même sans tenir compte de la façon dont il est mesuré » (Staune, 2007, p. 504). Alors que l'objectivité faible se définit comme : « un énoncé concernant une composante de la réalité observable est à objectivité faible s'il fait référence à la notion d'observation lorsqu'il définit les caractéristiques de cette composante » (Staune, 2007)⁸.

En résumé, ce pluralisme compétitif émerge de la singularité de son objet d'étude : la réalité biologique. À travers les exemples de l'introduction, il est possible de percevoir deux caractéristiques fondamentales de cette réalité :

(1) une forte intrication de ses entités, rendant la découpe du monde difficile ;

⁸ Niels Bohr soutient une non-séparabilité de tous les objets de l'univers. Une particule isolée, ou un individu n'est que le produit d'une abstraction commode, une simple méthodologie facilitante.

(2) sa présence dans un large spectre d'échelles de grandeurs et de temporalité (l'organisation hiérarchisée).

En conséquence, l'intrication du vivant et sa présence multiscalaire (hiérarchisée) entraînent la nécessité de multiplier les théories pour étudier les différentes entités biologiques situées à différentes échelles. Et ces théories qui donnent une définition spécifique de l'individu biologique s'opposent mutuellement en raison d'une absence de compatibilité.

Ainsi, dans ce travail, nous prenons en compte que le pluralisme permet de fournir une multitude de point de vue sur un phénomène. De ce fait, nous allons tenter de lier de manière cohérente ces différentes définitions pour construire une représentation de l'individu biologique qui permet de renvoyer à ces différentes descriptions singulières de l'individu biologique.

2.1 Le cadre pluraliste choisi

Pour pouvoir lier de manière cohérente les différentes définitions issues de perspectives rivales, et ainsi dépasser cette compétitivité, le cadre théorique choisi pour penser le pluralisme est celui développé par Stéphanie Ruphy : le pluralisme feuilleté (Ruphy 2005).

La particularité de ce pluralisme se situe dans une compréhension des différentes théories comme partiellement contingentes : elles présentent une dimension affiliée aux intérêts épistémiques et/ou pratiques des personnes qui les développent. Pour mieux se figurer cette dimension, Ruphy propose une analogie entre les intérêts épistémiques d'une théorie et une entreprise de cartographie de la côte bretonne. Les contenus intentionnels de la carte, comme les entités et les relations vont connaître des variations de représentation selon l'usage envisagé. Par exemple, une carte destinée à des randonnées pédestres ne va pas afficher de la même manière les chemins, les villes, ou encore les dénivelés qu'une carte destinée à la randonnée cycliste. Cependant, cette pluralité de cartes ne remet pas en cause la conformité des

représentations, ou ne met pas en concurrence les cartes entre elles pour savoir laquelle représente le plus fidèlement le lieu.

Ainsi, la représentation de la réalité que produit une théorie, comme d'une carte, reste partiellement conforme à son objet d'étude. Car une théorie a pour objectif de montrer uniquement le contenu intentionnel. Quant à la contingence, elle traduit la dépendance des intérêts pratiques et épistémiques à l'origine de cette théorie. C'est en cela que le pluralisme que décrit Ruphy est considéré comme feuilleté.

En résumé, ce pluralisme feuilleté se caractérise par quatre propriétés : « (1) la transdisciplinarité : les styles de raisonnement scientifiques superposent simultanément différents modes de connaissances. (2) la non-exclusivité et la synchronicité : plusieurs styles de raisonnement scientifique peuvent intervenir simultanément pour décrire un même objet. (3) la cumulativité : les styles de raisonnement scientifique tendent à s'accumuler dans le développement de la science » (Coutellec 2013).

V. Problématisation

Le problème conceptuel de l'individu biologique a été mis en évidence précédemment par l'insuffisance de la définition minimale, ainsi que par la pluralité de définition qui font apparaître une multitude d'individus sans savoir lequel considérer comme étant « le vrai », mais également la nature intriquée du monde biologique qui provoque le problème focal nous empêchant de savoir comment découper le monde pour identifier les individus. En un mot, la variabilité du monde biologique est à l'origine d'une absence de consensus autour de la définition à choisir pour identifier l'individu. Une définition minimale, donc qui se concentre sur les caractéristiques essentielles d'un individu, ne semble pas suffire pour identifier des individus parmi la variété d'entités biologiques.

Plusieurs éléments se trouvent être absents de l'ensemble des définitions suggérées, comme la mise en évidence de l'intrication qui caractérise l'organisation hiérarchique du monde vivant et la mise en évidence de l'interdépendance des différents niveaux d'organisation. Il est possible que ces deux éléments apportent de nouvelles pistes de réflexion sur les critères à adopter pour composer la définition de l'individu biologique. On constate aussi qu'une même définition va être présentée différemment selon l'objectif et la méthode de la discipline qui la mobilise. Parfois au point de rendre opaques les équivalences.

Le but de notre travail est alors de proposer une définition de l'individu qui ne comporte pas de difficulté lorsqu'elle s'applique à des entités vivantes très différentes les unes des autres et cela malgré leur intrication et leur différence de niveau. C'est alors une définition essentielle et universelle qui va être visée, qui traduit des caractéristiques nécessaires et essentielles retrouvées au sein de tous les individus biologiques. Pour construire une telle définition, nous allons proposer comme problématique : Quels critères permettent de dépasser le pluralisme de définitions de l'individu biologique ?

Retrouver une définition qui met un accord entre chaque perspective et définition serait une solution majeure pour s'entendre sur ce qu'est un individu biologique. Elle devra également proposer une explication du pluralisme ou son dépassement. Pour réaliser ce projet, il va donc être question d'identifier les critères qui la composeront, grâce à l'examen de perspectives issues de la biologie.

Il nous faudra passer par un modèle capable d'accommoder tous les aspects de l'individualité biologique qui seront révélés par l'examen des différentes définitions de l'individu. Ce modèle devra être compatible avec cette diversité. Cela grâce à l'inclusion de la dimension holistique que présentent les systèmes vivants par les mécanismes d'échanges horizontaux et les autres interactions symbiotiques liant les niveaux verticaux. Cette définition aura comme objectif d'être suffisamment large pour inclure la grande diversité des individus biologiques, sans pour

autant nier chacune de leurs singularités. Cela pour dépasser à la fois le problème focal, l'intrication et l'interdépendance, ainsi que la pluralité de définition.

La thèse qui sera défendue dans ce travail proposera une contribution nouvelle. Elle se portera à construire non pas une définition qui délimite les entités, mais plutôt un diagnostic. En effet, la nature intriquée du monde biologique nous pousse à disposer d'outils conceptuels permettant d'être adaptable à l'entité à individuer. Or, une définition claire et rigoureuse nous ferait perdre cette adaptabilité, d'où l'émergence d'une pluralité de définitions. La variabilité de la biologie provient de sa nature biochimique et stochastique. Par exemple, la dynamique d'une structure biochimique peut varier malgré l'identité biochimique d'un même phénomène en raison du hasard. Le diagnostic proposé relève de cette variabilité, on ne peut avoir une définition claire de l'individu.

Le diagnostic qui en ressortira se composera de trois critères généraux dont certains ont déjà été identifiés dans la définition minimale, qui seront la distinction, l'unité et la communication. Combinés à ces trois critères qui ciblent des caractéristiques de l'entité s'ajoutent deux critères contextuels : l'échelle et le cadre théorique (que nous appellerons l'observateur). L'échelle est le concept qui contient à la fois la nature multiniveau du monde biologique et son organisation hiérarchique, permettant de prendre en compte les intrications du monde biologique. Quant au critère de l'observateur, il permet d'intégrer dans la définition les outils conceptuels ainsi que les objectifs d'études qui déterminent la manière d'identifier un individu. Ainsi, certains critères seront plus importants dans certaines perspectives que dans d'autres, cela en raison du type d'entités présentes à une échelle et à un niveau d'organisation.

Grâce à l'ensemble de ses critères, notre diagnostic arrive à s'adapter à chaque perspective, ce qui ouvre la possibilité de s'écarter de la compétitivité entre les définitions déjà existantes. Mais

également de prendre en compte et dépasser les intrications caractéristiques du monde biologique.

Avec ses premiers éléments, il va donc falloir interroger avec plus de profondeur les différentes définitions de l'individu biologique développées en ne restant pas au niveau de son contenu, mais en examinant sa structure, son contexte épistémique et la nature de l'interaction entre ses critères (sont-ils holistiques, hiérarchiques et quel impact cette interaction cause sur la définition).

Ainsi, la définition (diagnostic) qui sera développée sera :

Si une entité construit et entretient une *distinction* avec son environnement par une *communication* interne à elle et externe qui lui permet de contenir son *unité* et est clairement *localisée* à une *échelle*, alors c'est un individu biologique.

VI. Plan détaillé

Afin d'élaborer une définition capable de dépasser le pluralisme de définitions, nous allons identifier des critères déjà présents au sein des différentes perspectives, ainsi que créer de nouveaux critères qui peuvent pallier les limites des premiers. Pour ce faire, notre thèse va s'articuler autour de quatre chapitres.

Le premier chapitre aura comme tâche de présenter les différentes définitions issues des théories représentatives des courants en biologie. Chaque théorie révélera ses spécificités dans sa manière de construire une définition de l'individu biologique. Le but premier de ce chapitre est de mettre en lumière le pluralisme en montrant qu'il émerge de la singularité de chaque perspective. En vue de notre problématique, il va devenir essentiel de pouvoir trouver un point de ralliement entre les perspectives. Pour parvenir à déceler les critères récurrents, il sera nécessaire de comprendre ce qui les différencie.

Le second chapitre proposera d'approfondir les divergences ainsi que les convergences entre les définitions. En mettant en lumière leurs divergences, il sera possible de constater leurs limites respectives lors de leur application sur des exemples concrets. Ces applications permettront d'établir une première hypothèse sur leur difficulté à traiter la nature intriquée du monde biologique. Ensuite et malgré les divergences, des similarités structurelles vont apparaître grâce à la considération des critères que chaque définition utilise pour individuer. En effet, chacune des définitions utilise trois critères récurrents pour identifier des caractéristiques propres à l'individu biologique, qui sont ceux de la distinction, l'unité et la communication. Chaque définition devient alors un cas particulier de l'individualité. Il va donc être nécessaire de construire un critère qui rend compte de l'équivalence entre les définitions, et de la possibilité d'identifier un individu biologique à chaque échelle du vivant.

Le troisième chapitre va présenter un nouveau critère capable d'expliquer la raison de ce pluralisme, et de dépasser une partie de la problématique provoquée par l'intrication. Ce critère, étant celui de l'échelle, comporte un cadre idéal pour intégrer à la fois la similarité structurelle et la nature multiéchelle de l'individu biologique grâce aux concepts de fractale et d'autosimilarité. Le pluralisme n'est alors plus un obstacle. La diversité des différentes caractéristiques est juste la conséquence de l'instanciation des critères à une échelle particulière. Cependant, le critère de l'échelle comporte des limites dans la possibilité de dépasser l'intrication horizontale, comme les relations symbiotiques.

Le dernier chapitre introduira le dernier critère, qui est celui de l'observateur. Grâce à celui-ci, la définition comportera le choix d'une résolution déterminé par un cadre théorique précis. L'intrication, qu'elle soit horizontale ou verticale, ne devient plus une difficulté grâce à la prise en compte du choix de découpage que réalise une théorie. Un autre découpage réalisé par une définition concurrente est alors tout autant valide, car il est adapté aux objectifs d'étude de ce

cadre théorique. Ce découpage se réalise grâce aux 3 critères identifiés précédemment, mais avec une instanciation qui diverge.

L'ensemble de ces chapitres aura pour but de mettre en évidence les critères permettant de dépasser le pluralisme de définitions : la distinction, l'unité, la communication, l'échelle et l'observateur. Le pluralisme de définitions de l'individu biologique est alors un avantage plutôt qu'une faiblesse des sciences de la biologie.

CHAPITRE 1 : LES DIFFERENTES PERSPECTIVES

Ce premier chapitre présentera les principales définitions de l'individu biologique en mettant en lumière les critères que chacune d'elles retient pour construire sa définition. Ce qui aura pour objectif de montrer les éléments sur lesquels s'appuie chaque définition, et ainsi mettre en évidence le pluralisme abordé en introduction. Mais surtout, il sera démontré que le pluralisme provient de la difficulté, pour chaque définition, à dépasser les intrications verticales et horizontales qui caractérisent le monde biologique. Chacune d'elles propose une manière de résoudre ces difficultés. Leur résolution comporte des limites lorsqu'elles sont appliquées à certains types d'entités biologiques situées dans des échelles de grandeurs. Chaque perspective se caractérise par l'accentuation d'un des critères généraux.

Dans un premier temps, la perspective physiologique sera examinée, permettant de mettre en place certaines notions fondamentales liées au maintien et au fonctionnement du métabolisme. Ce qui permettra d'identifier des définitions construites autour de l'ontogenèse et de la capacité de l'entité à se tenir à distance de son environnement. Dans cette perspective, l'individu est alors situé à un niveau paradigmatique : celui de l'organisme. L'environnement de l'individu biologique est ce qui doit être mis à distance par des mécanismes biologiques. Il est alors introduit de manière indirecte aux différentes définitions. Ainsi, le critère qui ressort de cette perspective est celui de la distinction. Cette perspective se focalisant surtout sur les organismes, il va être question d'explorer une autre perspective qui s'écarte de l'association entre individu et organisme, cela dans le but d'identifier les autres critères employés.

En un deuxième temps, le cadre de l'évolution sera abordé à travers différentes définitions. La phylogenèse fait partie d'une de leurs caractéristiques fondamentales, ce qui fait apparaître l'individu biologique à différents niveaux de sélection. Quant au milieu de l'entité

évolutive, il est intégré indirectement comme élément perturbateur qui va produire chez elle une réaction typique, lui permettant d'être identifiée comme un individu biologique. La définition de l'individu biologique que construit la perspective évolutive représente l'environnement seulement à travers sa capacité adaptative. Cependant, la perspective évolutionniste est de loin une perspective homogène ; elle contient une pluralité de définitions qui accentue la confusion lors du choix porté vers une définition plutôt qu'une autre. Néanmoins, et malgré cette diversité, il a été possible de retrouver le critère de la distinction, et c'est celui de l'unité qui ressort de différentes définitions, mais qui se retrouve aussi dans celui de la perspective précédente. Il a tout de même été constaté une compréhension première de l'environnement identique à celle utilisée par la perspective physiologique, à savoir l'environnement comme perturbateur. C'est pourquoi, au regard de la place que prend l'environnement, il devient nécessaire de considérer la perspective écologique qui pourrait avoir identifié un tout autre rôle à l'environnement dans l'individuation et l'individualité.

Dans un troisième temps, la perspective écologique nous permet de mettre en avant que l'individu biologique comporte une dimension environnementale qu'il est nécessaire de prendre en compte. En effet, elle permet de montrer que les frontières de l'individu dépassent celles de son organisme, comme c'est le cas avec la niche écologique qui est une sorte d'extension de l'individu. Cependant, cette perspective, en mettant l'accent sur les connexions, rencontre frontalement les difficultés à identifier les individus intriqués entre eux. C'est pourquoi il est possible de voir que l'approche écologique accentue le critère de la communication pour construire des définitions de l'individu biologique, tout en minorant les critères de la distinction et de l'unité, sans pour autant les écarter.

Cette analyse permettra de mettre en évidence le pluralisme de définitions à l'œuvre dans les sciences de la biologie, mais surtout, la difficulté à le dépasser, car chaque perspective apporte des raisons convaincantes d'utiliser les définitions construites. De plus, à travers ce

pluralisme, il a tout de même été possible de percevoir, pour chaque perspective, un critère sur lequel elles se basent pour construire leur définition. Ainsi, le but premier de ce chapitre est de faire un compte rendu des définitions jugées représentatives de la diversité qui parcourent la biologie, tout en commençant une première analyse des critères qui les composent.

I. La perspective physiologique

Cette perspective regroupe les différentes théories qui se concentrent sur le métabolisme et la physiologie, ce qui les conduit à établir comme individu paradigmatique l'organisme. La coïncidence entre l'organisme et l'individu se fonde principalement sur « ses frontières spatiales claires, une fin, une continuité physique de tous ses constituants » (Pradeu, 2009, p. 248). Il va être question de visiter les différents éléments constituant la perspective physiologique, qui se retrouveront également de manières implicites dans les perspectives suivantes.

L'objectif sera de montrer qu'une définition comprenant l'individu comme un organisme hiérarchiquement constitué de parties imbriquées fonctionnellement, ne suffit pas pour identifier une entité vivante comme étant un individu biologique.

Comme nous allons le voir, les caractéristiques, et donc les critères de la définition, retenues seront celles de la continuité spatiotemporelle, de l'autopoïèse ainsi que de la transition, qui se retrouvent dans le critère de la distinction.

Avant toute chose, voici quelques précisions sur les concepts utilisés dans l'approche physiologique, comme le mécanisme et la fonction, que nous retrouverons ensuite dans les autres perspectives. Dans cette approche, pouvant s'appeler aussi l'approche fonctionnelle, les différentes théories examinées se caractérisent par un usage de la fonction et des mécanismes pour décrire et définir l'individu biologique. Les mécanismes sont des entités s'engageant dans

des activités qui produisent une modification d'un état initial pour arriver à un état final (Machamer, [2000] 2021, p. 115). La particularité des mécanismes réside dans leur dualité : entité et activité. L'organisation entre les entités et les activités va déterminer quel phénomène sera produit (Machamer, [2000] 2021, p. 116). Pour être plus précis, l'entité doit posséder certaines positions spatiales et l'activité doit être d'une certaine durée pour mener à une prochaine activité. Cela représente l'agentivité du mécanisme.

Une activité, produite par une entité, est considérée comme une fonction par le rôle qu'elle joue dans un mécanisme. Le concept de fonction tient un rôle d'explication causale en biologie, car il semble pouvoir expliquer le but d'une entité par son activité, sans faire référence à la structure qui la compose (Demazeux Longy, 2021, p. 160).

Maintenant que ces deux concepts ont été éclairés, il sera question de se plonger dans une première définition qui va se centrer sur l'étendue spatiale qui caractérise un individu biologique.

1. La distinction par la continuité spatiotemporelle

La première définition que nous allons visiter est celle proposée par David Hull, qui se concentre principalement sur la continuité spatiotemporelle à l'origine d'une distinction entre l'individu et son environnement.

Hull définit l'individu biologique comme « toute entité spatiotemporellement localisée qui se développe continûment à travers le temps, présente une cohésion interne à tout moment, et est raisonnablement discrète à la fois dans l'espace et le temps » (Hull, [1978], 2021, p. 213). La définition de l'individu biologique présente alors les critères suivants : être de la matière étendue, se développer, être composé de parties en cohésion et être limité. Comme nous allons le voir, une définition composée de ces critères a un but bien précis, celui de refuser

l'individuation des espèces. Avant tout, nous allons préciser chacun des critères pour comprendre les caractéristiques biologiques auxquelles ils font référence.

Cette première proposition de définition réfère à un type d'ensemble bien particulier : à un ensemble matériel et spatiotemporellement limité, issu d'un même foyer spatiotemporel. Dans l'approche de Hull, cet ensemble correspond à un organisme qui s'est développé à partir d'une cellule œuf et qui s'est propagé à partir d'elle dans l'espace-temps grâce à une extension de ses composants (de son soi). L'organisme a un début et une fin dans le temps et l'espace. La continuité n'est alors pas illimitée, mais comprend une fermeture pour être individualisable. Il peut être clairement localisé. Ainsi, le second but de cette définition est de montrer que seuls les organismes peuvent être individués et non les groupes ou les espèces, qui sont des constructions théoriques et qui sont distillés dans l'espace.

Inversement, une espèce est une classe qui est illimitée spatiotemporellement, elle ne peut donc pas être considérée comme un individu biologique (Hull, [1978], 2021 , p. 213). La distinction d'une entité, à la fois dans son environnement direct, mais aussi dans le temps⁹, semble alors nécessaire pour composer une individualité. Hull propose de nommer cette distinction par le terme de « foyer spatiotemporel ». Le foyer spatiotemporel implique aussi le développement grâce à la cohésion qui unit les parties. Le développement va donc s'opérer à partir de celui-ci grâce au travail collaboratif de ses parties, rendu possible par la cohésion qui les lie.

Pour illustrer ce qu'est un foyer spatiotemporel, Hull utilise l'image de Gargantua comme individu biologique. Cet organisme représente l'ensemble de toutes les cellules qui le composent, dont chacune descend d'une même et unique cellule œuf. Cet organisme s'étale

⁹ Comme la distinction entre l'entité avec ses descendances et ses ancêtres.

jusqu'à une certaine limite, grâce à la cohésion des cellules qui le composent (Hull, [1978], 2021 , p. 213).

Ainsi, à partir de la définition que propose Hull, il est possible de dire qu'un individu est un tout cohésif qui se développe à partir d'un foyer unique.

Les mécanismes sous-jacents (ou caractéristiques) qui produisent l'instanciation du critère de la distinction basé sur le foyer spatiotemporel, sont ceux du goulot d'étranglement et de l'identité génétique. Le goulot d'étranglement permet d'individualiser une entité par une étape de réduction de l'entité à une seule cellule œuf dont va émerger l'ensemble de l'organisme par un développement. Par exemple, un zygote fécondé ou une graine produite par apomictique, représentent tous deux l'émergence du foyer spatiotemporel par une réduction à une seule cellule, amenant l'identité génétique à son strict minimum.

Le second mécanisme (ou caractéristique), qui est celui de l'identité génétique, permet de concevoir une homogénéité génétique chez une entité. Ce qui entraîne une cohésion entre les parties. L'individu biologique est alors le résultat du développement d'une seule cellule, le point initial du foyer spatiotemporel.

Avec cette définition de l'individu, Hull a comme projet de défendre qu'« un individu biologique doit obligatoirement être limité spatiotemporellement pour accomplir sa fonction au sein de la sélection naturelle, [...] dans le processus évolutif » (Hull, [1978], 2021 , p. 214). C'est par sa manière d'interagir, son rôle dans un écosystème, qu'il est possible de distinguer l'entité biologique des autres entités. Par exemple, de distinguer un organisme d'avec une espèce.

On constate donc le but premier de sa proposition d'une définition de l'individu biologique : réfuter l'individualité de l'espèce. En raison de ce but, il devient difficile de l'utiliser pour

distinguer des entités situées à la même échelle. Car toutes les entités de la même espèce ont exactement la même fonction dans le processus évolutif.

Hull pourrait répondre qu'une distinction est possible entre chaque entité de la même espèce, car on peut constater qu'elle est unique en considérant sa place dans une lignée phylogénétique. C'est donc la fonction qui sert de caractéristique distinctive pour identifier des individus situés dans une intrication horizontale.

Par exemple, un bébé identique en tout point (même génétiquement) à Einstein ne serait pas moins un individu distinct et séparé de l'individu Einstein. Cela grâce à « son unique insertion dans l'histoire » (Hull, [1978], 2021, p. 234). En d'autres termes, l'histoire phylogénétique de chaque individu issu d'une reproduction sexuée le situe dans une place singulière ; chaque individu a une place bien différente dans l'arbre de la vie.

Plusieurs éléments sont très intéressants dans la proposition de Hull. D'une part, la place qu'occupe une entité dans une lignée phylogénétique est unique. Elle peut alors servir de principe d'individuation ; on se situe ici au niveau d'une distinction qui différencie chaque organisme de la même espèce entre eux, référant à la limite temporelle que décrit Hull.

D'autre part, la limite spatiotemporelle permet de distinguer un individu d'un autre, grâce à leur fonction unique. Seulement, l'exemple que Hull nous a proposé présente certaines limites lorsqu'on tente de le resituer dans un contexte biologique. En effet, pour revenir à notre exemple, Einstein a une fonction qui diffère d'une autre personne dans notre réalité sociale. Mais dans une réalité biologique, un être humain présente une réalité analogue à un autre être humain. De ce fait, cette caractéristique est difficilement applicable pour individualiser d'autres entités vivantes entre elles. La distinction spatiotemporelle s'applique plutôt au niveau de l'espèce et non de l'organisme. Car chaque espèce occupe un territoire donné comptant des particularités

qui exigent des réponses adéquates. De ce fait, la fonction de l'espèce dans un écosystème va différer des autres espèces.

Un autre élément intéressant, que relève Hull, se trouve dans l'association entre le mécanisme de la limitation spatiotemporelle et celui de la fonction, qui introduit la singularité de l'individu : si ce foyer spatiotemporel meurt, il ne pourra être reproduit à l'identique (Hull, [1978], 2021, p. 233). En effet, un organisme, *a contrario* d'une espèce, se reproduit en formant un nouvel individu par rupture de continuité. Le nouvel individu s'extrait du premier foyer spatiotemporel pour devenir un nouvel individu.

C'est pour cette raison que Hull arrive à l'une des conclusions qu'aucun spécimen n'est typique d'une espèce. Hull répond donc à l'objection que nous avons adressée précédemment, qui affirme que la singularité ne peut être une caractéristique servant à identifier un individu parmi d'autres entités biologiques. Si on réduit l'entité à son espèce, c'est en raison de la manière de désigner le groupe (l'espèce, la famille, etc.) par un nom.

Cette manière de nommer les ensembles comme on nomme les individus nous porte à croire que nous désignons une même entité à travers le temps, malgré le changement que représente chaque organisme inclus dans le groupe. Pour faire simple, Hull accuse l'utilisation d'un essentialisme à travers l'individualisation de l'espèce. C'est pour évincer l'essentialisme latent que Hull a mis en place cette définition de l'individu biologique, permettant de se centrer surtout sur les caractéristiques des organismes qui permettent de les qualifier d'individus.

Seulement, dans les faits et sur le terrain, les entités d'une même espèce ont une fonction analogue. Le critère que propose Hull est intéressant, mais il présente des limites.

La définition de Hull nous a permis de mettre en évidence l'importance de la distinction dans la définition de l'individu biologique et de constater que cette distinction relève du développement d'un foyer spatiotemporel. La cohésion est également un critère qu'a employé

Hull pour référer à l'unité que forme un individu. Une unité qui se compose de parties travaillant en collaboration pour réaliser le développement de l'ensemble. Les parties s'identifient donc par le rôle qu'elles occupent dans un tout, qui consiste à développer celui-ci. Une partie ne travaille pas pour son propre développement, mais pour le développement du tout dans lequel elle s'insère. Cette cohésion permettant un travail pour le tout est assurée par un mécanisme, comme celui de l'identité génétique. Quant à la fonction (qui inclut la singularité sans s'y réduire), elle permet aussi de distinguer une entité d'une autre située sur un même plan horizontal. De ce fait, Hull propose une distinction verticale et horizontale pour dépasser la double intrication de la biologie dont nous avons fait référence en introduction.

Le défaut de cette définition réside dans la trop faible inclusion de la relation qu'entretient un individu avec son environnement. Car son développement ne se produit pas uniquement grâce à ses cellules, mais surtout, grâce aux apports énergétiques extraits de son environnement. En réalité, ce défaut est provoqué par le but que Hull réservait à sa définition : celui de prévenir l'essentialisme de l'individu et l'individuation à tort de l'espèce. Malgré la faible considération de l'influence de l'environnement sur l'individuation d'une entité, il est possible de trouver cette relation de codépendance dans le critère de la fonction. Nous allons alors construire une définition qui puisse intégrer cet élément. Cela pour éviter de réduire l'individu à une substance. Ce que nous pouvons garder de la définition de Hull, ce sont les critères de la distinction par le développement d'un foyer spatiotemporel, de la cohésion des parties produisant ce développement, et de la fonction qui permet de dépasser les intrications à la fois verticales et horizontales. La fonction est alors un critère à développer ultérieurement pour tenter de s'en servir sans que l'objection du terrain vienne l'affaiblir.

Dans la continuité de la perspective de Hull, nous allons approfondir l'approche fonctionnelle à partir de la théorie de l'autopoïèse développée par Varela, dans laquelle

l'individu biologique sera défini comme un système autopoïétique. Cette définition implique la capacité de l'individu à produire ses propres composants grâce à sa fermeture fonctionnelle, tout en restant ouvert thermodynamiquement à l'environnement externe. Une explication de la distinction entre l'environnement interne et l'environnement externe est alors proposée par des mécanismes. Cette approche permet de traiter les limites que nous avons perçues dans la proposition de Hull, à savoir l'absence d'interaction avec l'environnement et la distinction entre deux entités trop faibles.

2. *L'autoconstruction de soi*

Après avoir examiné une première définition proposée par Hull et mis en avant l'objectif de celle-ci, nous avons pu remarquer l'importance du critère de la distinction établi par une frontière physiologique, ainsi qu'une cohésion qui lie chaque partie entre elles, permettant de participer à la formation d'une unité. Seulement, en plus de ne pas inclure une relation avec l'environnement qui impliquerait la nature intriquée du monde vivant, la définition de Hull offre peu de mécanismes qui peuvent soutenir les critères qu'il utilise, mis à part ceux du goulot d'étranglement, de l'identité génétique et du développement.

La définition de Varela va nous permettre de combler ces lacunes. D'une part, grâce à l'introduction du concept d'autopoïèse qui semble inclure la relation avec l'environnement, contrairement à la proposition de Hull. D'autre part, la perspective de l'autopoïèse a comme particularité de s'extraire des critères génétiques, reproductifs et évolutionnistes pour en proposer de nouveaux, basés sur le critère de l'autopoïèse. Étudier cette approche va nous permettre d'approfondir la dimension distinctive de la définition de l'individu. La dimension distinctive représente la manière dont une entité biologique arrive à se dissocier d'un tout et à maintenir son identité dans le temps et l'espace malgré les changements environnants.

Varela ne propose pas une définition explicite de l'individu biologique. En effet, l'autopoïèse est un critère, non pas une définition, malgré les mécanismes qui le soutiennent. C'est pourquoi il est préférable que nous proposons une définition en cohérence avec la pensée développée dans son ouvrage *Autonomie et connaissance* ([1982] 1989). L'individu biologique se définirait comme une machine vivante capable de produire ses propres composants (autopoïèse), ce qui lui permet de maintenir son homéostasie. Précisons chaque terme pour justifier notre définition. La machine vivante réfère à un système capable d'extraire de l'énergie issue de son environnement. La production de ses propres composants relève de sa capacité à se réparer, mais aussi à s'adapter et s'étendre dans l'espace-temps. Pour finir, l'homéostasie traduit l'état d'équilibre interne du système. Dans son ouvrage, Varela emploie le terme de machine vivante. Or, associer la machine au vivant n'est plus commun aujourd'hui. Nous allons donc substituer ce terme à celui de « système ». Cette substitution ne produit pas de perte de sens.

L'autopoïèse, du grec *autos* (soi) et *poiein* (produire) (Varela F. J., [1982] 1989, p. 45), est donc au centre de la définition de l'individu biologique. Sous ce critère se dissimule l'inclusion de plusieurs mécanismes qui permettent à un système de se maintenir dans l'espace-temps, tout en conservant son identité malgré sa capacité à adapter son organisation structurelle. C'est ici le cœur de l'objectif de la définition de Varela ; expliquer comment une entité biologique maintient son identité, et donc son individualité, malgré les changements qu'elle vit. Ainsi, l'objectif de la définition est d'un tout autre ordre que celle proposée par Hull.

L'autopoïèse décrit un système capable de produire ses composants et modifier son organisation interne dans un environnement changeant (Hernandez, 2018, p. 135). C'est la raison pour laquelle l'autopoïèse est la caractéristique qui, en regroupant plusieurs mécanismes, contribue à une distinction avec son environnement externe par l'établissement d'une frontière autorenouvelée.

La particularité de cette position réside dans l'absence d'utilisation des mécanismes d'individuation nommés précédemment, comme l'identité génétique ou le goulot d'étranglement. En effet, l'approche autopoïétique de Varela étudie le fonctionnement et les mécanismes qui permettent de créer une rupture entre deux milieux. Implicitement, on pourrait dire que le critère de la barrière compose la toute première base de cette approche, car ce sont les mécanismes et les fonctions contribuant à cette distinction entre deux milieux qui fondent l'individu biologique (entre autres).

2.1 La distinction produite par un système autopoïétique

La caractéristique du système autopoïétique ne réside pas dans sa capacité à produire les mêmes composants, mais plutôt des composants du même type. Cela lui permet de maintenir son individualité tout en étant capable de s'adapter aux altérations qu'induisent les pressions environnementales (Hernandez, 2018, p. 161). Par exemple, une cellule se démarque d'une soupe moléculaire grâce à la formation de frontières créées par divers mécanismes qui découlent du processus d'autoproduction de soi. Si la production de ses frontières est interrompue, alors la cellule se dissout dans la soupe moléculaire, perdant son individualité (Clark, 2017, p. 7).

Un système autopoïétique est constitué d'un ensemble de plusieurs sous-systèmes ou parties. De ce fait, si l'un d'eux doit compenser suite à une pression subie en effectuant une réorganisation, alors les autres sous-systèmes vont devoir à leur tour effectuer des compensations. Les compensations effectuées par les sous-systèmes traduisent une forme de plasticité. Seuls ceux capables de compenser restent dans le système, une forme de sélection agit au sein du système autopoïétique (Varela F. J., [1982] 1989, p. 64). Ce phénomène d'interrelation est appelé « couplage structurel ».

Sur la base de ce constat, Varela va expliciter les relations qui composent le couplage structurel. Pour qu'il y ait un couplage structurel, il faut que ces relations produisent une « clôture opérationnelle ». Celle-ci désigne la capacité des organismes biologiques à mettre en place une interdépendance entre leurs composants¹⁰ et leurs fonctions¹¹ (Hernandez, 2018, p. 164). Ce qui implique que chaque fonction ne peut qu'être dépendante des autres fonctions. Elles produisent une circularité par leur dépendance fonctionnelle. Les fonctions continuent d'exister tant que leur interrelation est maintenue dans une organisation globale (comme dans un organisme). Le système se ferme donc fonctionnellement sur lui-même. En conséquence, la clôture opérationnelle engendre une unité indivisible. Le tout qui en résulte ne peut être divisé, sauf par abstraction méthodologique, car chacune de ses parties acquiert un sens par sa relation avec le tout et avec les autres parties. En résumé, la clôture opérationnelle réfère à l'interdépendance des parties.

De ce fait, chaque partie intervient dans la production des autres parties (Hernandez, 2018, p. 125). Cette circularité fonctionnelle produit une interdépendance et une autoproduction de l'organisme, car ses parties s'entretiennent entre elles. L'autopoïèse inclut alors la clôture opérationnelle en ajoutant la capacité d'autoproduction de ses propres composants. Ce qui assure le maintien d'une homéostasie.

L'homéostasie est un état qui traduit la stabilité d'un système en constante réorganisation en assurant la réalisation de ses fonctions essentielles (comme l'autoproduction de soi). Ce qui veut dire que les transformations restent dans un panel qui maintient la réalisation d'une

¹⁰ Les composants correspondent à la matière dans laquelle est instancié le système.

¹¹ La fonction est considérée comme équivalente à l'opération et son usage est majoritaire en biologie actuelle.

autopoïèse (Varela F. J., [1982] 1989, p. 63). Une seconde circularité est alors présente, cette fois-ci entre l'autopoïèse et l'homéostasie, sans que l'une ne prédomine sur l'autre.

Ainsi, si chaque partie intervient dans la production des autres parties, alors l'organisation globale fait écho à elle-même. En d'autres termes, chaque partie se restructure en fonction des autres parties avec lesquelles elle interagit.

Ainsi, il y a une invariance de l'organisation autopoïétique grâce à sa capacité à compenser les influences de l'environnement. Cette compensation vise toujours le maintien de l'organisation autopoïétique (Varela F. J., [1982] 1989, p. 55).

2.2 Produire ses limites et sa distinction

L'activité autopoïétique de l'organisme est une constante affirmation d'une distinction entre son milieu interne, fermé fonctionnellement, et l'environnement extérieur. Son action consiste à produire une circularité causale par l'autogénération de ses composants. Il nous est maintenant possible de spécifier le type de clôture, ou frontière, que présente l'individu biologique selon Varela : une clôture opérationnelle de production de contraintes.

Comme nous l'avons dit, la clôture opérationnelle désigne la capacité des organismes biologiques à produire une interdépendance entre leurs composants et leurs fonctions, ce qui fonde l'unité. Cependant, celle-ci n'implique pas nécessairement une frontière matérielle, surtout si elle est fonctionnelle. En effet, des entités exogènes peuvent se greffer à cette unité et d'autre la quitter tant que leur fonction permet au système de rester dans les contraintes de son organisation autopoïétique. Les contraintes correspondent donc à l'interdépendance des parties qui limitent les possibles de l'organisation.

Le système, en étant subordonné à la conservation de son organisation autopoïétique, se concentre sur les états dans lesquels les processus d'autoreproduction peuvent se diriger. En

conséquence, un système autopoïétique peut être identifié comme un individu grâce aux concaténations¹² de ses processus.

2.3 Conclusion

Dans l'approche autopoïétique, l'individuation et l'individu sont créés par trois éléments : (1) la construction de ses propres délimitations grâce à la capacité de les entretenir (l'autopoïèse), (2) qui à son tour rend possible la capacité de maintenir une homéostasie interne (auto-régulation), (3) ce qui renforce l'unité et les délimitations de la structure du système (Plante 2019 ; 277). Ces trois éléments permettent de valider la définition de l'individu biologique, issue de la pensée de Varela, suggérée en début de chapitre : un individu biologique est un système vivant (délimitation fonctionnelle) capable d'autopoïèse pour maintenir son homéostasie (unité).

On s'aperçoit alors que l'individu émerge de l'indépendance que peut prendre cette organisation vis-à-vis de son environnement (Varela F. J., [1982] 1989, p. 47). L'individu biologique repose sur le concept d'autopoïèse. Il se manifeste comme une unité indépendante qui interagit thermodynamiquement avec son environnement, tout en restant clos fonctionnellement. Seuls certains points de sa structure sont reliés à son environnement et non l'entièreté de son unité (Varela F. J., [1982] 1989, p. 197). Et ces points de connexion sont déterminés par différentes organisations internes (Varela F. J., [1982] 1989, p. 199).

L'approche autopoïétique que propose Varela place l'organisme unicellulaire comme individu biologique paradigmatique. On entrevoit une difficulté avec l'établissement de la cellule comme individu type : une mitochondrie, une cellule et un organisme multicellulaire sont

¹² Enchaînement de processus, correspondant à la clôture opérationnelle.

simultanément des individus. Les trois peuvent se définir comme un individu car ils sont capables d'autopoïèse.

Le point d'intérêt qu'apporte l'approche de Varela se situe dans la description de l'individu biologique comme une entité fermée fonctionnellement sur elle-même qui présente la capacité à adapter son organisation par le renouvellement de ses composants. Cette approche bonifie notre compréhension de l'individu biologique, en comparaison à la proposition de Hull, surtout grâce à la description des mécanismes qui soutiennent les critères. Pourtant, les deux définitions décrivent le même type d'entité fermée sur elle-même qui se développe de manière autonome en tentant de réduire les influences de l'environnement.

L'approche suivante, celle de l'énergie libre, va présenter une description plus détaillée du rapport entre entité vivante et environnement, tout en se basant sur la compréhension de l'individu comme système autopoïétique.

3. L'énergie libre

Dans la perspective de l'énergie libre proposée par Friston (Friston, 2009 ; 2010 ; 2013), l'idée générale est que chaque entité est considérée comme un système qui minimise son énergie libre. Les organismes entretiennent des échanges constants avec leur environnement, mais pas seulement thermodynamiquement, comme l'avance la proposition de Varela. Selon Friston, l'individu biologique intègre son environnement dans son organisation grâce à la création d'une représentation de celui-ci, ce qui lui permet d'adapter son modèle structurel en conséquence pour assurer sa survie (comportement, évitement, organisation métabolique, etc.). L'individu biologique n'est alors pas seulement défini par ses caractéristiques physiologiques, mais aussi par des caractéristiques appartenant aux interactions avec son environnement.

Comme Friston ne propose pas non plus de définition explicite de l'individu biologique, il nous est possible d'en proposer une à l'aide de l'examen de sa pensée. Nous pouvons donc formuler la définition suivante : un individu biologique est une organisation autopoïétique qui représente son environnement sous forme de modèle médié par une couverture de Markov.

On retrouve dans cette définition les apports de la perspective physiologique qui incluent l'organisation autopoïétique. Selon la théorie de l'énergie libre, la capacité d'adaptation de l'entité réside dans l'autopoïèse. Par cette capacité, l'entité réorganise son modèle grâce à l'adaptabilité de ses composants. L'environnement est intégré à l'individu par son agentivité en prenant la forme d'un modèle. La frontière, à la fois fonctionnelle et thermodynamique, caractérise l'individu en s'exprimant comme un intermédiaire ou un médiateur.

Dans la théorie de Friston, l'autopoïèse n'est rien d'autre qu'une possible implémentation physique du principe de l'énergie libre, car tout comme dans la proposition de Varela, c'est l'organisation qui prime et non la matière dans laquelle elle s'instancie.

L'objectif de l'approche de Friston est d'expliquer par quel moyen une entité biologique arrive à se maintenir dans l'existence sans subir l'entropie (Pezzulo & Sims, 2021, p. 7803). Sa réponse se trouve dans la capacité à produire un modèle de son environnement constitué de croyances. Une représentation ne se limite pas à la cognition, elle peut être, par exemple, instanciée par des traces moléculaires ou hormonales. L'entité utilise son modèle de croyance et l'adapte pour assurer son intégrité, son unité et la cohésion de ses parties. Son modèle de croyance est l'intermédiaire entre son intérieur avec son extérieur. Cet intermédiaire constitue l'un des piliers qui permet d'identifier l'individu biologique avec la théorie de l'énergie libre. L'approche de Friston permet donc d'intégrer l'environnement dans la définition de l'individu, ce qui n'était pas possible avec les définitions précédentes.

3.1 Qu'est-ce que la perspective de l'énergie libre ?

La perspective de l'énergie libre présente une parenté avec la biologie physiologique héritée de la pensée de Schrödinger (1944), en raison de son postulat de base comprenant l'individu biologique comme un système capable de résister à la seconde loi de la thermodynamique par des échanges de matières et d'énergie avec son environnement. On retrouve le même postulat dans la perspective de l'autopoïèse sans qu'il ne soit central. Ces échanges d'énergie et de matières participent au maintien de la structure vivante et de son organisation, mais cela au prix d'un désordre appelé entropie, qui se répercute sur son environnement (Clark, 2017, p. 3).

Sur la même base que l'approche de Varela, la structure vivante doit réussir à se maintenir dans un panel d'organisation propice à l'autopoïèse. Dans la proposition de Varela, on explique le maintien de l'homéostasie par la clôture opérationnelle, alors que dans celle de Friston, c'est la compréhension de l'environnement par inférence active qui le permet (Friston, 2013, p. 1). C'est pourquoi Friston suppose qu'on pourrait réduire la physiologie d'une structure vivante à ses mécanismes de maintien d'homéostasie¹³, ce qui montre que la matière présente une moindre importance par rapport à l'organisation dans sa théorie (Friston, 2010, p. 1).

Ce que l'homéostasie implique, c'est que l'organisme doit rester dans les états qui lui conviennent pour survivre. Cela malgré les perturbations que lui inflige son environnement (Pezzulo & Sims, 2021, p. 7803). L'écart entre les états qui lui conviennent et les états réels dans lesquels il se trouve est mesuré par l'énergie libre. Minimiser cette énergie à court comme à long terme permet de maintenir son intégrité et d'éviter de perdre son individualité.

¹³ Friston définit l'homéostasie comme un « processus par lequel un système ouvert ou fermé régule son environnement interne pour maintenir ses états dans des limites » (Friston, 2010, p. 1).

3.2 Comment l'organisme réduit-il l'énergie libre ?

L'énergie libre est un isomorphe théorique ¹⁴ d'une mesure de l'énergie thermodynamique disponible pour effectuer un travail (Clark, 2017, p. 3). Plus précisément, l'énergie libre borne les états dans lesquels une structure biologique peut entrer. Cette énergie coïncide également avec l'énergie disponible dans l'environnement que peut puiser la structure par des interactions avec celui-ci. C'est un formalisme mathématique qui décrit à la fois les échanges énergétiques et les relations prédictives entre les variables (l'« information »).

L'énergie libre se définit alors comme « une mesure de la théorie de l'information qui borne ou limite la surprise lors de l'échantillonnage de certaines données, étant donné un modèle génératif » (Friston, 2010, p. 1). Elle correspond à l'écart entre le modèle de l'organisme et les états externes (oxygène, prédateurs, nourriture, etc.), comme internes (taux de glucose sanguin, tension dans les muscles, etc.) (Ramstead, Constant, Veissière, Campbell, & Friston, 2018, p. 3). Plus le modèle de l'organisme est en cohérence avec les différents états, plus l'énergie libre est basse.

Pour qu'un organisme puisse se maintenir dans l'existence, il doit prendre en compte des événements qui causent des données sensorielles afin de les évaluer à partir de son modèle. Ce qui lui permet d'agir en conséquence et d'affiner ses prédictions futures sur les états de l'environnement¹⁵. Son modèle de croyance est une sorte de cartographie¹⁶ d'états réalisée par des inférences bayésiennes¹⁷. L'action de l'organisme va donc modifier le panel d'états de

¹⁴ Traduction d'un terme par un autre qui conserve la structure du terme traduit.

¹⁵ Ces états sont aussi appelés processus génératif.

¹⁶ Ce modèle ou carte n'est pas nécessairement une représentation neuronale (comme postulé par la théorie du cerveau prédictif), et encore moins une représentation consciente. Par exemple, chez les bactéries, cette représentation est de nature moléculaire.

¹⁷ « L'inférence bayésienne est une méthode d'inférence statistique par laquelle on calcule les probabilités de diverses causes hypothétiques à partir de l'observation d'événements connus »
https://fr.wikipedia.org/wiki/Inf%C3%A9rence_bay%C3%A9sienne

l'environnement soit en le réduisant à un plus petit nombre d'états, soit en augmentant la probabilité d'apparition d'un ou de certains états (Friston, 2009, p. 295).

La minimisation de l'énergie libre se retrouve à toutes les échelles (cellules, organisme, espèces, environnement). Une synchronicité entre les entités situées à des échelles différentes est à l'œuvre. Chacune d'elles acquiert une connaissance (information) d'un état stochastique qui lui permet d'affûter les probabilités d'émergence de ce même état. Par exemple, un organisme, constitué de nombreux systèmes complexes, se synchronise dans le temps avec sa niche environnementale, qui elle-même se compose d'autres systèmes complexes (Constant, Ramstead, Veissière, Campbell, & Friston, 2018, p. 5).

Pour résumer, l'adaptation de l'organisme se réalise par un ajustement de son modèle grâce aux tests de ses croyances par inférence active¹⁸. Pour que son modèle corresponde aux états internes et externes, l'organisme va réaliser des actions, soit pour tester son modèle afin de le valider ou le modifier, soit pour altérer son environnement. Les états internes de l'organisme limitent les schémas d'actions et de perceptions, ce qui réduit les tests et les ajustements possibles du modèle (Constant, Ramstead, Veissière, Campbell, & Friston, 2018, p. 5).

En minimisant l'énergie libre, la structure biologique arrive à estimer l'apparition de la surprise et elle évite donc d'entrer dans des transitions d'états qui pourraient lui être délétères. La surprise correspond à ces transitions d'états (Clark, 2017, p. 3). Ces états entraîneraient soient des blessures, soient la mort de l'organisme.

Pour que les risques de surprise diminuent, la structure biologique doit construire une frontière permettant de s'isoler en partie de l'entropie environnante et réduire son influence. L'entité

¹⁸ D'une façon plus générale, on peut parler d'une représentation interne du milieu externe, mais pas nécessairement d'une « croyance », ou représentation consciente ou cognitive. Même une bactérie peut représenter le milieu externe, même s'il ne s'agit pas d'une représentation neuronale, ou encore moins, conscient.

s'autoorganise pour confiner dans un panel limité les états dans lesquels elle peut entrer. On retrouve ici la clôture opérationnelle de l'approche autopoïétique. Par exemple, une bactérie minimiserait la surprise par des réponses génétiques préconfigurées. Ou encore un organisme possédant un appareil cognitif réduirait la surprise par des représentations prédictives (Clark, 2017, p. 5).

La structure biologique rassemble des preuves de son existence dans le milieu pour limiter l'apparition de la surprise par inférence active. Ce phénomène s'appelle l'auto-infirmation. Par exemple, un mammifère va prendre conscience d'être une proie pour d'autres entités. On peut donc dire que la structure biologique est incluse dans le modèle de l'environnement (Palacios, Razi, Parr, Kirchhoff, & Friston, 2017, p. 3).

Résumons ce que nous venons de décrire : (1) les organismes résistent à l'entropie grâce à la minimisation de l'énergie libre liée à la surprise ; (2) pour y parvenir, l'organisme agit sur son environnement en testant son modèle de croyances ; (3) son modèle de croyances repose sur des inférences bayésiennes (Friston, 2009, p. 295).

Friston conçoit le système biologique comme une superposition de clôtures opérationnelles, qui sont les états externes, les états internes et les informations sensori-motrices. Ces dernières ont la particularité de joindre les deux autres. On y retrouve l'idée d'une entité qui se dissocie de son environnement par la préservation de son unité. Dans l'approche de Friston, les parties qui constituent l'unité globale sont des croyances. Les interactions avec l'extérieur tendent à se limiter, reprenant l'idée de la clôture fonctionnelle de l'autopoïèse, grâce à l'entretien et l'adaptation d'une frontière. À la différence de l'approche de l'autopoïèse, il n'y a pas de distinction entre interaction causale évitée et interaction thermodynamique entretenue. La théorie de l'énergie libre représente la frontière (interactions) en utilisant le modèle statistique de la couverture de Markov (Pezzulo & Sims, 2021, p. 7804).

Le modèle de la couverture de Markov nous permet de décrire les interactions en incorporant les informations issues de l'environnement. La définition de l'individu biologique qui en découle intégrera l'environnement de l'entité, contrairement aux autres définitions exposées jusqu'alors.

3.3 La couverture de Markov

Très simplement, la couverture de Markov est « un ensemble d'états qui sépare deux ensembles au sens statistique » (Friston, 2013, p. 1). Elle est composée d'états qui empêchent une interaction directe entre l'intérieur et l'extérieur (Palacios, Razi, Parr, Kirchhoff, & Friston, 2017, p. 2). La couverture de Markov est alors une frontière qui relie. Elle permet à un organisme de maintenir l'intégrité de son intérieur face à un environnement changeant.

La couverture de Markov se modélise de cette manière dans une structure biologique : les états externes (données de l'environnement) deviennent des états internes de la structure (sous forme de modèle ou autres) par l'intermédiaire des données sensorielles (Friston 2018 ; 5). Les états internes ne peuvent interagir avec les états externes qu'à travers les états actifs, comme des comportements ou des données sensorielles) (voir Annexe 2). Nous pouvons constater que la couverture de Markov est également une clôture opérationnelle (Palacios, Razi, Parr, Kirchhoff, & Friston, 2017, p. 2).

Si dans un système, chaque composant interagit avec n'importe quel autre composant sans tenir compte de la distance, alors une indiscernabilité des composants en résulte (absence d'individualité). La frontière représentée par la couverture de Markov n'est pas une barrière qui sépare, mais un intermédiaire entre deux environnements : l'intérieur et l'extérieur. La distinction qui caractérise un individu biologique ne doit pas alors être considérée comme une séparation nette, mais comme une médiation. En effet, la structure biologique contrôle

l'information de l'environnement grâce à la couverture de Markov qui lui permet de filtrer et canaliser les données reçues.

La couverture de Markov peut se traduire physiologiquement par les états sensoriels et actifs (Palacios, Razi, Parr, Kirchhoff, & Friston, 2017, p. 4). Prenons l'exemple d'une cellule : la couverture de Markov est représentée par le plasmalemme qui médie la communication entre le milieu intracellulaire et le milieu extracellulaire, tout en isolant partiellement le milieu interne de la cellule.

Ainsi, la couverture de Markov permet d'expliquer sous quel modèle une entité organise la cohésion de ses parties et de quelle manière elle intègre dans son organisation les perturbations de l'environnement afin de s'y adapter.

3.4 Conclusion

La proposition de définition¹⁹ déduite à partir de la théorie de l'énergie libre nous permet d'inscrire l'environnement dans l'ontogenèse de l'individu biologique. Elle décrit un mode d'interaction entre l'entité et l'environnement en prenant en compte leurs spécificités. En effet, on constate que l'individualité émerge par des mécanismes qui distinguent l'entité et son environnement, mais aussi par sa capacité à intégrer une partie de l'environnement en elle pour se construire, comme c'est le cas avec le modèle de croyances.

Cependant, la théorie de l'énergie libre ne nous donne pas un mécanisme pouvant être utilisé pour décrire de quelle manière la couverture de Markov s'instancie concrètement chez un individu biologique. De plus, cette définition de l'individu est difficilement utilisable dans la

¹⁹ Un individu biologique est une organisation autopoïétique qui représente son environnement sous forme de modèle médié par une couverture de Markov.

pratique en raison de son formalisme mathématique très poussé, malgré le fait que son apport théorique soit conséquent.

Ainsi, ce qu'il nous est possible de retenir de la théorie de l'énergie libre, c'est son utilisation de la couverture de Markov qui peut servir à établir un critère de distinction de l'individu biologique. Seulement, il nous faut proposer une description de mécanismes qui peuvent soutenir le modèle de la couverture de Markov, en montrant comment cette séparation s'implémente dans la réalité. Mais nous devons aussi valider si le modèle de la couverture de Markov est applicable dans les différents niveaux du vivant ou s'il est typique d'un niveau particulier, comme c'est le cas pour l'autopoïèse qui ne caractérise que la cellule comme individu biologique typique.

Il faut préciser que la particularité de cette approche réside dans son formalisme strict. Friston voit son approche de l'énergie libre comme une théorie universelle où chaque mécanisme biologique n'est qu'une instanciation de la minimisation de l'énergie libre. Alors que nous voyons son approche comme une manière de décrire certains phénomènes biologiques, dont l'individualité. La couverture de Markov est l'une des manières de comprendre l'établissement d'une frontière, mais cette manière demeure très formelle.

Pour dépasser ce formalisme, nous allons explorer la perspective immunologique qui semble être un bon candidat pour proposer un critère d'intermédiaire non formalisé mathématiquement. Les perspectives physiologiques étudiées jusqu'à présent n'ont pas proposé de description des mécanismes de discrimination qu'un individu utilise pour distinguer ses parties des autres entités exogènes. L'approche immunologique pourra offrir un élément de réponse en proposant une distinction basée sur l'inclusion et l'exclusion. La distinction que décrit cette nouvelle approche n'a pas pour vocation de compléter le schéma de l'énergie libre, mais plutôt de savoir si la couverture de Markov peut être considérée comme un mécanisme participant à l'individuation.

4. *L'approche immunologique*

L'immunologie est également une approche fonctionnelle se situant dans l'étude de l'ontogenèse de l'individu biologique. Cette discipline étudie les interactions entre les récepteurs immunitaires et les motifs antigéniques, ce qui provoque le rejet des antigènes par leur destruction (Pradeu, 2009, p. 26). Les différentes définitions de l'individu biologique qui émergent de cette approche ont pour but de proposer une explication des mécanismes qui fondent l'unité d'un individu, « c'est-à-dire la question de savoir ce qui fait un être vivant une entité discrète et cohésive » (Pradeu, 2009, p. 255). La cohésion repose sur la capacité à pouvoir distinguer ses parties des autres entités. L'individu biologique est alors défini à partir de ses capacités de discrimination et de coordination. Créant ainsi une unité se distinguant de l'environnement, non par sur une étendue spatiale ou une intégration fonctionnelle, mais par des mécanismes d'exclusion et d'inclusion.

Plusieurs théories se regroupent sous l'approche immunologique, dont la théorie la plus dominante actuellement : celle du soi et du non-soi (Pradeu, 2009, p. 88). Une théorie alternative, celle de la continuité proposée par Thomas Pradeu, philosophe de la biologie, sera par la suite proposée pour compléter la première.

4.1 Le soi et le non-soi comme critère discriminant

La théorie immunologique du soi, encore influente aujourd'hui, décrit la démarcation qui se joue entre un individu et son environnement par une capacité à discerner les entités endogènes (soi) des entités exogènes (non-soi). Le système immunitaire fait cette distinction en se basant sur l'identité génétique. Il est capable d'identifier ce qui fait partie du soi et ce qui

appartient au non-soi. L'individu biologique, identifiable au soi, provient de la même cellule-œuf et se définit comme ce qui est génétiquement identique.

La théorie immunologique du soi a été fondée par Brunet et Fenner en 1945, qui ont introduit dans l'immunologie les concepts du soi et du non-soi tirés de la psychologie. L'immunité est un mécanisme ayant deux fonctions : (1) préserver l'organisme en dissociant ses micro-organismes internes (soi) des éléments externes (non-soi) ; (2) préserver l'organisme contre la « désertion » de ses propres parties en les faisant collaborer vers un même but, tout en inhibant la concurrence. Cette collaboration entre les parties est possible grâce à leur identité (homogénéité) génétique et leur filiation à une même cellule-œuf. Par exemple, pour reprendre le critère de la séparation germe/soma, les cellules somatiques sont stériles. Elles sont destinées à n'effectuer qu'une fonction somatique, délaissant leur capacité à transmettre leurs gènes. Les cellules germinales, quant à elles, assurent la pérennité de l'organisme par la transmission de leurs gènes. Cette division des tâches repose sur le fait que ces cellules sont toutes sœurs, car elles émergent toutes d'une même cellule œuf (Clark, 2012, p. 334-335). Les autres cellules qui ne sont pas issues de la cellule-œuf sont alors considérées comme des entités exogènes.

La discrimination entre les parties de l'organisme et les micro-organismes exogènes se réalise grâce au critère de l'identité génétique. Il permet de différencier les éléments qui composent l'individu d'avec les éléments étrangers qui se greffent au cours de la vie de l'organisme. Le rôle du système immunitaire est alors de rejeter les entités qui ne présentent pas cette identité génétique.

En résumé, les recherches de Brunet ont mené à dire que le soi est « génétiquement défini et l'expression d'une homogénéité génétique que le système immunitaire maintient » (Pradeu, 2009, p. 65). L'homogénéité génétique provient de la première cellule-œuf de laquelle toutes les autres cellules descendent. La reconnaissance du soi par le système immunitaire se fait lors d'étapes embryonnaires ou post-embryonnaires. L'unité est alors maintenue par la

réaction du système immunitaire qui rejette le non-soi (les entités exogènes). Le point important dans la conception de Brunet, c'est que le système immunitaire n'interagit exclusivement qu'avec le non-soi, tout en présentant une absence d'interaction avec le soi.

C'est sur ce point que des difficultés vont émerger. Difficultés qu'avait déjà décelées Brunet lors d'études réalisées sur les cellules cancéreuses et sur les mutations liées à l'âge. Ces deux problématiques présentaient une attaque du soi par le système immunitaire, alors qu'il n'est sensé agir que sur les entités exogènes (Pradeu, 2009, p. 143).

Le système immunitaire peut aussi présenter des dysfonctionnements ou tout simplement tolérer des entités étrangères. Par exemple, des virus arrivent à s'introduire dans le corps en se cachant dans les cellules infectées ou encore, des entités peuvent être tolérées par l'organisme d'un nouveau-né lors d'une exposition précoce. L'explication la plus plausible est que le système immunitaire n'est pas inné ni préprogrammé, mais plutôt qu'il « apprend » à distinguer le soi et le non-soi par un mécanisme de sélection qu'il acquiert durant le développement. De plus, la théorie du soi peine à proposer une explication satisfaisante de la tolérance du système immunitaire envers les bactéries qui peuplent le système digestif. L'ensemble de ces difficultés impose à la théorie de revoir ses fondements, tels que le critère de l'identité génétique ainsi que les concepts de soi et de non-soi.

Ainsi, cette première théorie de l'immunologie ne permet pas de considérer les relations entre le soi et le système immunitaire. Elle présente aussi des limites pour expliquer certains phénomènes d'intégrations exogènes au cours de la vie d'un organisme, par exemple les relations symbiotiques²⁰ et l'absence de réponse immunitaire envers les entités exogènes qui

²⁰ La symbiose se définit comme « une relation durable entre deux organismes d'espèces différentes qui est bénéfique pour l'un est neutre ou bénéfique pour l'autre » (Pradeu, 2009, p. 131). Plus précisément, cette définition fait référence à la relation symbiotique mutualiste. Mais pour le moment, nous pouvons nous en tenir à cette définition, le chapitre dédié aux relations symbiotiques donnera des précisions.

résident dans l'organisme. La très grande majorité des organismes sont composés de relations symbiotiques, aussi bien les oiseaux, les plantes, les mammifères, les champignons, les bactéries et les insectes (Pradeu, 2009, p. 132). Par exemple, une mycorhize est un organe hybride composé d'endomycorhizes et de racines végétales dont l'intrication se situe au niveau cellulaire. Ou encore, le « système immunitaire » du végétal ne provoque aucun rejet de champignons, alors que selon la théorie du soi, le végétal devrait les rejeter (Selosse, 2017, p. 35).

La théorie du soi ne peut être prise en compte dans l'élaboration de notre définition de l'individu biologique, car elle ne permet pas de dépasser l'intrication horizontale (relation symbiotique) et l'intrication verticale (distinction du tout avec ses parties). De plus, les critères de l'identité génétique et du goulot d'étranglement se révèlent insuffisants.

Une autre théorie immunologique va proposer une explication de ces cas difficiles grâce à l'intégration fonctionnelle en ne se basant pas sur le critère d'identité génétique, mais plutôt sur celui de la division germe/soma. Ce sont les fonctions qui vont déterminer quel élément fait partie de l'organisme. De ces fonctions, se traduit une interaction entre les différentes parties qui vont indiquer au système immunitaire les entités qui sont endogènes et les entités qui sont exogènes.

4.2 La théorie de la continuité

Le tournant qu'inscrit la théorie de la continuité, proposée par Thomas Pradeu, réside dans les interactions continues que réalise le système immunitaire, aussi bien avec les entités exogènes qu'avec les entités endogènes. Les cellules du système immunitaire doivent rester en contact avec l'ensemble de l'organisme. L'interaction continue est alors une condition nécessaire pour la survie des cellules du système immunitaire. C'est par les cellules que se joue

le rôle de surveillance, mais l'interaction n'entraîne pas obligatoirement une réponse immunitaire (qui conclurait à la destruction de l'entité). L'activité de surveillance et d'interaction immunitaire permet de participer à l'homéostasie de l'organisme.

Plus précisément, le système immunitaire reconnaît les entités endogènes et exogènes par l'intensité de l'interaction. En permanence, le système immunitaire va interagir avec les composants de son organisme par une faible interaction (échanges de molécules). Des interactions constantes d'intensité moyenne ne vont pas produire de réponses immunitaires (Pradeu, 2009, p. 150), alors que les interactions fortes ou inhabituelles vont entraîner une réponse. Une discontinuité se présente alors dans les interactions du système immunitaire avec le reste de l'organisme. Cela sous la forme d'une rapidité d'apparition ou encore de différences structurelles (composition moléculaire). Cependant, ce ne sont pas exclusivement des entités exogènes qui entraînent une réponse immunitaire, des entités endogènes peuvent aussi en entraîner, comme c'est le cas des cancers.

L'interaction continue a été observée à partir de certains composants du système immunitaire : les lymphocytes T. Ces derniers se maintiennent en vie grâce aux relations continues avec le reste de l'organisme. Sans ce lien, les lymphocytes T meurent (Pradeu, 2009, p. 102). Observation valable aussi pour les autres cellules du système immunitaire.

Les entités qui présentent une discontinuité sont celles qui ne sont pas intégrées fonctionnellement avec les autres entités de l'organisme qui contribuent à son maintien. De ce fait, les bactéries logées dans le système digestif, même si elles proviennent de l'extérieur, ne sont pas simplement présentes dans l'organisme, mais elles sont l'organisme, indépendamment de leur identité génétique (Pradeu, 2009, p. 273). L'organisme n'est pas le produit d'une cellule-œuf génétiquement homogène, mais plutôt une unité fondamentalement hétérogène (Pradeu, 2009, p. 277).

Pour qu'une entité devienne une partie de l'organisme, elle doit entretenir une interrelation d'intensité moyenne et constante avec le système immunitaire (entités globales) tout en maintenant une interrelation forte avec les parties locales qui entourent l'entité (Pradeu, 2009, p. 272). L'interrelation forte avec les parties locales correspond à une intégration fonctionnelle, car cette relation traduit l'utilité qu'apporte l'entité. Chaque groupe d'entités endogènes est en contact avec les autres groupes par le système immunitaire, ce qui forme une unité et une cohésion de l'organisme.

Pour résumer, dans la théorie de la continuité, le critère de l'individualité ne se base plus sur le soi et le non-soi, mais sur l'intégration fonctionnelle des entités. Ce sont les interactions entre les éléments situés dans l'organisme qui vont déterminer lesquels seront rejetés et lesquels seront intégrés. Il n'y a plus de frontières bien établies. Elles deviennent plus diffuses, laissant place à des coexistences entre des entités hétérogènes fonctionnant en harmonie (Hernandez, 2018, p. 107). Dans cette approche, le système immunitaire entretient un contact permanent avec l'ensemble des entités pour éviter de produire une réponse immunitaire.

L'individu biologique est alors défini comme une unité fonctionnellement intégrée, dont les parties entretiennent une dépendance causale (Pradeu, 2009, p. 268).

Pradeu (2009, p. 280) nous propose de concevoir l'organisme comme l'individu paradigmatique pour plusieurs raisons : 1) le critère immunologique permet de définir avec précision l'organisme comme une unité discrète et cohésive, ce qui n'est pas le cas des autres niveaux de sélection ; 2) l'organisme contrôle la variation de sa composition cellulaire par son système immunitaire ; 3) l'individu immunologique est un individu évolutionnaire. Avec cette explication de la théorie de la continuité, on constate que l'individu se situe au niveau de l'organisme. Si l'individu se situe au niveau de l'organisme pluricellulaire dans la théorie de la continuité, c'est en raison de sa capacité à restreindre l'évolution et la réplication de ses parties par le système immunitaire (Pradeu, 2009, p. 286).

Donc, l'approche immunologique arrive à proposer une inscription de l'environnement dans l'ontogenèse de l'individu biologique. Alors que l'approche de l'autopoïèse se limitait à une clôture opérationnelle qui referme l'individu biologique sur lui-même, car seuls les composants endogènes de l'entité peuvent recomposer l'organisation. La théorie de la continuité propose une même clôture opérationnelle, mais avec comme différence que des entités exogènes participent à cette recombinaison. L'unité de l'organisme et la cohésion entre les parties sont assurées par le système immunitaire. Ces deux critères constituent à leur tour le critère de la distinction dans la définition de l'individu biologique. De plus, la théorie de la continuité aborde indirectement la question de l'intrication du monde biologique en fournissant le critère de l'intégration fonctionnelle, qui permet de différencier les entités biologiques.

5. Conclusion de l'approche physiologique

Les différentes théories de la perspective physiologique tentent de définir l'individu biologique par les éléments de son être qui persistent à travers le temps et qui conservent une même organisation. Ces éléments sont les parties cohésives organisées en une clôture opérationnelle, ce qui engendre une capacité à produire ses propres composants. Le rôle fonctionnel des parties permet de les distinguer des autres entités pouvant pénétrer l'organisme. L'environnement est intégré à l'ontogenèse de l'individu sous forme de perturbations. La structure fonctionnelle de l'individu doit alors s'adapter en se réorganisant. L'environnement est alors traduit par la structure en y étant intégré. On retrouve ce comportement de traduction à travers la capacité « d'apprentissage » du système immunitaire qui reconnaît les intrusions d'entités exogènes et agit plus rapidement. Quant à la couverture de Markov, elle nous offre les clés pour saisir l'importance du rôle des systèmes fonctionnels, car ils produisent la cohésion des parties ainsi que la formation d'une fermeture envers l'extérieur. Ce qui forme l'unité de l'entité.

À travers ces différentes théories, les définitions vues sont principalement composées des critères de l'unité, la cohésion et la distinction. Notre constat est que ces définitions se centrent surtout sur une description de l'ontogenèse et sur la capacité de l'entité à se tenir à distance de son environnement. Ce qui amène à placer l'individu à un niveau paradigmatique, celui de l'organisme.

Pour faire suite à l'exposition de la perspective physiologique, nous allons nous tourner vers une perspective majeure : l'évolution par sélection naturelle. Cette approche propose d'autres critères, comme la fitness²¹ ou encore la capacité d'adaptation, en situant ses définitions dans une optique phylogénétique et non plus ontogénétique, ce qui nous décentre de l'organisme et de son fonctionnement métabolique, sans pour autant s'écarter totalement.

II. La perspective évolutionniste

Le cadre théorique de la perspective évolutionniste prend comme sujet d'étude les entités biologiques qui regroupent trois conditions : la variation, la reproduction et l'héritabilité. Ces trois conditions assurent de pouvoir considérer que les entités sont unifiées par l'influence causale du principe de la sélection naturelle (Hernandez, 2018, p. 67). Le but d'une définition de l'individu biologique est alors de reconnaître dans l'environnement les unités impactées par la sélection naturelle. C'est pour cette raison que le concept d'individu a été substitué par celui d'unité de sélection²².

²¹ Nous utiliserons le terme de fitness dans le sens « [du] nombre de descendants atteignant l'âge adulte que produit un organisme. » (Bolduc, 2021, p. 106).

²² Nous utiliserons l'unité de sélection comme synonyme d'individu biologique et inversement.

En relativisant la place de l'organisme en tant qu'individu biologique paradigmatique, les multiples approches évolutionnistes ont malgré elles rendu floue la définition d'individu biologique en le plaçant sur une multitude de niveaux (Hernandez, 2018, p. 33). Alors que pour les approches physiologistes, l'individu se situe sans équivoque au niveau de l'organisme (pluri et unicellulaire).

Ainsi chaque théorie présente dans le cadre évolutionniste va mobiliser des critères spécifiques pour identifier l'individu, le faisant apparaître à un niveau différent. Par exemple, la thèse du sélectionnisme génique soutient que l'individu véritable est le gène en raison de sa persistance dans le temps (Pradeu, 2009, p. 261). Pour comprendre sur quels critères se base chaque définition, nous allons examiner les théories représentatives de la diversité de cette perspective.

1. Le commencement : la théorie darwinienne

Dans la théorie de la sélection naturelle élaborée par Charles Darwin, l'existence d'une multiplicité d'individus séparés et différenciés est présumée. Ces différences vont donner lieu à des divergences sélectives, qui seront ensuite transmises à leur descendance. Qualifier les individus biologiques de séparés, dans ce contexte, c'est lier l'action de recensement des populations au processus d'individuation. Plus précisément, l'activité de recensement fait émerger le processus évolutif en comptant les naissances et les morts des individus ; la séparation entre eux n'est alors pas seulement spatiale, elle traduit aussi une discontinuité cyclique. C'est cette discontinuité qui permet d'identifier l'unité caractéristique d'un individu.

Dans la théorie de Darwin, l'individualité de chaque entité est mesurée par les variations d'interaction avec leur milieu (incluant les autres individus). Cette mesure se réalise par la capacité de reproduction et de survie (fitness) des entités biologiques. En conséquence, Darwin

identifie l'individu à un niveau précis : celui de l'organisme. Dans ce contexte théorique, l'espèce devient un agrégat d'individus suffisamment semblables pour former un groupe, mais avec suffisamment de différences pour ne pas former un superorganisme. Elle ne peut pas être qualifiée d'unité de sélection.

Ainsi, l'individu biologique s'identifie par sa capacité à interagir avec son milieu, ce qui produit une différenciation ou distinction avec son environnement.

2. *L'unité de sélection contemporaine*

C'est par la capacité de l'individu biologique à interagir unitairement avec l'environnement par l'évolution et l'adaptation que la notion d'unité de sélection a remplacé celle d'individu biologique. En effet, avant la révolution produite par les idées de Lamarck et Darwin, le concept l'individu biologique était construit à partir d'une approche essentialiste, logique et catégorielle. La notion d'unité de sélection a justement permis de dépasser cet essentialisme. La biologie entière a pu profiter cette transformation, ses présupposés métaphysiques sont devenus ceux d'un non-essentialisme-mutationnel-évolutif (Hernandez, 2018, p. 32). L'individu biologique est alors défini comme une entité unifiée et influencée causalement par la sélection naturelle (Hernandez, 2018, p. 13).

Avec la synthèse évolutionniste introduite par Julian Huxley (1942), l'importance de la transmission de gène dans un cadre de sélection naturelle a permis d'insérer une mesure pour décrire le changement évolutif des espèces par ce qui perdure (Hernandez, 2018, p. 44). L'introduction de la génétique et de la découverte de l'ADN amena une nouvelle manière d'appréhender le vivant.

De cette base théorique émergea une pluralité d'unités de sélection décrites par des théories qui identifient l'individu dans un niveau différent qu'elles qualifient de paradigmatique. Ces

divergences sont causées par la structure même du concept d'unité de sélection. Il peut s'appliquer non seulement aux gènes, mais aussi à tout un panel d'entités, comme aux organismes, aux populations, aux espèces, aux molécules, et même aux écosystèmes. L'individu biologique peut alors se situer aux deux extrémités : l'une située au niveau des gènes égoïstes, devenant l'unité de sélection principale qui se situe dans la case des *répliqueurs* ; l'autre extrémité au niveau des groupes comme une espèce, rendant compte non pas de l'égoïsme (préserver ses traits), mais de la persistance des traits altruistes (la transmission, le changement et l'évolution), qui se trouve être dans la case des *interacteurs* (Varela, Thompson, & Rosch, 2017, p. 316). L'unité de sélection peut alors se comprendre de deux manières : comme répliqueur (se reproduit) ou comme interacteur (interagit avec son environnement) (Wilson, 1999).

2.1 Répliqueur, interacteur

Ces deux manières d'individuer, par la notion de répliqueur et interacteur, scindent l'unité de sélection en deux rôles, qui font apparaître l'individu à différentes échelles.

Pour l'interacteur, ce sont plutôt les entités comme la cellule, l'organisme ou les groupes qui sont des individus. Sous le concept d'interacteur, l'entité individualisée interagit directement avec la sélection naturelle. En conséquence, la question de l'individu ne se demande plus quelle entité persiste en s'adaptant à la sélection comme avec la proposition de Darwin, mais plutôt quelle entité interagit directement avec le processus de sélection naturelle (Hernandez, 2018, p. 54).

C'est pour cette raison qu'avec l'interacteur, l'espèce²³ peut être considérée comme un individu biologique. La conception de l'espèce comme individu part du postulat qu'elle n'est pas une

²³ Il nous est possible de définir l'espèce comme une unification de parties, « effectivement ou potentiellement

classe d'entités, car elle ne se compose pas d'une multitude d'entités identiques entre elles (des instances de l'espèce). Une espèce est plutôt composée de parties hétérogènes. Son hétérogénéité démontre une différence d'intégration des parties formant des systèmes. Elle se différencie grâce à sa singulière composition, lui donnant une limite spatiotemporelle. Il est possible de définir à quel moment et à quel endroit une espèce naît et à partir de quand elle disparaît. C'est également grâce à cette hétérogénéité que l'espèce peut être désignée par un nom propre et non par un nom commun (général). Le fait d'exister dans l'espace-temps est également réaffirmé par les interactions que les différentes espèces produisent entre elles, favorisant leurs mutations et leurs évolutions.

En utilisant la perspective de Gould développée dans son ouvrage majeur *L'équilibre ponctué* (2007), l'espèce comprend une limite dans l'espace et le temps, car son évolution se fait ponctuellement²⁴ et non graduellement. Ces sauts évolutifs permettent de délimiter le début et la fin de l'espèce, donc d'établir un critère de l'individualité. Seulement, l'individuation de l'espèce n'est pas acceptée par tous les chercheurs en biologie. Par exemple, la définition de l'individu biologique proposée par Hull avait justement comme objectif de réfuter la possibilité de considérer une espèce comme un individu.

Par l'interacteur, l'individu est alors l'entité qui interagit avec son environnement et la sélection naturelle grâce à ses caractéristiques d'être discrète, unitaire et en relation avec la sélection naturelle.

Concernant le réplicateur, l'individu est l'entité biologique qui se réplique pour pouvoir évoluer afin de s'adapter aux pressions de l'environnement. Ce sont sur ses constats que Dawkins proposa d'individuer les gènes comme étant les seuls véritables réplicateurs. Avec la

interfécondes, qui sont génétiquement isolées d'autres groupes similaires » (Mayer, 1942).

²⁴ La conception ponctuelle de l'évolution n'est pas acceptée dans tous les milieux de la biologie.

synthèse évolutionniste (génétique + darwinisme), la position de Dawkins comprend l'individu non plus comme ce qui se différencie, mais comme ce qui perdure, ce qui reste immuable.

Considérer le réplicateur comme critère de l'individu entraîne comme conséquence que ni les organismes ni les espèces ne peuvent être qualifiés d'individu, seul le gène peut être identifié comme tel. La raison est que la persistance des gènes par transmission à travers les organismes en fait d'excellents candidats comme individu paradigmatique. Cela n'exclut en rien de petites modifications qu'un gène subirait au cours de l'évolution. L'organisme n'est alors que le véhicule des gènes au fil de ses reproductions. Inversement, l'organisme, même en étant une entité discrète, présente une absence de stabilité dans le temps²⁵. Il est bien trop éphémère pour pouvoir véritablement évoluer et ses limites trop floues pour être qualifiées d'individus (Pradeu, 2009, p. 278). Quant à l'espèce, elle n'est ni suffisamment discrète pour présenter une unité dans le temps, ni suffisamment stable pour présenter une sélection. Les gènes deviennent alors l'individu paradigmatique, car ce sont les seuls bénéficiaires des adaptations, ils entrent donc en compétitions les uns envers les autres.

L'individualisation des gènes repose sur une compréhension particulière de la théorie de l'évolution en voulant situer l'action causale de la sélection naturelle (l'individuation) au niveau du réplicateur. L'individu se situe au niveau de l'entité qui se réplique, bénéficiant de la sélection naturelle, qui dans ce cas-ci sont les gènes. Ce sont les seules entités qui se répliquent véritablement.

Cette position proposée par Dawkins se place dans un réductionnisme qui se concentre sur ce qui perdure à travers le changement. On se place dans une définition utilisant la mêmeté comme critère majeur. Certains auteurs se sont opposés à cette individuation des gènes. Par exemple,

²⁵ Un organisme fonctionne par des variations cycliques, et par un développement puis une dégradation. Ces multiples transformations justifient la perception d'une absence de stabilité dans le temps.

pour Gould, les gènes ne peuvent être individués, car ils n'entretiennent qu'une relation indirecte avec la sélection naturelle (Hernandez, 2018, p. 50).

D'autres auteurs ont également voulu montrer qu'aucun de ces niveaux, réplicateur ou interacteur, ne peut être considéré comme le niveau paradigmatique de l'individu. Par exemple, Lewontin (1970) refuse la primauté ontologique accordée à un des niveaux (gène, espèce ou organisme) comme étant l'unité de sélection type. Toujours dans le cadre de la théorie de l'évolution, il propose une autre définition de l'individu qui se construit sur l'étendue de l'action de la sélection naturelle. Elle se présente aussi bien au niveau de l'organisme, au niveau des gènes, qu'au niveau de l'espèce. La sélection naturelle est donc un processus multiréalisable (Lewontin, 1970, p. 43).

2.2 Les différents niveaux de l'unité de sélection

Maintenant que les raisons d'individuer différents niveaux ont été explorées, il va être question d'étudier ces différents niveaux. Dans la perspective évolutionniste, il est possible de voir une connivence entre les différentes théories : l'interaction avec la sélection naturelle. Si l'individu biologique est l'entité qui interagit directement avec la sélection naturelle, alors une pluralité de niveaux peut contenir des individus, aussi bien au niveau des groupes qu'au niveau des gènes.

Afin de différencier ces différents niveaux, Hull propose de considérer trois unités de sélection distinctes : l'unité de réplication (le gène), l'unité de sélection (l'organisme) et l'unité d'évolution (l'espèce). La différence entre ces différentes individualisations réside dans leur rapport avec le changement : le gène se transforme par mutation, l'organisme par la sélection, et l'espèce est le seul individu qui évolue (Hernandez, 2018, p. 60). L'espèce est alors le seul individu évolutif, car elle seule peut accumuler les mutations dans un temps phylogénétique par

hérédité (Hernandez, 2018, p. 61). Cependant, l'individualité de l'espèce est considérée comme faible en raison de la faible continuité spatiale de ses parties. Alors qu'un organisme est considéré comme un individu fort par la forte continuité qui lie ses différentes parties.

Un point important que soulève Hull concerne celui des limites et des barrières bornant les groupes. Dans un organisme, une barrière est formée par la cohésion fonctionnelle de ses parties, au point que certaines cellules perdent leur membrane pour ne former qu'un réseau. Si Hull utilisait la cohésion fonctionnelle pour décrire la frontière de l'espèce, c'est non pour se focaliser sur la présence d'une frontière matérielle, mais plutôt sur la fonction de cette dernière. En effet, si on conçoit la fonction de la barrière comme une protection et un isolement des parties envers l'environnement, alors celle-ci peut être réalisée à l'échelle des espèces ou des groupes. Par exemple sous forme d'habitats spécifiques, comme des termitières, ou encore des barrières géologiques et climatiques.

Le biologiste J. S. Turner (2000) propose l'idée que ces structures inorganiques soient considérées comme des organes²⁶, ce qui provoquerait une redéfinition du concept d'organisme traditionnel (Bouchard, 2010). Si les formations géologiques peuvent être incluses dans l'ontologie des individus, c'est en raison de l'acceptation de l'interrelations entre l'environnement et l'espèce ; une même barrière peut être l'organe de plusieurs espèces ou groupes différents, comme notre épiderme qui sert de barrière à un grand nombre d'espèces bactériennes. Des structures qui combinent l'organique avec l'inorganique se retrouvent également dans l'organisme traditionnel, comme les formations osseuses constituées en grande majorité de calcium. Les os sont en perpétuel réarrangement, de la même manière qu'une termitière est entretenue par ses habitants (Plante, 2019, p. 64).

²⁶ Cette perspective relève de la construction de niche, de la conception eco-evo-devo, ou encore de l'*extended evolution*. De nouvelles unités de sélection apparaissent, comme les castors et leur digue, ou encore les termites avec la termitière.

En considérant l'individu biologique comme une unité qui évolue, l'espèce deviendrait, malgré tout, l'individu paradigmatique. Elle seule évolue véritablement et arrive à présenter une intégration fonctionnelle suffisante. Cette acceptation se base sur une compréhension graduelle de l'évolution. Or des recherches menées en paléontologie, comme celles de Gould (2007), ont révélé une présence majoritaire d'évolutions ponctuelles. Avec les arguments de Gould et sa constatation que l'évolution graduelle tend plus à un prêt-à-penser, l'organisme présente une capacité évolutive similaire à celle de l'espèce. Ce qui met à mal la catégorisation tripartite proposée par Hull et les notions d'individu fort et faible.

L'aspect multiniveau de l'individu émerge alors de la difficulté à différencier un tout d'une partie, et un groupe d'un tout. Plusieurs stratégies sont adoptées, dont celle de lier l'unité avec les pressions de l'environnement, par exemple avec l'unité répondant à la sélection naturelle utilisée dès Darwin. Les parties se distinguent par leur incapacité à répondre par des mécanismes à la sélection naturelle.

3. *L'individu évolutif*

En raison de l'aspect multiniveau de l'individu biologique, la philosophe Ellen Clarke propose d'utiliser la définition du concept de niveau de sélection pour définir l'individu biologique, ce qui lui permet de construire le concept d'individu évolutif et ainsi clarifier la distinction entre le tout, la partie et le groupe (Clarke, 2020, p. 2).

Par le concept d'individu évolutif, Clarke propose de choisir le niveau de l'individu à partir de l'action de la sélection naturelle. Elle se manifeste par des mécanismes biologiques qui éliminent les variations (Clarke, 2012, p. 342). Clarke identifie deux mécanismes répondant à la sélection naturelle : (1) l'inhibition de la sélection naturelle au niveau physiologique. L'individu exerce un contrôle sur ses parties pour réprimer une sélection différentielle ; (2) la

formation d'une démarcation entre l'individu et les entités du même type répondre unitairement à la sélection naturelle (Clarke 2016, 133). Pour Godfrey-Smith, dans son analyse des individus collectifs, propose de considérer un troisième mécanisme d'individuation pour compléter les deux de Clarke : (3) l'intégration entre l'entité et son environnement. En effet, Clarke soutient que des mécanismes environnementaux doivent également être pris en compte pour individuer une entité, comme les mécanismes qui produisent une niche écologique, ou encore l'influence des facteurs épigénétiques agissant sur la forme des organismes.

L'individu inhibe ses parties pour pouvoir répondre unitairement à la sélection naturelle. Ces mécanismes généraux qui régulent la sélection interviennent dans les interactions entre les parties pour les séparer et les accentuer. La capacité de réponse unitaire envers la sélection naturelle forme une démarcation entre l'entité, ses parties et son environnement (ou groupe), seul un individu peut produire ces mécanismes (Clarke, 2016, p. 130). Ces mécanismes deviennent alors des caractéristiques de l'individu biologique (Clarke, 2012, p. 346). La présence d'une cohésion entre les parties ainsi qu'une différenciation avec l'environnement donne lieu à une unité délimitée dans l'espace et le temps. L'unité prend une forme, ou plutôt une organisation particulière en fonction de son environnement. Et la forme ne fait que traduire l'organisation cohésive que prennent les parties, pour une raison évolutive. En effet, la forme unitaire permet de « participer aux processus de sélection à différentes échelles hiérarchiques » (Clarke, 2020, p. 10). C'est pour cette raison que l'organisme unicellulaire ou pluricellulaire se trouve être l'individu.

Un individu biologique se définit alors par ses mécanismes qui offrent la possibilité de participer à un processus évolutif par sélection naturelle (Clarke, 2020, p. 5). Ce sont les capacités d'interactions avec l'environnement qui permettent d'identifier l'individu. Chaque mécanisme n'agit pas isolément, mais avec les autres. Les mécanismes pris ensemble donnent une possibilité de réponse de l'entité devenue unité envers la sélection naturelle (Clarke, 2016,

p. 133). L'unité caractéristique de l'individu est alors une émergence ou une conséquence de l'intrication des mécanismes. La présence de ces mécanismes caractérise l'individu biologique, ce qui permet de l'identifier parmi un ensemble d'entités et de niveaux (Clarke, 2020, p. 3). Ces mécanismes peuvent prendre la forme de mécanismes physiologiques comme la distinction germ/soma, le goulot d'étranglement, le système immunitaire ou encore la mort cellulaire préprogrammée (Morgan, 2022). Les critères qui composent la définition de l'individu évolutif proposée par Clarke sont l'inhibition et la réponse unitaire à la sélection naturelle.

La définition proposée par Clarke situe l'individu au niveau de l'organisme (unicellulaire ou pluricellulaire), sans pour autant exclure la possibilité d'individualiser une colonie ou un groupe si ces derniers « expriment différents traits phénotypiques, que ces traits provoquent une aptitude différentielle [...] et sont héréditaires » (Clarke, 2016, p. 130). En d'autres termes, si un groupe évolue pour répondre aux pressions de l'environnement, alors il peut être considéré comme un individu (Clarke, 2016, p. 131). Ainsi, les organismes mammifères et certaines colonies eusociales sont des individus paradigmatiques ; il n'y a donc pas de niveau exclusif.

C'est par la connaissance des mécanismes qu'il est possible d'individualiser une entité. De manière pratique, il va s'agir d'observer comment l'entité en question interagit avec son environnement pour savoir si c'est un individu. Un individu peut alors perdre cette qualification, puis la regagner plus tard. Il n'y a pas d'essence de l'individu, mais que des cas particuliers.

L'individu évolutif de Clarke semble être une réponse satisfaisante à l'intrication verticale et horizontale du monde biologique, car il se compose de critères distinguant les parties, le tout du groupe. En effet, Clarke offre une possibilité d'individualiser des cas difficiles, comme les relations symbiotiques²⁷.

²⁷ Des applications seront présentées dans le chapitre suivant.

4. *Conclusion*

La définition de l'individu évolutif nous a permis de mettre en évidence un critère essentiel : l'unité. En effet, ce critère réfère à la capacité de l'entité biologique à coordonner ses parties pour répondre unitaire à certains phénomènes comme la sélection naturelle. Dans la perspective évolutionniste, l'unité décrit l'individu comme une structure systémique qui arrive à se coordonner pour répondre comme un tout aux différents stress qu'il peut vivre, cela grâce à une pluralité de mécanismes. Ce stress peut provenir de différentes sources, externe (condition environnementale) comme interne (infection bactériologique). Le critère de l'unité est alors mis en évidence dans le cadre évolutionniste, à l'instar du critère de la distinction dans le cadre fonctionnel.

Cependant, la perspective centrée sur l'unité de sélection place l'individu biologique dans une certaine passivité vis-à-vis de la sélection naturelle. Elle est alors perçue comme une force externe à l'individu qui détermine quelle entité est un individu (ou unité de sélection).

Une autre implication de la définition de l'individu évolutif se situe dans la position des mécanismes au sein de l'organisme : ils ne sont pas obligatoirement internes, mais peuvent tout aussi bien être externe. Par exemple les bactéries sont imbriquées physiquement et fonctionnellement aux racines d'une légumineuse, sans toutefois se mêler identitairement à son organisme. La légumineuse collabore avec les bactéries pour pouvoir répondre aux pressions de la sélection naturelle sans que leur individualité ne soit mélangée. L'inhibition et la réponse unitaire envers la sélection peuvent se situer à distance de l'organisme. On retrouve la même constatation dans la perspective de Hull : l'unité et l'inhibition n'induisent pas nécessaire une continuité physique. Et en effet, l'organisme fonctionne par l'établissement d'une (ou plusieurs) clôture opérationnelle qui est de l'ordre de la fonction et non de la matière. De ce fait, la clôture peut inclure des entités qui se situent hors du corps de l'individu. Par exemple, bon nombre de

végétaux introduisent dans leur clôture fonctionnelle des insectes ou des oiseaux pour participer à leur reproduction.

Ce qui nous amène à identifier deux types de relations entre entités biologiques à travers ces mécanismes externes : les relations qui font converger deux entités pour les fusionner en une, et les relations qui les lient par une fonction essentielle, mais sans les fusionner. La première pourrait se traduire par le terme de relation symbiotique interne (ou verticale), l'autre par relation symbiotique externe (ou horizontale). L'intrication biologique²⁸ se trouve être au centre de ces deux types de relations symbiotiques.

De manière générale, la relation symbiotique semble relever de l'intrication ; toutes deux soulent une difficulté à identifier un individu dans cet enchevêtrement d'entités. L'intrication et la relation symbiotique réfèrent aussi à la capacité du monde biologique à mettre en évidence la convergence d'entités indépendantes réunies en un seul individu. Il se pourrait alors que le vivant ait une tendance à s'unifier lorsqu'un environnement exerce suffisamment de pression pour qu'elle se produise, comme ce que le suggère l'approche de Clarke avec l'individu évolutif.

Pour rester dans le cadre de la perspective évolutionniste, commençons par étudier la relation symbiotique interne à l'aide de la théorie endosymbiotique. Elle propose de ne plus mettre l'accent sur la transmission génétique par hérédité, qui est le cœur de la position darwinienne, mais plutôt sur la transmission verticale. Ce type de transition traduit simplement un échange de gène entre différentes espèces. Il est très courant dans le monde bactérien. Dans la proposition de l'endosymbiose, chaque individu est alors conçu non par une frontière ou une distinction fondée sur la continuité temporelle (hérédité), mais par les relations interspèces qui le traversent et qui le compose.

²⁸ Nous avons déjà abordé succinctement l'intrication dans l'introduction générale en précisant qu'elle est à l'origine de la pluralité de définitions de l'individu en biologie.

5. *La symbiose interne et l'individuation*

5.1 La relation symbiotique

Commençons par expliquer ce qu'est une relation symbiotique. Il existe plusieurs types de relations symbiotiques : la relation mutualiste dont chaque entité acquière des bénéfices à cette relation. La relation commensaliste dont un seul membre de la relation obtient un bénéfice, l'autre entretient un rapport neutre envers elle. Puis la relation parasitaire, dont l'un des membres a des effets positifs au détriment de l'autre, en général qui est l'hôte malgré lui (Plante, 2019, p. 20). La symbiose fait partie des relations importantes dans la réalité biologique²⁹, elle n'est en rien une exception dans le monde biologique (Gilbert et Hepel 2015 ; Margulis 1998).

Un exemple de relation symbiotique mutualiste est celui de la relation entre la mitochondrie et la cellule eucaryote. Cette relation est si forte que la mitochondrie a transféré une grande partie de son génome à la cellule hôte, déléstant d'une grande partie de son autonomie ; la mitochondrie conserve tout de même la capacité à se multiplier dans la cellule. (Selosse, 2017, p. 217). Toutefois, la mitochondrie peut se dissocier de sa cellule hôte pour en intégrer une autre malgré l'absence de membrane cellulaire. Dans ce cas-ci, la mitochondrie est à la fois une partie lorsqu'elle est dans la cellule, tout en devenant un individu lorsqu'elle quitte sa cellule hôte le temps qu'elle en retrouve une nouvelle.

En résumé, la relation symbiotique traduit le fait de vivre ensemble. La prendre en considération revient à relativiser l'importance de la frontière dans l'individualité, elle entraîne également un réexamen de l'importance de l'autonomie dans le monde biologique, et donc de l'individu biologique (Plante, 2019, p. 20).

²⁹ Il faut tout de même mesurer la place de la relation symbiotique, elle est avec certitude une relation majeure, mais elle n'est pas la relation universelle.

5.2 La théorie endosymbiotique

Afin de saisir comment s'instancie une relation symbiotique, nous allons explorer une autre approche évolutionniste développée par Margulis appelée la théorie endosymbiotique (Margulis et Sagan, [1986] 2022). Elle décrit comment plusieurs entités biologiques coopérantes peuvent devenir un individu biologique à part entière.

La théorie de l'endosymbiose met en évidence que les gènes de chaque individu sont constitués d'un tiers de gènes exogènes. Il n'y a donc pas de gène originel, remettant en cause la frontière identitaire de l'individu pour la rendre perméable. Cette perméabilité nous permet de relativiser l'hétérogénéité comme critère distinctif d'une individualité comme nous l'avons rencontrée, par exemple, lors de l'étude de l'espèce considérée comme un individu ou lors de notre examen de la théorie de la continuité de Pradeu.

La convergence de gènes à l'origine indépendants se produit par la pression sélective, de la même manière que l'identification de l'individu évolutif. Cette convergence forme alors une relation symbiotique. La théorie endosymbiotique décrit avec plus de précision l'action de la pression sélective : lorsque elle agit plus fortement au niveau du tout qu'au niveau de chaque petite entité en relation, il peut être identifié comme un individu biologique.

La conséquence que l'on peut en ressortir est que chaque individu est alors conçu non pas seulement par une frontière ou distinction, mais aussi par ses relations qui le traversent, ce que nous avons désigné par le terme de relation symbiotique interne. De plus, l'hétérogénéité que décrit la théorie endosymbiotique dérive directement de la réalité intriquée horizontalement du monde biologique.

La relation symbiotique interne inclue la notion de coopération, comme le suggère Prévot (2014, 329) : elle permet de ne pas en rester à une simple coévolution entre les individus d'une même

espèce. La coopération se manifeste par une symbiose entre deux entités, dont l'une va intégrer dans son organisme la seconde³⁰. La coévolution implique nécessairement une lutte pour l'existence entre chaque partie de la relation, d'où la nécessité de mécanismes inhibiteur et collaborateur (Prévot, 2014, p. 330).

La coopération autant que la compétition font partie de la construction d'un individu. Le mécanisme de l'inhibition est l'une des explications qui permet d'expliquer la coopération. Par exemple, cela explique la collaboration des parties dans un organisme (en utilisant divers mécanismes, comme celui du système immunitaire), ou l'association des organismes au sein d'un groupe ou une colonie assurée pour lutter contre les pressions se jouant sur le groupe.

Avec l'examen de la relation symbiotique interne, l'individualité semble alors être contextuelle. Cette contextualité n'apparaît pas être méthodologique comme ce qui était laissé supposer par la définition de l'individu évolutif, mais bien ontologique.

C'est pour répondre à ce problème que Selosse propose le concept d'holobionte (2016, 81). Entrons un peu plus en détail dans la description de l'holobionte pour comprendre ensuite comment l'individu pourrait être ontologiquement contextuel. L'individualité se composerait alors de relations éphémères qui entouraient une entité biologique et avec laquelle chaque relation serait interreliée.

L'holobionte est une totalité biologique qui cumule les propriétés de l'organisme hôte et celles de ses passagers. Ces derniers peuvent être temporaires comme héréditaires, donc présents tout au long de la vie, et persistants à travers les générations suivantes. Ces mêmes passagers sont eux-mêmes porteurs de passagers comme l'atteste la fonction respiratoire de la cellule eucaryote. Une interdépendance se fonde alors entre chacune des entités en coopération, rendant

³⁰ Si les deux fusionnent pour former un nouvel organisme sans que l'une ne soit intégrée l'autre dans son organisme, c'est la relation symbiotique externe dont il est question.

possible la compréhension d'un individu comme étant un écosystème complexe. La composition particulière des relations qui constituent l'entité permet de l'identifier comme étant un individu. De ce fait, l'individu biologique pourrait être ontologiquement contextuel. Ce qui continu à nous placer dans le flou produit par l'intrication des relations symbiotiques.

L'holobionte est alors un exemple paradigmatique de la relation symbiotique interne. Décrire ses spécificités nous permet de mettre en évidence l'importance majeure de des relations qui composent l'individu. Les notions de frontière et d'unité sont alors fortement relativisés (Selosse, 2016, p. 84). Mais comme l'admet Selosse lui-même, le concept d'holobionte se construit sur les mêmes bases que l'organisme en tant qu'individu paradigmatique. L'holobionte relève plutôt de la perspective physiologiste, qui intègre dans le fonctionnement interne les relations symbiotiques externes. En d'autres termes, ce concept est construit à partir de la clôture fonctionnelle qui met l'emphase sur les relations.

La relation symbiotique interne traduit donc l'intrication verticale de l'individu biologique, mais aussi son organisation hiérarchisée. Elle identifie la capacité des entités biologique à répondre à la sélection naturelle en s'associant par des actions d'intégration et de collaboration. Par exemple, le lichen qui se compose d'un champignon qui accueille en lui des algues, leur assurant une protection, et ces dernières vont lui fournir un apport en glucide par la photosynthèse. Ainsi, en se basant sur les apports de la théorie endosymbiotique et de la théorie de l'individu biologique, la solution pour dépasser l'intrication qui se joue verticalement semble être la capacité à répondre à la force sélective. Ce que le concept d'holobionte met en avant, c'est que l'intrication horizontale (hiérarchisée) ne peut être résolue par les mêmes outils qui distinguent le tout des parties situées dans un niveau inférieur.

5.3 Les relations symbiotiques externes

Les relations symbiotiques externes est une sous-catégorie de l'intrication horizontale qui lie deux entités par une fonction essentielle. Par exemple, Andy Clark (2017) propose de considérer le stockage interne d'informations et de représentations, qu'effectue un organisme, équivalent à un stockage externe. Un bloc-notes deviendrait alors un organe de stockage qui présente une fonction similaire à la capacité de mémorisation du système cognitif. Sous cette considération, est-il alors légitime de considérer des pots contenant des aliments fermentés, comme du kimchi, comme un processus digestif externe ? Si la réponse est positive, alors un individu se rapproche plus d'un écosystème, se composant surtout de relations horizontales, que d'un organisme décrit par l'approche fonctionnelle. En conséquence, une entité biologique située dans son environnement aurait comme capacité de produire des informations, réaliser des traces dans son milieu qui jouerait un rôle fonctionnel similaire à l'un de ses organes, ou un rôle complémentaire. Par exemple, on pourrait trouver que la construction d'un habitat compléterait le rôle de la fourrure et de l'épiderme en protégeant l'organisme des éléments externe, biotiques comme abiotiques. La particularité de ces informations réside dans l'accessibilité de ces mêmes informations aux autres entités biologiques, mais interprétés différemment, donc remplissant une tout autre fonction. Cela marque l'importance de la communication dans la construction de l'individu biologique. En effet, cette capacité à produire et transmettre de l'information horizontalement pourrait le caractériser³¹. Pour le savoir, il va être question d'approfondir la perspective écologique dans le chapitre qui suit. Le but sera de mettre en évidence les manières dont les différentes entités biologiques tissent des interrelations, ce qui nous offrira un éclaircissement sur la possibilité de ces relations à participer ou non à l'ontologie de l'individu biologique.

³¹ Sans que cette caractéristique soit suffisante à elle seule pour identifier un individu biologique.

III. L'écologie

L'écologie réfère à l'étude du fonctionnement des interactions et des échanges qu'opèrent les entités vivantes entre elles et leur environnement. En sachant que les études réalisées sur les entités biologiques se font en prenant en compte du lieu de vie, cela nous permettra de répondre davantage à la question de la contextualisation de l'individu biologique.

En utilisant les outils théoriques propre à la perspective écologique, nous allons pouvoir déduire une définition de l'individu biologique qui se présentera en ces termes : un individu biologique est une entité capable de créer une niche écologique pour influencer sur son propre développement.

1. La perspective écologique se centre sur les relations

Dans la synthèse moderne abordée lors de l'exposition de la perspective évolutionniste, l'environnement réalise la sélection des individus en les faisant évoluer au fil des générations (Barberousse & Bouchard, 2021, p. 417). Ce qui induit que l'environnement n'est qu'un phénomène causal qui régule les vrais individus. Plus précisément, dans la perspective évolutionniste, l'adaptation d'un individu n'est pas une propriété intrinsèque de ce dernier. Elle émerge par sa rencontre avec un environnement, ce qui lie de manière intriquée l'environnement et l'adaptation (Brandon, 2021, p. 430). Dans ce cas-ci, l'individu est passif envers la sélection naturelle : son adaptation est provoquée par la pression environnementale ou par des évolutions stochastiques (David & Samadi, 2011, p. 257). Ce qui a été constaté par Gould (2007) avec les espèces : elles ne subissent aucune modification tant que leur environnement ne change pas³² (avec de petites variations de tailles). Dans ce cas-ci, les espèces et les organismes qui peuplent un environnement ne sont alors que des parties de ce dernier. Chacun et chacune ne peuvent provoquer de modifications majeures, sans que l'impulsion du changement provienne de l'environnement lui-même. Un changement environnemental provoqué par un élément externe, reviendrait à perturber l'homéostasie du système écologique entier. Pourtant, cette conception de l'environnement ne représente pas à la fois l'évolution des entités biologiques, qui est la plupart du temps ponctuelle, et leur rôle dans leur milieu donné.

1.1 La niche écologique

En réaction à la simplification de la relation qui lie une entité biologique avec son environnement, la perspective écologique propose de produire une description bien plus détaillée de cette part de la réalité biologique.

³² En tant que telle, l'espèce ne change pas, ce sont les individus qui varient d'une génération à l'autre.

Cette perspective se caractérise par une ontologie centrée sur les relations et les communications entre les entités biologiques. En écologie, l'individu biologique étudié se situerait au niveau de l'écosystème, car chaque composant biotique comme abiotique (espèce, sol, atmosphère, rivière, etc.) a une fonction en son sein, devenant un organe coordonné avec les autres.

Deux types d'environnements se combinent pour former un écosystème : (1) l'environnement externe, qui se constitue des facteurs abiotiques comme le climat, les précipitations, la géographie des lieux, et les facteurs biotiques composés des types d'entités vivantes qui habitent dans ce lieu ; (2) l'environnement de sélection, qui correspond à la manière dont chaque environnement va influencer sur les comportements et les composants de l'environnement externe.

L'organisme et l'espèce seraient alors des parties de l'écosystème (environnement), qui lui pourrait être considéré comme l'individu véritable en raison de l'influence qu'il exerce sur eux. Ce sont des parties de l'écosystème qui vont changer en fonction des contraintes et pressions qu'il exerce sur les espèces et les organismes³³.

Un environnement est à la fois un composé d'entités biotique et abiotique, et à la fois une influence exerçant une pression adaptative sur les entités biologiques (parties) qui le composent. Pourtant, il semblerait que ce soient les espèces et leurs actions qui produisent l'environnement. Par exemple, la collaboration entre les végétaux, les champignons et les bactéries a donné lieu à l'émergence des écosystèmes forestiers. Elles ne sont pas de simples parties qui maintiennent leur environnement dans une homéostasie, mais bien des entités indépendantes qui visent à perdurer. Cette volonté de se maintenir dans l'existence révélée par l'expansion de l'espèce entraîne une fragilisation de l'écosystème, car elle entraîne la consommation d'un certain type

³³ Ici, la théorie de l'évolution graduelle proposée par Gould est acceptée implicitement, qui considère qu'une espèce n'évolue pas si son environnement reste constant. Bien entendu, de petites variations apparaissent mais pas au point de créer une nouvelle espèce (comme un changement de taille, de couleur, etc.).

de ressources. De ce fait, affilier l'organisme et l'espèce à de simples organes ou parties nous fait manquer la véritable nature de leur relations entretenue avec leur écosystème. L'environnement, pour les entités qui y résident, se rapprocherait alors bien plus d'un espace local qu'elles aménagent ³⁴.

Lorsqu'on se place au niveau de l'entité biologique, sa consommation de ressources fait qu'elle n'interagit non pas avec son environnement, mais avec les autres organismes qui composent son milieu de vie. C'est l'ensemble de ses interactions qui vont provoquer des changements subtils sur son milieu de vie. L'environnement en tant que totalité va également entraîner des répercussions sur l'entité biologique par les mêmes intermédiaires (Brandon, 2021, p. 455). Une communication indirecte a lieu entre l'entité biologique située à l'échelle de l'organisme et l'environnement situé à l'échelle de l'écosystème. Cette communication est alors médiée par son milieu local.

Tout comme dans un organisme, les cellules n'interagissent jamais directement avec le tout, nous n'entrons pas en interaction avec l'une de nos cellules, il y a toujours des intermédiaires qui font le relai (des systèmes organiques comme des outils technologiques). Pour que les parties puissent interagir avec le tout, c'est toujours par la médiation d'un groupe. Il faut donc un intermédiaire entre une entité biologique et son environnement pour interagir avec. Dans le cadre de l'écologie, cet intermédiaire est désigné par le terme de « niche écologique ». Avec la considération de la niche écologique comme intermédiaire, il semble alors y avoir une possibilité de dépasser l'intrication horizontale.

Le concept de niche écologique est central en biologie. Il désigne de manière générale l'écologie d'une entité biologique, qui correspond à la fois au rôle de l'entité dans l'écosystème,

³⁴ Avec quelques variations selon les espèces, donc certaines comme le loup, qui occupent un large territoire, ou bien un espace forestier constitué principalement de peupliers présentant une identité génétique identique.

tout en désignant son habitat. (Pocheville, 2009). Une entité biologique serait alors identifiée comme un individu biologique parmi les autres entités situées à la même échelle de grandeur grâce à sa capacité à influencer indirectement sur son environnement par la création d'une niche écologique. La niche doit alors présenter des fonctions en concordance avec les spécificités de l'entité qui en est à l'origine. La niche devient alors une sorte d'extériorisation de certaines fonctions organiques de l'entité biologique.

C'est à travers cette niche écologique que les deux autres environnements (adaptatif et externe) transmettent leurs pressions sélectives et leurs impacts³⁵ sur les autres entités biologiques (espèces comme organisme ou gène). La sélection naturelle est alors toujours médiée, ou plutôt provoquée par des entités biotiques comme abiotiques situées à une échelle proche de l'entité identifiée comme étant un individu biologique. Par exemple, le changement climatique mondial est causé par les immenses niches écologiques fabriquées par l'humain.

En prenant en compte qu'une niche est l'extériorisation de fonction d'un organisme et qu'elle permet de médier une influence, alors il semble que les entités biologiques situées dans un environnement ne puissent être considérées comme des parties.

L'une des conséquences est que les entités vivantes ne sont donc pas dans une simple attitude d'adaptation face à leur environnement, mais agissent et transforment leur environnement comme nous l'avons aperçu avec la perspective de l'énergie libre. Et cet ensemble d'actions transformatrices a comme particularité d'influer à la fois sur d'autres entités vivantes présentes, sur son environnement global grâce à sa niche, et sur les générations qui vont suivre (Sterelny, 2021). Ces actions visent à produire un aménagement spécifique et local adapté aux besoins des entités qui les réalisent. Bien entendu, ces niches écologiques ne sont pas une pure refonte comme l'est par exemple, le cas extrême de l'urbanisme humain ou de l'action de certaines

³⁵ Sauf dans certains cas majeurs qui sont d'une ampleur telle qu'ils traversent les échelles.

espèces de fourmis qui dévégétalisent dans un grand rayon autour de leur fourmilière. La plupart des niches vise plutôt un usage facilité de l'environnement externe qui l'entoure pour survivre. Par exemple en réalisant des marquages pour se repérer et indiquer, ou encore en apprenant les éléments constitutifs d'un espace donné. En effet, la niche n'est pas forcément la matérialisation de frontières, elle peut se présenter sous l'aspect d'un modèle qui permet à l'entité biologique d'habiter le lieu. Le modèle représentationnel de Friston met en lumière cette capacité à participer activement à la création d'un espace. Surtout que chaque niche se compose d'un grand nombre d'espèces qui cohabitent et utilisent un même espace, ainsi certaines l'habitent majoritairement par des constructions matérielles, d'autres par la connaissance.

La création de niches écologiques provoque de nouvelles contraintes adaptatives envers l'espèce, elle ne se limite pas à l'entité biologique, car elle apporte des modifications sur les traits des entités à l'origine de ces lieux. En d'autres termes une niche influence les générations qui vont suivre (Laland, Odling-Smee et Feldman, 2001). Ce qui démontre bien l'aspect de relai de la niche entre plusieurs échelles (espèce-organisme ; organisme-environnement externe). Les espèces participent à leur propre évolution par l'intermédiaire de leurs actions sur leur environnement externe, modifiant leur environnement de sélection et les traits des générations qui vont suivre.

La conclusion que l'on peut tirer de ces considérations est qu'individuer une entité, c'est forcément la mettre en relation avec d'autres, jusqu'à constater l'ensemble du système relationnel dans lequel chacune est prise et comprise. L'ontologie de l'individu biologique est alors composée en partie de relations entretenues avec l'environnement. Les conditions physiques et chimiques de leur niche sculptent littéralement leur structure externe comme interne, jusqu'à leur cognition (Callicott, [1985], 2021, p. 111). Pouvoir répondre à la sélection naturelle comme critère distinctif de l'individu biologique n'est alors qu'une partie de la définition de l'individu biologique. La capacité de l'entité à participer à la création de cette

sélection doit intégrer les critères de la définition pour rendre compte de la communication qui se joue.

Ainsi, la relation symbiotique externe illustrée par la capacité des entités biologiques à entrer en relation avec les autres entités situées à son échelle et à extérioriser certaines de ses caractéristiques, permet de montrer que les frontières de l'organisme ne peuvent pas servir de distinction. Mais aussi, que la niche écologique, qui se compose des autres entités biologiques, pourrait servir d'élément distinctif, nous permettant de dépasser le flou provoqué par l'intrication horizontale. L'individu biologique aurait alors comme caractéristique nécessaire, mais non suffisante de produire une frontière médiatrice, se présentant sur le modèle de la couverture de Markov. Les relations symbiotiques internes et externes sont alors la conséquence des intrications horizontales et verticales identifiées en introduction.

On constate également que le concept de niche écologique est un point de convergence entre les relations symbiotiques internes et externes, en raison de sa formation basée sur l'organisation interne de l'entité biologique, et en raison de sa capacité à permettre à l'entité biologique d'interagir avec son environnement de son échelle.

Il va donc être question d'étudier plus précisément le rapport entre la niche écologique et l'entité biologique pour comprendre comment une individuation peut émerger de cette rencontre et quel critère est central dans cette approche. L'individualisation d'un écosystème pourrait provenir des entités vivantes qui le composent ; leur fonctionnement se refléterait dans celui de l'écosystème sans qu'il ne puisse présenter en tant qu'unité totalisée ces propriétés. Nous allons donc reprendre l'approche de Friston contenant l'usage du concept de niche écologique pour décrire la relation entre un organisme et son milieu. Cela va nous permettre de clarifier comment une individualité peut être démarquée d'autres entités biologique en utilisant le critère de la communication.

2. *La niche écologique*

2.1 Dans la théorie de l'énergie libre

Avant d'aller plus loin, résumons ce que nous avons dit de la théorie de l'énergie libre (Friston, 2009, p. 295) : (1) l'organisme résiste à l'entropie grâce à la minimisation de l'énergie libre liée à la surprise. (2) Pour y parvenir, l'organisme agit sur son environnement en testant son modèle de croyance par inférence inductive pour éviter les surprises³⁶. La théorie de l'énergie libre comporte une section consacrée au lien entre niche écologique et entité biologique grâce à la découverte d'une relation d'apprentissage³⁷ qui se joue entre elles.

La théorie de l'énergie libre décrit avec précision le rapport qui se joue entre une entité biologique et son milieu de vie. L'entité en question utilise la représentation comme moyen de réduire l'énergie libre. La représentation inclue également la projection de l'organisation interne de l'organisme sur son milieu local. À l'instar de la perspective écologique, ce réarrangement d'espace est appelé une niche écologique. Et elle permet de diminuer la surprise entraînée par une augmentation de l'énergie libre. En d'autres termes, l'entité biologique évite les événements susceptibles de lui causer des états délétères en réduisant les différences entre son modèle de croyances et son environnement par la réorganisation de ce dernier.

Construire une niche écologique ne se limite pas à se bâtir une maison, elle peut se présenter sous la forme de représentations de son environnement, qui permet tout aussi bien d'anticiper les différents états qu'il peut présenter. C'est ce qu'on appelle « habiter un espace ».

³⁶ Pour sortir du modèle cognitiviste qui ne peut s'appliquer qu'à un type précis d'entité biologique, une représentation interne du milieu externe, est de manière générale d'une autre nature que cognitive, elle peut être cellulaire, hormonale, etc. Par exemple, les fourmis construisent une représentation de leur milieu par des traînées de phéromones, leur offrant une cartographie de leur milieu (nourriture dans cette direction, a posé ce bloc de terre à cet endroit, etc.).

³⁷ Échange et recueil d'informations, donc communication.

Dans ce cadre théorique, les modifications réalisées par l'entité réfèrent à des apprentissages construits à partir d'échanges sensoriels et d'inférences actives. L'entité biologique apprend à connaître son environnement, par exemple, par conditionnement opérant. Ces apprentissages lui permettent d'adopter un panel de réponses adéquat, comme rester là où il y a de la nourriture, ou encore fuir là où il y a des dangers. En résumé, la construction d'une niche est le résultat d'un « apprentissage » par sélection naturelle. Au lieu de le construire, certains types d'organismes vont rechercher un environnement bien précis en apprenant à reconnaître et préférer le meilleur lieu de vie selon leur physiologie.

Cependant, nous avons évoqué précédemment que l'environnement « apprend » aussi sur les organismes qui l'habitent, grâce aux traces que leurs activités laissent (Constant, Ramstead, Veissière, Campbell, & Friston, 2018, p. 5). Pour commencer, l'environnement, qui contient ces informations, est appelé une niche écologique. Les traces ou les informations de la niche ont comme particularité d'être très précises et fiables pour induire les réponses adaptatives chez les entités capables de les interpréter. Cette dernière est alors un système ouvert. C'est pourquoi la niche écologique en tant que système ouvert construit également un modèle des états. Elle « construit un modèle » dans le sens d'une réaction (réajuster son niveau d'énergie) face aux changements effectués par les organismes qui la peuplent. C'est dans cette réaction qu'une influence indirecte a lieu entre les entités biologiques et leur environnement.

En effet, si la niche est une version miniature de l'environnement externe, donc un composé d'entités biologiques et d'éléments abiotiques, alors la matière, qu'une entité précise consomme, extrait et rejette sous forme de traces, va produire une adaptation du côté de sa niche écologique. Les traces de l'entité vont alors être introduites dans sa niche, et le modèle que cette dernière se compose alors de ces mêmes traces. Elles contiennent également les adaptations que la niche a dû produire par l'intermédiaire des autres entités biologiques. De ce fait, on peut qualifier la niche écologique de structure se présentant sous la forme d'une couverture de Markov.

L'entité biologique module son environnement par ses actions amenant à la formation d'une niche écologique. Et cette niche va modifier les pressions que recevait l'entité biologique pour s'adapter à ces actions. Cette interinfluence se poursuit jusqu'à modifier la génétique même des descendances. En conséquence, les entités sont actives dans leur propre sélection en agissant sur leur environnement direct.

En résumé, les actions de l'organisme produisent des modifications biotiques et abiotiques jusqu'à constituer une niche écologique. Par ces changements, des échanges et des communications sensorielles se transmettent entre l'organisme et son environnement, revenant à exercer un « apprentissage » sur la composition de l'environnement. Ce dernier apprend également sur l'organisme et engendre en lui des changements. Une influence mutuelle a lieu.

Ce qu'il est possible de dire de l'ontologie de l'individu à partir du concept de « niche écologique » décrite par la théorie de l'énergie libre, c'est qu'il est le produit de l'environnement. La niche qui en résulte est le produit des actions de l'individu qui cherche à intégrer dans sa clôture opérationnelle son organisation afin de réduire la surprise et l'énergie libre. L'individu est une l'entité biologique qui traduit des données externes en information encodables pour se construire un modèle de croyance. Ce modèle sera ensuite projeté sur son environnement pour le faire coïncider. Ainsi, le critère de la communication inclut à la fois cette relation d'interdépendance, et à la fois le phénomène de traduction d'informations qui a lieu lors du passage d'un milieu à un autre, comme ce que décrit la couverture de Markov.

Cependant, ce critère semble nécessaire pour constituer une définition de l'individu biologique, sans être suffisant. En effet, il ne permet pas d'établir une délimitation claire entre l'entité et son environnement. Les deux semblent faire partie l'un de l'autre. Pour que ce critère mène à une possibilité de distinction, l'ajout d'une dimension phylogénétique pourrait être l'une des solutions.

2.2 Dans la théorie des systèmes développementaux

Si on se situe maintenant dans l'approche de la théorie des systèmes développementaux qui se centre sur la phylogenèse, alors que la théorie de l'énergie libre se centre surtout sur l'ontogenèse, il devient possible d'accentuer un élément de la proposition de Friston, celle de construire un espace qui changerait les pressions environnementales. Cette modification causerait une évolution adaptative pour les générations suivantes. Elles connaîtront un autre environnement par rapport à leurs ancêtres (Godfrey Smith, 2001). En ajoutant la donnée temporelle, une autre distinction pourrait s'ajouter à celle évoquée plus haut entre l'entité et son environnement. En effet, la perspective évolutionniste avait déjà établi une individualité à partir des cycles de vie.

Dans la théorie des systèmes développementaux, la niche écologique traduit un héritage environnemental laissé à disposition d'une entité biologique par ses ancêtres (Griffiths & Stotz, 2018, p. 236). L'héritage environnemental se compose de ressources nécessaires à sa survie, qui ont été produites par l'activité de ses congénères.

La notion d'héritage de la niche écologique qu'inscrit la théorie des systèmes développementaux est également très intéressante, car la niche écologique résulte de l'action de construction produite par plusieurs générations successives, ce qui permet à chaque nouvelle génération de naître dans un lieu déjà investi par le passé. La niche écologique se modifie au rythme des successions générationnelles. Les pressions, les défis environnementaux et sélectifs vont donc différer dans le temps. Et donc par extension, ces pressions, ces défis, et l'accessibilité différencié aux ressources vont produire l'émergence de nouvelles formes chez les entités incluses dans cette niche. La période à laquelle naît une entité biologique peut alors servir de distinction pour la distinguer des autres entités situées dans la même niche écologique. Les communications qu'elles vont produire vont donc se distinguer des communications que

réalisaient leurs ancêtres. Cette distinction est de loin suffisante, mais elle l'un des composants de la frontière.

Dans ce contexte théorique, l'individuation est alors un processus continu. Cette considération entraîne la compréhension que l'individualité change d'intensification dans le temps. Une entité peut alors être à la fois une partie et un individu selon les périodes de sa vie. Mais aussi, une entité peut être un individu lors d'une période spécifique dans la durée de vie de son espèce, puis être considérée comme une partie à une autre période. Par exemple les mitochondries ont intégré la cellule eucaryote au point de perdre une grande partie de leurs gènes. Avant cette période, elles étaient des individus à part entière, puis elles sont devenues des parties. Considérer la situation temporelle et spatiale de l'entité nous permet de voir plus claire dans la contextualisation de l'individualité. Elle nous permet aussi de saisir l'enchevêtrement de l'individu avec son environnement, dont les deux participent à leur construction réciproque.

Les entités biologiques sont donc actives dans leur propre sélection et dans celui de leur espèce en agissant sur l'environnement. La niche écologique qui en résulte est produite par les mêmes types d'interactions qui constituent le modèle de croyance de l'entité biologique. Ce qu'il est possible d'en déduire pour notre définition, c'est que l'individu n'est pas une entité refermée sur elle-même. Son environnement participe à son individualité sous forme interne, comme le modèle de représentations de l'environnement que construit l'individu biologique, ou encore la niche écologique composée de certaines fonctions de l'individu biologique, produisant une extension de son individualité dans son espace de vie. Ces modifications vont par la suite influencer sur le développement des générations suivantes.

En conséquence, il n'y a pas une primauté accordée aux gènes de l'entité biologique pour construire son individualité. Il est impossible d'isoler un gène qui proviendrait exclusivement de l'environnement, ou un gène purement interne. L'individu, étant en interaction continue avec son environnement, poursuit son développement par l'acquisition et la transmission

d'informations réalisé avec sa niche écologique (Barberousse, 2011, p. 398). C'est ce qu'on retrouve au niveau ontogénétique dans la théorie de la continuité proposée par Pradeu qui décrivait l'individu comme un composé hétérogène. L'organisme hétérogène de l'entité est alors comme un écosystème modifiant et régulant les microorganismes qui le constituent, et ces mêmes microorganismes vont influencer sur lui au fil des générations et des traces qu'ils vont laisser par l'intermédiaire de leur niche écologique (Pradeu, 2009, p. 324). Par exemple, les bactéries situées dans le système digestif influent sur le système nerveux central en fonction de la composition des aliments digérés. Ces deux systèmes influencent ensuite la totalité de l'organisme, au point d'affecter les comportements alimentaires, faisant ainsi varier la composition bactérienne du système digestif. La théorie des systèmes développementaux nous permet d'ajouter que l'hétérogénéité ne se manifeste pas uniquement au sein de l'organisme, mais également autour de l'organisme. Ce qui implique qu'une définition de l'individualité devra inclure ces deux sources d'hétérogénéité : interne et externe, dans lesquelles se manifeste la transmission d'informations.

Par ailleurs, une entité biologique vivant dans sa niche écologique risque d'interagir uniquement avec certains aspects de son environnement local, ce qui provoque une intégration de l'entité dans la clôture opérationnelle de l'environnement, augmentant la probabilité de la faire devenir une partie. L'individualité est alors toujours contextuelle, elle est un rapport entre une entité biologique et son environnement.

Les sciences de l'environnement et de la biologie nous démontrent empiriquement une interconnexion très dense qui relie chaque communauté d'entités biologiques, dont leur existence est assurée par ces connexions changeant et se modifiant par ces mêmes relations. Chaque entité est alors partiellement constituée par le réseau complexe d'interaction réciproque entretenu avec les autres entités de son environnement.

L'approche écologique a permis de mettre en évidence que la dichotomie intérieur/extérieur, sur laquelle se centrent les autres approches, doit être décentralisée. À la place, l'interconnexion devrait plus être considérée. Cependant, en nous centrant sur cette connexion, nous rencontrons une nouvelle fois l'intrication à l'origine de la difficulté à dissocier les différentes entités entre elle pour identifier un individu.

Cependant, les différentes approches de la niche écologique nous ont permis de mettre en évidence un critère essentiel : la communication. Ce critère réfère alors aux échanges essentiels qui se jouent entre chaque entité vivante pour se maintenir dans l'existence. Établir une communication, c'est former un agencement qui ne se ne fait pas uniquement par un déplacement d'objets, il se fait également par marquage chimique, une connaissance du lieu, etc. Ce critère traduit la capacité de l'individu à, à la fois, recevoir de l'information (chimique, moléculaire, cognitive, etc.) provenant de son environnement externe comme interne, et à la fois à envoyer de l'information dans son environnement extérieur pour l'agencer. C'est aussi en partie ce que décrivait la perspective de l'énergie libre, mais aussi la perspective de la niche écologique et celle des systèmes développementaux. L'individualité est alors toujours contextuelle, elle est un rapport entre une entité biologique et son environnement.

Le critère de la communication pourrait traduire cette interconnexion, et l'imprégnation de l'environnement dans l'individu. Seulement, il est certain que ce critère devra être nécessaire, mais certainement pas suffisant pour construire la définition de l'individu biologique. Car il n'offre pas la possibilité de distinguer suffisamment les individus entre eux.

IV. Conclusion

L'individu biologique a nécessairement besoin d'autres entités biotiques et abiotiques pour exister. Cela en raison de la nature hiérarchique et imbriquée de la réalité biologique illustrée par les relations symbiotiques internes et externes.

Les sciences de l'environnement et de la biologie nous démontrent empiriquement une interconnexion très dense qui relie chaque communauté d'entités biologiques, dont leur existence est assurée par ces connexions (Nicholson & Dupré, 2018, p. 20). C'est pour cette raison qu'au fil du temps, une même espèce qui se trouve dans deux écosystèmes différents va se différencier jusqu'à ne plus pouvoir être classifiée comme appartenant à la même espèce.

Il y a donc deux types d'imbrications à l'origine du flou et de la pluralité de définitions : (1) la hiérarchisation correspondant à l'intrication verticale ; (2) les relations symbiotiques (interne, externe) correspondant à l'intrication horizontale. Ces deux types constituent les deux principales difficultés liées à la définition de l'individu biologique.

Ensuite, les théories de l'approche physiologique ont mis en évidence une distinction qui se fonde sur la clôture opérationnelle ou fonctionnelle. Une partie est un composant d'un tout grâce à sa fonction, formant une interdépendance entre les parties. Et un individu se referme, ou se clos, grâce à cette interdépendance, produisant une distinction vis-à-vis des éléments exogènes.

Les théories de l'approche évolutive ont mis en avant l'unité. Un individu est alors une entité biologique capable de répondre unitairement à la sélection naturelle.

Il semble que chacune de ses approches présente une incompatibilité avec les autres, en raison de l'accent mis sur un critère précis, comme la communication, l'unité ou la distinction. Pourtant, chaque définition semble intégrer les trois critères, mais avec une organisation et un degré d'importance relatif.

Sous l'ensemble de ces considérations, le concept d'individu biologique nous permettrait de saisir différemment le terme « individu ». Traditionnellement défini par « ce qui ne peut être divisé en lui-même », on peut maintenant le définir comme « ce qui ne peut être divisé de son environnement externe comme interne ». Cette rectification n'offre toujours pas la possibilité de dépasser la difficulté liée aux deux intrications. Elle permet seulement de mettre en évidence la présence de l'intrication comme dimension essentielle de l'individualité biologique.

En effet, l'approche de l'écologie ou encore la théorie de la continuité ont mis en évidence que chaque organisme est partiellement constitué par le réseau complexe d'interaction réciproque entretenu avec les autres organismes de leur environnement. Il est bon de préciser qu'aucune loi stricte n'a été extraite pour décrire les interactions entre l'organisme et son environnement, donc entre la biologie et les sciences de l'environnement (Nicholson & Dupré, 2018, p. 20). Pour certaines entités biologiques, ce réseau complexe est si ancré et fondamental pour leur survie qu'il devient difficile d'établir une véritable distinction entre elles et leur environnement, ce qui entraîne un débat pour percevoir un individu ou plusieurs, comme nous l'avons vu avec les relations symbiotiques internes et externes.

Un individu biologique est alors toujours pris dans un ensemble ou une structure qui va déterminer sa place et son comportement. Ces derniers vont ensuite influencer sur ces mêmes espaces comme ce que nous apprenait, par exemple, la perspective de l'énergie libre. L'individu peut donc soit s'intégrer à la structure environnementale, soit s'extraire ou être exclu. Entre ces deux extrêmes, une infinité d'autres modalités d'inclusions est possible, traduite par la richesse du monde biologique. En résumé, l'intrication et l'inclusion engendrent un flou sur l'entité à individuer.

Ainsi, avec l'ensemble de cette sélection de propositions de définition, il n'est pas possible de différencier des individus biologiques pour la simple raison que l'intrication n'est jamais

totallement dépassée. On ne peut pas différencier les entités biologiques de leur environnement, et donc des autres entités biologiques. Car les deux types d'intrications ne sont pas suffisamment inscrits et considérés dans les définitions.

Les intrications horizontales et hiérarchiques (verticales) qui caractérisent les entités biologiques reste alors un frein à définir l'individu biologique si elles ne sont pas expliquées, car elles rendent floues la possibilité de compter comme une entité avec certitude. De plus, la nature interreliée, mise en avant par les relations symbiotiques reliant plusieurs entités situées à une même échelle, doit alors apparaître dans une définition de l'individu biologique. En conclusion, nous sommes arrivés à un point où on constate qu'il nous est difficile de distinguer un individu de son intrication horizontale (relation interne et environnementale) et verticale (imbrication hiérarchique). D'où la présence d'une pluralité de définitions qui engendre une compétition entre elles.

CHAPITRE 2 : LES ORIGINES DU PLURALISME

Le second chapitre aura pour objectif de montrer que malgré les divergences qui empêchent les définitions d'être compatibles, des convergences existent bien entre elles. Les convergences proviennent de la récurrence de certains critères dans les différentes définitions. Leur identification nous servira à construire l'aspect ontologique de l'individu biologique. Cependant, une définition composée uniquement de ces critères ne pourra pas introduire l'entièreté des aspects de l'individu biologique. Pour atteindre une certaine universalité, la définition devra inclure d'autres dimensions que celle de l'ontologie. Pour parvenir à cet objectif, ce chapitre est organisé en deux sous-sections.

Dans un premier temps, il va être nécessaire d'explicitier les divergences entre les différentes définitions et leur limite respective à l'aide d'exemples. À la suite de cette analyse, le constat de divergences apparaissant en raison d'un contexte à la fois environnemental et disciplinaire sera possible. Néanmoins, le pluralisme reste indépassable si on se limite à cette étape. Pour parvenir à le dépasser et à construire une définition de l'individu biologique minimale et universelle, des similarités vont devoir être identifiées entre les différentes définitions.

Le deuxième temps va très justement identifier les convergences entre les différentes définitions. Elles se présenteront sous l'aspect de similarités structurelles perceptible à travers la redondance de certains critères utilisés dans les différentes définitions. Ces similarités se retrouvent dans l'utilisation de trois critères instanciés par des mécanismes différents selon l'objet d'étude. Par cette similarité structurelle, il devient possible de percevoir un lien entre les définitions. Cependant, ce lien n'est pas suffisant pour dépasser le pluralisme de définitions. Car chacune d'elles arrive à décrire une partie de la réalité, toutefois sans être exempte de limites. En effet, les trois critères constituant l'individu biologique ne suffisent pas à résoudre

pour chaque exemple le problème de l'intrication, et à rendre compte de leur variation dans leur instanciation.

Le chapitre trois aura alors comme objectif de proposer de nouveaux critères comme moyen de distinguer les entités entre elles, revenant à les individuer, tout en prenant en compte les intrications verticales et horizontales sans tomber dans une thèse qui défendrait qu'il n'y ait pas des individus biologiques, mais justes un grand tout comme Gaïa.

I. Les divergences à l'origine du pluralisme

L'examen des divergences entre les différents cadres théoriques et leurs définitions nous permettra de comprendre les raisons de ce pluralisme compétitif. Par la suite, son possible dépassement sera abordé dans la seconde partie.

Afin de comprendre les divergences qui séparent les définitions proposées, il va être question d'appliquer chaque définition à plusieurs exemples issus du monde biologique afin de constater quelle entité peut être identifiée comme étant un individu. Cette application nous donnera la possibilité de pointer les limites de chacune des définitions. Débouchant ainsi sur la justification de l'utilisation de certains critères au profit d'autres. Nous aurons alors les raisons des divergences entre les définitions de chaque perspective.

1. *Au sein même de la perspective physiologique*

1.1 Le foyer spatiotemporel

La première définition présentée dans le chapitre 1 était celle de la continuité spatiotemporelle proposée par Hull. La définition de l'individu biologique était « toute entité spatio-temporellement localisée qui se développe continûment à travers le temps, présente une cohésion interne à tout moment, et est raisonnablement discrète à la fois dans l'espace et le

temps » (Hull, [1978], 2021 , p. 213). Les trois grands critères contenus dans cette définition sont : la distinction par la limitation spatio-temporelle, l'unité et la communication par la cohésion interne. Les mécanismes qui soutiennent les critères de l'unité et de la communication sont principalement ceux du goulot d'étranglement et de l'identité génétique.

Tentons maintenant de l'appliquer à deux entités biologiques souvent mobilisées pour tester une définition de l'individu biologique, celui du pissenlit et ensuite celui du faux-tremble. Lorsque nous l'appliquons au peuplier faux-tremble (*Populus tremuloides*) grâce aux caractéristiques de la continuité spatio-temporelle (distinction), l'identité génétique et le goulot d'étranglement (cohésion et unité), l'individu ne semble pas se situer au niveau de l'arbre, mais au niveau du genet. L'individu est alors considéré comme un superorganisme, car la continuité fait que chaque ramet est le prolongement des autres s'il n'y a pas de rupture entre eux. En effet, ils sont tous la matérialisation de l'expansion du foyer spatiotemporel qu'est le genet grâce à la propagation de stolons. Ces propagations ne se produisent pas par une rupture spatiotemporelle comme ce que décrit le goulot d'étranglement, ce qui amène à considérer chaque ramet issus des stolons comme des clones. En effet, ce mode de propagation traduit une homogénéité génétique. C'est pourquoi de nombreux biologistes, tout comme la définition de Hull, suggèrent de considérer la forêt de peuplier faux-tremble comme étant l'individu, et chaque arbre comme une partie.

Pourtant, cette individualisation n'est pas si évidente qu'il n'y parait. Des ruptures de terrains peuvent perturber la continuité spatiale qui lie chaque ramet entre eux, rendant plusieurs caractéristiques impossibles à utiliser pour qualifier le genet d'individu. Ces potentielles ruptures remettent sur le devant de la scène l'autonomie de chaque arbre. La rupture rend visible l'autonomie des arbres, ce qui relativise leur qualification de partie au service d'un organisme. Indépendamment de l'identité génétique, les ramets pourraient être de simples entités reliées aux autres pouvant postuler au statut d'individu. En effet, une partie se distingue d'un tout par

son impossibilité à maintenir son existence en dehors de celui-ci, créant ainsi une continuité spatiale. Pourtant, dans l'exemple du faux-tremble, les ramets peuvent survivre sans cette liaison, ce qui pose un doute quant à sa qualification en tant que partie comme le seraient des organes.

En considérant le genet comme l'individu, la question que l'on peut en déduire est : si les ramets démontrent une possibilité de déployer des mécanismes assurant une survie indépendamment d'une connexion avec le genet, pourquoi une telle connexion réduirait-elle l'individualité des ramets ? La définition proposée par Hull ne nous permet pas d'y répondre. Lorsqu'on abstrait le faux-tremble et qu'on idéalise son cas (sans considérer les relations avec son environnement), alors l'individu est le genet.

Regardons maintenant comment la définition s'applique sur l'exemple du pissenlit. Sa particularité réside dans sa reproduction asexuée formant des clones tout comme le faux-tremble, mais avec comme spécificité de ne pas présenter une continuité spatiale entre chaque tige de pissenlit. En effet, un champ de pissenlits présente la même identité génétique, mais sans continuité spatiotemporelle. De ce fait, avec la définition actuelle, l'individu se trouverait au niveau de la tige, car elle seule remplit le critère d'être discret dans l'espace et le temps. Mais, ce que l'on constate avec le mécanisme de l'identité génétique, c'est la présence d'une cohésion interne provoquée par une homogénéité génétique. Cette cohésion se manifeste par une possibilité pour les différentes parties d'entrer en contact entre elles et d'éliminer une possibilité d'être considéré comme extérieur à l'organisme. Cette cohésion n'est pas interne à la tige, mais interne au groupe. Elle est alors à l'origine d'une unité chez le pissenlit à ce niveau. On constate que la continuité spatiotemporelle et l'identité génétique entrent en confrontation. Le premier mécanisme semble indiquer que l'individualité se situe au niveau de la tige, alors que le second la situe au niveau de l'ensemble du champ ou groupe. Pour conserver une cohérence, il faudrait se séparer du mécanisme de l'identité génétique pour ne garder que ceux

du goulot et de la continuité si l'on souhaite individuer la tige, ou inversement si l'on souhaite individuer le groupe (décision qui ajoute une dimension arbitraire dans l'individuation). On constate qu'il nous faut d'autres mécanismes à la définition qui soutiennent les critères pour pouvoir individuer avec précisions, comme celui de la sélection naturelle.

Ainsi, avec l'application de la définition proposée par Hull, il est possible de constater une limite provenant d'une trop grande affiliation implicite entre individu biologique et organisme animal, en raison de l'accent placé sur la continuité spatiotemporelle. L'organisme apparaît comme ce qui ressemble le plus à un individu en raison de ses frontières très facilement délimitables et de sa capacité à produire des actions volontaires (Hernandez, 2018, p. 34). Le critère de la distinction, référant à la continuité spatiotemporelle constituée des mécanismes du goulot d'étranglement et de l'identité génétique, fonctionne très bien lorsqu'on l'applique à l'animal, mais présente très rapidement des limites appliquées à d'autres formes de vie. Par exemple, ces mécanismes sont difficilement utilisables pour des entités qui se reproduisent de façon asexuée (bactéries, faux-tremble, etc.) comme nous l'avons vu avec les exemples du faux-tremble et du pissenlit.

L'affiliation organisme/ individu n'apparaît pas être si évidente. En effet, lorsqu'on sort des exemples des organismes animaux, on se heurte à la question de ce qu'est un organisme³⁸, mais surtout que ses limites ne sont pas aussi claires. Par exemple, dans les *Peri phuton historias*, Théophraste expose la difficulté de dire où commence et où termine une plante, correspondant au problème de la distinction de l'individualité (Marder, 2018). Cette indétermination réfère à la possibilité des parties de devenir à leur tour un tout contenant de nouvelles parties (problème de l'intrication, comme l'illustre le cas du peuplier faux-tremble). Mais aussi, elle

³⁸ Cette définition présente elle-même une absence de consensus dans la communauté des biologistes (Hernandez, 2018, p. 36).

réfère à la capacité du végétal à présenter un nombre indéterminé de parties, contrairement à l'animal qui présente tout au long de sa vie un nombre de parties déterminé (membres, organes, etc.). La variation du nombre n'est le résultat que de causes fortuites (accidents, mutations, etc.). C'est pourquoi il est possible de voir dans les plantes des « images singulières de l'universel, les points d'entrée déterminés-indéterminés dans un monde bien plus large que celui des plantes » (Marder, 2018). En d'autres termes, ce qui limitent la définition proposée par Hull lorsqu'elle est appliquée aux végétaux, c'est en partie en raison de leur caractéristique d'interconnexion très forte avec l'environnement.

Par exemple, l'organe hybride d'un végétal appelé rhizome composé de champignons, de bactéries et de racines végétales connecte l'organisme avec l'ensemble de la forêt. Cette interconnexion correspond à ce que nous avons désigné par le terme d'intrication verticale (échelle de grandeur) et horizontale (connexion entre entités à une même échelle). Le critère de la continuité spatiale devrait alors inclure celui de l'identité génétique, au risque de devoir individu la totalité de la biosphère en raison de l'intrication.

En creusant davantage ce que disent les mécanismes sur lesquels se base Hull, d'autres limites émergent, même concernant l'organisme animal le plus commun. L'exemple du Diable de Tasmanie le démontre bien. En utilisant la définition de Hull, ce serait le groupe entier qui serait individué et non chaque organisme. Or, une telle individuation provoquée par le mécanisme de l'identité génétique irait à l'encontre du mécanisme de la continuité spatiotemporelle. Donc, dans ce cas-ci le critère de l'identité génétique devrait être abandonné. Mais les autres critères de la définition reposent principalement sur ce critère.

En réalité, la définition de Hull avait pour objectif de réfuter l'individuation de l'espèce et non de servir dans la pratique. Est-elle alors invalide ? En considérant son objectif et les données sur lesquelles elle s'appuie, il semble que non. Le champ d'action de la définition est

juste très limité ; elle se restreint à réfuter l'individuation des espèces. Il se pourrait que les objectifs des définitions doivent être considérées pour développer une définition générale.

En l'état actuel, il est possible d'émettre le constat que certaines caractéristiques sont trop spécifiques pour être utilisées dans une définition de l'individu biologique pour individuer un nombre élevé d'entités biologiques, comme celle de la limite spatiotemporelle. À la fois cette caractéristique est trop générale, car elle ne cible pas précisément un mécanisme et à la fois trop spécifique, car elle n'est utilisable que pour un faible nombre d'espèce. On constate que des mécanismes concrets doivent expliquer l'instanciation des critères choisis sous peine de ne pas être applicables sur le terrain.

La définition basée sur la limite spatio-temporelle rencontre des difficultés lorsqu'on tente de l'appliquer à d'autres entités comme le faux-tremble absolument pas ignorées de Hull. En plus d'avoir comme objectif de réfuter l'individuation de l'espèce, Hull réservait à la définition un second objectif : celui de mettre en évidence les limites à se centrer sur l'organisme comme modèle paradigmatique de l'individu pour construire une définition. Hull avait tout à fait conscience que cette définition de l'individu biologique basée sur les limites spatiotemporelles provenait de nos propres conditions d'existence. Cette définition avait alors pour but uniquement d'être applicable pour les organismes similaires à ceux des animaux. C'est alors une définition pragmatique qu'a élaborée Hull afin de mettre en exergue certaines limites à cette affiliation individu/organisme. Elle diffère alors des autres définitions par cette visée pragmatique et de mise en évidence des limites.

Pour dépasser les limites de sa définition, Hull propose comme solution de construire une définition physiologique de l'individu biologique qui arrive à s'extraire de nos impressions phénoménales influençant le lien entre organisme et individu (Pradeu, 2009, p. 261). Toutes les conceptions centrées sur l'organisme, comme la physiologie ou la morphologie, pourraient parfaitement construire une définition de l'individu biologique si une théorie les réunissait

(Pradeu, 2009, p. 259). Et si les autres perspectives, comme la perspective évolutionniste ou la perspective écologique, étaient mises en relation avec la perspective physiologique. La théorie qui en résulterait permettrait de se dissocier de nos conditions d'existence.

Hull prévient également que l'aspect multiniveau³⁹ de l'individu biologique apporte comme exigence de devoir préciser si la définition devra établir un niveau paradigmatique de l'individu ou si cette définition relèvera d'une individuation qui se reproduit à chaque échelle de grandeur. Dans les deux cas, on ne peut échapper au problème lié à l'explication des transitions entre les différents niveaux d'individus (Maynard-Smith, 1995 ; Michod, 1999).

Ce sont sur ces conseils que nous allons nous baser pour proposer une définition de l'individu biologique. Mais avant d'y arriver, la définition de l'autopoïèse va être analysée à la lumière des enseignements des autres théories. Le but sera aussi de mettre en avant les spécificités qui distinguent cette définition des autres, ainsi que les limites qui empêchent d'en faire une définition générale.

1.2 L'autopoïèse

Pour récapituler cette théorie, l'autopoïèse caractérise l'individu biologique par une autodétermination et une auto-organisation, qui lui donnent une indépendance fonctionnelle envers un milieu qui agirait sur lui. Le sujet d'étude est l'individu ontogénétique qui a comme particularité de maintenir son individualité à chaque instant par une autoproduction de ses composants. Le maintien de son individualité fait référence à l'utilisation d'énergie externe pour résister à la dégradation, donc à l'entropie (Hernandez, 2018, p. 97). La définition de l'individu biologique proposée était : une machine vivante capable de produire ses propres

³⁹ Que nous avons identifié sous le terme d'échelle et qui relève du problème associé aux intrications.

composants (autopoïèse), dans le but de maintenir son homéostasie. Elle se construit principalement par les critères de la distinction, de l'unité et de la communication.

L'homéostasie du système est produite par différentes relations entre les mécanismes. La relation provoque un fonctionnement en système circulaire, que Varela nomme une clôture opérationnelle, qui permet une autodétermination (Hernandez, 2018, p. 107). L'individu ne serait pas le fruit d'un déterminisme extérieur, mais le fruit de ses propres mécanismes ; il devient acteur de son ontogenèse et de son individualité.

Pour résumer, l'homéostasie se comprend à la fois comme une autoréférence du système complet (relation globale), et à la fois comme une unification par l'interdépendance de ses processus (relation locale) (Varela F. J., [1982] 1989, p. 45). L'homéostasie et la clôture opérationnelle démontrent qu'un système biologique est à la fois un système fonctionnel clos et un système dynamique ouvert. Car les parties agissent collaborativement pour continuer d'exister et maintenir un milieu propice. L'organisation globale qui en résulte reste seulement ouverte aux échanges d'énergie et de matières avec son environnement (Hernandez, 2018, p. 143). Ce qui en résulte est une unité tournée fonctionnellement vers l'intérieur (Varela F. J., [1982] 1989, p. 190). L'individu émerge alors de l'indépendance que peut prendre cette organisation vis-à-vis de son environnement (Varela, [1982] 1989, p. 47).

Dans la théorie autopoïétique de Varela, l'individu paradigmatique est la cellule. Pourtant, il semble qu'avec les critères et les mécanismes mis à disposition, la cellule pourrait ne pas être l'individu paradigmatique, sauf si elle est abstraite de l'environnement (comme pour le cas du faux-tremble appliqué avec la théorie de la continuité spatiotemporelle). En effet, dans

un organisme, les cellules se développent dans l'organe de la forme⁴⁰ qui va agir sur le fonctionnement de leur système fonctionnel.

Cet exemple issu de l'ouvrage de Varela décrit cet organe comme le fondateur de l'unité d'un organisme en liant spatialement les cellules entre elles, avec comme spécificité de permettre les échanges et interactions entre les cellules rapprochées (local), et une liaison entre une cellule avec le tout (global) (Varela F. J., [1982] 1989, p. 103). Cet organe présente une autre spécificité : il est créé par les cellules de l'organisme, sa composition dépendra du type de cellules qui le construit et l'entretient. L'organe, à son tour, influence le développement des cellules qu'il enveloppe.

Sur ces considérations, la clôture opérationnelle entre l'organe de la forme et les cellules nous pousse à individuer l'organe de la forme, plutôt que la cellule seule (Varela F. J., [1982] 1989, p. 108), car c'est lui qui semble être clos fonctionnellement, dont les cellules ne sont que des parties de ce tout. L'organe de la forme étant une frontière autopoïétique. Bien entendu, l'organe est ici également abstrait de son propre environnement. De ce fait, l'autopoïèse comme critère ne nous donne pas la possibilité de distinguer une cellule de cet organe, faisant la combinaison des deux, cellules + organe, l'individu biologique. Il semble alors que la définition de l'autopoïèse peine à proposer une identification claire entre un tout et une partie.

On pourrait argumenter que, tout comme dans le cas des unités de sélection, il y a plusieurs niveaux d'organisation autopoïétique. Or, dans la perspective autopoïétique, un niveau paradigmatique de l'individu est postulé, qui est celui de la cellule. Bien entendu, l'autopoïèse se réalise aussi par d'autres types de mécanismes situés à des échelles de grandeurs différentes, mais ces instanciations restent des dérivés de l'autopoïèse cellulaire. Ce qui semble apparaître,

⁴⁰ L'organe de la forme est la structure spécifique qui permet la coexistence spatiale des cellules dans un agrégat qui opère comme un organisme unique (Varela F. J., [1982] 1989, p. 106).

c'est une difficulté à distinguer un organisme de son environnement lorsque des relations fonctionnelles les lient, comme dans le cas de la cellule et de l'organe de la forme.

Appliquons maintenant la définition autopoïétique au cas du faux-tremble. Il est possible de décrire le ramet comme une entité close fonctionnellement qui produit ses propres composants tout en étant son centre fonctionnel. Quant au rôle du genet, ce dernier n'entretient qu'un échange d'énergies, d'informations et de matières, il n'est pas inscrit dans la clôture opérationnelle de l'arbre. Le fait qu'il y est une rupture des stolons ou non ne change pas l'individualité du ramet. Il conserve dans les deux cas, connecté ou non, sa clôture opérationnelle et sa capacité autopoïétique ; son ouverture thermodynamique n'est pas une perturbation pour son individualité.

En d'autres termes, même s'il y a une continuité spatiotemporelle entre le ramet et le genet, le fonctionnement physiologique du premier ne dépend pas du second. La clôture opérationnelle n'intègre pas la connexion avec le genet ; cette connexion permet juste un apport en nutriment, ce qui est de l'ordre d'une relation thermodynamique. Le critère de la distinction s'actualise par le mécanisme de clôture opérationnelle.

En rester à ces considérations ne serait pas une application complète de la définition sur le cas du faux-tremble, car une abstraction de l'arbre envers son environnement se produit. Nous n'avons pas pris en compte des caractéristiques du faux-tremble comme ses rhizomes. On pourrait considérer que les champignons sont intégrés fonctionnellement aux racines de l'arbre, ne changeant rien à son individualité. Pourtant, si les champignons du rhizome sont une partie de l'arbre, alors comment comprendre l'interrelation que ces mêmes champignons entretiennent avec les racines d'autres arbres de la forêt, ne se limitant pas à la même essence. En raison du critère de la distinction basée sur la clôture opérationnelle, on se retrouve au point de départ à se demander si c'est la forêt (ne se limitant pas au genet) ou l'arbre l'individu en considérant

une des parties du ramet. Des choix arbitraires dans la sélection des parties à considérer ou non semblent produire une difficulté à individuer avec certitude.

Les champignons et autres bactéries sont essentiels pour la survie de l'arbre, l'ajout du rhizome n'est pas une donnée secondaire. Par exemple, l'implémentation de pins d'Europe sur les continents africain et américain échouait systématiquement, sauf lorsque leur terre d'origine était introduite. Son efficacité provenait des organismes qu'elle contenait, nécessaires à la croissance du pin. Avec cette incertitude, le constat de l'insuffisance de l'autopoïèse se manifeste clairement.

Les différentes applications de la définition ont mis en évidence une limite qui provient de la clôture opérationnelle et la place de l'environnement qui se limite à n'être qu'une relation thermodynamique.

Dans la théorie de l'autopoïèse, le mode d'interaction qui existe entre un système autopoïétique et son environnement est comme nous l'avons vu, celui de son ouverture thermodynamique, correspondant aux échanges de matières et d'énergie. Ce mode d'interaction est une condition nécessaire pour que le métabolisme obtienne les matériaux et l'énergie nécessaire afin de réaliser les fonctions liées à l'autopoïèse et au maintien de son individualité. Une dépendance envers son environnement est donc nécessaire avant même l'autopoïèse. En somme, certains mécanismes régulateurs impliquent des organismes différents. Pour qu'il soit un individu, il faut qu'un flux de matières et d'énergie circule. La théorie de l'autopoïèse ne traite pas de ce type d'interactions en raison de sa focalisation sur la clôture opérationnelle (et donc de son autonomie fonctionnelle). Écarter la relation thermodynamique signifie alors que l'environnement est compris comme une simple source de perturbation, ce qui minore le rôle des ressources disponibles et de leur impact sur le fonctionnement de l'individu autopoïétique (Hernandez, 2018, p. 184). Ce qu'illustre très bien l'exemple de l'organe de la forme : il est un environnement créé par les cellules qui les intègre opérationnellement dans son fonctionnement.

Et les cellules intègrent également leur environnement dans leur clôture causale. Il faut préciser que la compréhension de l'environnement comme un perturbateur est influencée par les cadres de pensée dominant de la théorie de l'évolution et du néodarwinisme auxquels la théorie autopoïétique n'échappe pas. Ainsi, la clôture opérationnelle ne permet pas de rendre compte de la dépendance du système envers son environnement, et les relations qui s'y jouent. Or, les exemples démontraient une certaine nécessité de considérer l'environnement pour percevoir clairement es distinctions entre l'entité et son environnement.

Cependant, le système autopoïétique intègre fonctionnellement son environnement par les perturbations qu'il provoque sur sa structure. Plus précisément, les relations avec l'extérieur sont des extensions des processus internes. Ces relations ont pour but d'intégrer les logiques de son environnement pour améliorer ses interactions qui sont déterminées par l'organisation de l'entité et non par l'objet extérieur (Hernandez, 2018, p. 186). De ce fait, ce qui est représenté⁴¹, ce n'est pas l'environnement avec ses lois et contraintes, mais les contraintes d'actions ou bénéfiques de l'organisme. L'individualité est alors bien plus floue qu'il n'y paraît en utilisant l'autopoïèse et la clôture opérationnelle.

Ce qui provoque deux compréhensions contradictoires : (1) l'entité biologique s'enferme dans sa clôture, qui elle-même va compenser les perturbations de l'environnement. Par exemple, l'arbre dépend très spécifiquement de certains symbiotes intégrés dans sa clôture opérationnelle. Mais il ne s'"ouvre" pas aux parasites ou aux changements drastiques de température, sa clôture (et autres mécanismes) offre une possibilité de les maintenir hors de son intérieur vulnérable. L'entité biologique ne vit qu'en elle. C'est là l'une des principales

⁴¹ La représentation ne se limite pas à une représentation cognitive, mais à toute sorte de représentation (moléculaire, hormonale, trace, etc.).

faiblesses de l'approche autopoïétique, car on manque totalement la nature intriquée du monde biologique qui caractérise justement les entités biologiques (Hernandez, 2018, p. 187).

(2) inversement, du point de vue d'un observateur qui réalise l'individuation par une définition, l'organisme n'est plus la frontière de l'individu, en raison de ces projections de son organisation sur son environnement. L'individu autopoïétique est au contraire vaporeux et diffus dans l'environnement.

Varela est conscient qu'un système autopoïétique est fermé sur lui-même. Il propose comme illustration le système immunitaire comme un système entièrement tourné vers l'intérieur (Varela F. J., [1982] 1989, p. 135). C'est pour cette raison que Varela reconnaît la limite du critère de l'autopoïèse, il ne peut donner une description satisfaisante de l'individu biologique (Varela F. J., [1982] 1989, p. 180).

La définition autopoïétique trouve une autre limite dans sa non-exclusivité à l'individu biologique. Elle peut s'appliquer à tous les systèmes autocatalytiques. En effet, c'est là une forte critique adressée à la théorie de l'autopoïèse. La clôture opérationnelle est réalisée par bien d'autres systèmes (sociale, politique, linguistique, etc.) et ne permet donc pas de décrire spécifiquement le système biologique. Un système autopoïétique ne serait qu'une sous-représentation d'une clôture opérationnelle, réalisant une clôture de production par la matérialisation d'une limite topologique (Hernandez, 2018, p. 173). D'où la difficulté pour cette définition de résoudre les intrications verticales et horizontales.

En résumer, définir l'individu à partir de la définition issue de la théorie de l'autopoïèse ne donne que la moitié de ce qu'est un individu biologique. En effet, ce serait uniquement individualiser une entité par sa propre phénoménologie, en tant que système fermé. Comme nous l'avons souligné, un système autopoïétique n'a pas d'input ou output. C'est sa clôture opérationnelle qui détermine de quelle manière les interactions (ou perturbations supportées)

avec l'environnement se produiront. En d'autres termes, c'est à partir du panel de possibilités déterminé par son organisation que la réponse est construite. Ce qui le rend difficilement individualisable par la projection de son organisation sur son l'environnement.

En raison de la limite évoquée, la théorie autopoïétique n'est pas à même d'introduire les relations avec son environnement, et d'expliquer les interactions entre parties endogènes et exogènes qui se jouent tout au long de la vie d'un individu et qui participent à son individuation. Pour le dire plus simplement, utiliser l'autopoïèse est insuffisant pour servir de critère distinctif clair entre le tout avec son environnement (externe), les parties avec le tout (interne).

Le critère de la distinction basé sur le mécanisme autopoïétique nous apparaît comme nécessaire, mais non suffisant. En un mot, l'intégration fonctionnelle reste un critère trop vague pour devenir un critère d'individuation (Pradeu, 2009, p. 265). La conclusion que l'on peut en tirer est que l'individu paradigmatique que Varela a choisi apparaît être de l'ordre méthodologique et non ontologique, ce que la lecture de son ouvrage appuie en conclusion. Pour pallier ces difficultés, la théorie de l'énergie libre semble offrir une proposition satisfaisante.

1.3 L'énergie libre

Résumons les principes de la théorie de l'énergie libre pour pouvoir ensuite l'appliquer à des exemples concrets : (1) les organismes résistent à l'entropie grâce à la minimisation de l'énergie libre liée à la surprise. (2) Pour y parvenir, l'organisme agit sur son environnement en testant son modèle de croyance pour éviter les surprises ; (3) son modèle de croyances repose sur des inférences bayésiennes (Friston, 2009, p. 295) .

La définition de l'individu biologique formulée à partir de la théorie de l'énergie libre était : un individu biologique est une organisation autopoïétique qui représente son environnement sous

forme de modèle médié par une couverture de Markov. Cette définition se construit principalement par les critères de la distinction et de la communication.

Il va être question d'appliquer cette définition au cas du faux-tremble pour constater quel niveau sera individué par rapport aux précédentes définitions. Lorsqu'on se centre en premier lieu sur le critère de la frontière sous forme de couverture de Markov, nous avons vu que ce serait la forêt qui serait considérée comme l'individu. En ajoutant les apports de la théorie de l'énergie libre, qui correspond à la capacité de l'entité biologique à produire un modèle de son milieu par traduction, alors l'individu resterait au niveau du genet. Cette capacité à former un modèle produirait une distinction entre deux milieux, celui de l'entité et celui de son environnement. Mais cette caractéristique ne permet pas de différencier les ramets entre eux, car leurs comportements adaptatifs produits en fonction de leur modèle restent stéréotypés, propres à leur espèce.

C'est la raison pour laquelle on retrouve l'individu au niveau de la forêt, car chaque ramet va produire les mêmes comportements, avec des variances selon leur panel de possibilités offert par leur environnement. Mais sachant qu'ils se situent dans un même milieu, on pourrait considérer que la variation reste négligeable. Cela devient alors difficile de considérer l'arbre autrement que comme une partie du genet. En effet, la nécessité de les séparer ne présente pas une utilité ni pratique ni théorique, en raison des mêmes types de rapports, comportements, et représentations qu'ils produisent. Quant aux autres entités vivantes (champignons, bactéries et autres végétaux) rattachées au genet, leur modèle respectif suffirait à les distinguer du genet. De plus, la forêt de faux-tremble engendre de véritables influences sur son environnement, accroissant son potentiel de survie en réduisant les états délétères.

Pour résumer, le genet est considéré comme un individu biologique grâce à : (1) sa capacité à fournir des comportements en réponse à son milieu de vie ; (2) ses comportements⁴² visent à restreindre les états possibles de son environnement ; (3) ses mécanismes physiologiques, ses traductions et ses échanges sélectionnés composent la frontière indirecte ; (4) son organisation autopoïétique lui assure une autonomie relative.

Malgré notre tentative d'appliquer concrètement cette approche, une limite pointe la difficulté à utiliser le critère de la couverture de Markov. En effet, même avec l'exemple du faux-tremble, il reste difficile à véritablement être mobilisé, sauf à partir d'une version vulgarisée. Le cadre formel dans lequel se situe la couverture de Markov nécessiterait la mobilisation de calculs très complexes. La description de la frontière indirecte proposée restait très vague en raison de l'approche fonctionnaliste qui cadre la théorie de l'énergie libre. Cependant, si la couverture de Markov est conservée dans les explications, c'est par son apport significatif dans une compréhension simplifiée de la manière dont une distinction opère par traduction.

Ainsi, l'individu se compose en partie de son environnement, non pas par l'ajout de matière à sa structure, mais par l'intégration sous forme de modèle du fonctionnement de l'environnement. Nous avons donc une description fonctionnelle de l'individu biologique et de sa manière d'intégrer son environnement. Il va maintenant être question d'appliquer une définition qui décrit l'intégration structurelle d'entités dans l'organisme de l'individu biologique et les impacts que cela cause sur l'individualité des entités et de l'organisme hôte.

1.4 La théorie de la continuité

⁴² Entendu de façon très large, comme une réponse (p. ex., produire une enzyme est un « comportement »).

Comme nous l'avons vu, la théorie de la continuité individualise une entité par sa capacité à discriminer une entité externe d'une entité endogène par son intégration fonctionnelle, mais aussi par sa capacité à interagir avec chaque partie. Ces deux capacités sont réalisées par le système immunitaire. L'individu biologique est alors défini comme une unité fonctionnellement intégrée, dont les parties entretiennent une dépendance causale (Pradeu, 2009, p. 268). Cette définition se compose principalement des critères de la distinction et de la communication, comme pour la théorie de l'énergie libre. Une division des tâches est alors présumée, reposant principalement sur le modèle de la division des cellules germinales/somatiques. Cette division permet à chaque entité biologique d'acquérir une identité phylogénétique avec les autres membres de son espèce, tout en conservant une singularité ontogénétique non transmissible.

La théorie de la continuité se distingue des autres théories physiologiques par la considération de l'intégration progressive de nouvelles entités exogènes dans un organisme. Cette intégration se produit par leur capacité à s'intégrer fonctionnellement.

Pour intégrer fonctionnellement un organisme, l'entité biologique doit assurer une communication constante et d'intensité faible avec le système immunitaire. Ainsi, contrairement à la théorie de l'autopoïèse, la clôture opérationnelle n'est pas fermée.

En appliquant la théorie de la continuité sur le cas du faux-tremble et en utilisant le critère germe/soma et l'intégration fonctionnelle propres à la théorie de la continuité, le genet est alors l'individu biologique. Le ramet conserve la possibilité de devenir à son tour un individu s'il se voit séparer du genet. Il est alors un individu en puissance⁴³.

⁴³ Aussi appelé « individu faible » dans la littérature dédiée aux questions de l'individu biologique.

En effet, si on revient à l'une des objections adressées au critère de la continuité spatiotemporelle mettant en avant la scission de stolons que des glissements de terrain ou d'autres accidents pourraient occasionner, le ramet ainsi séparé peut de nouveau être qualifié d'individu. Il devient impossible de savoir dans la pratique si un ramet est un individu biologique. Ainsi, dans le cas du faux-tremble, la définition de la théorie de la continuité présente des limites dans son application pratique.

Tentons d'appliquer la définition de la théorie de la continuité proposée par Pradeu sur un autre type d'entités biologiques, celui du puceron, pour introduire la dimension d'hérédité (donc évolutionnaire) de l'individu biologique. En effet, elle est présente de manière sous-jacente par l'acceptation du critère de la distinction germ/soma (Pradeu, 2009, p. 280). Se reproduisant par parthénogenèse, chaque puceron est identique génétiquement, pourtant l'individualité ne se situe pas au niveau du groupe. En effet, chacun d'eux est en symbiose avec des bactéries indispensables à la réalisation de certaines fonctions essentielles à la survie du puceron. Le symbiote constitué d'endobactéries est unique selon son hôte en raison de mutations qui surviennent durant la vie du puceron, modifiant par ce biais la capacité de survie (sa fitness) du symbiote bactérien. Cette particularité permet d'établir une distinction entre les différents pucerons. La conséquence de cette distinction basée sur la singularité des symbiotes bactérien sur l'individualité est que les pucerons sont en compétition les uns envers les autres, cela malgré leur identité génétique. La variation de leurs endobactéries modifie la valeur adaptative des pucerons. L'individualité se situe alors au niveau de l'organisme puceron et non au niveau du groupe en raison de la composition hétérogène et singulière de chaque organisme, rendue possible par l'intégration fonctionnelle d'entités exogènes par le système immunitaire.

Cette caractéristique est sans doute applicable pour la majorité des entités clonales, comme pour les pissenlits, en raison de leur relation symbiotique avec des bactéries et champignons (Pradeu, 2009, p. 283). Ce que cet exemple met également en avant, c'est la nécessité d'examiner

attentivement la singularité physiologique et les relations qui la compose afin de déterminer ce qui compte comme un individu.

Seulement, avec ces exemples, nous dérivons de la théorie de la continuité par un décentrement de l'importance du système immunitaire. Ce dernier ne devient plus le principal élément, mais juste un mécanisme qui introduit des entités exogènes ou qui les refuse. Sous le constat que le système immunitaire n'a pas été utilisé pour appliquer la définition de la théorie de la continuité, mais juste les caractéristiques mises en avant, il est possible d'y voir une limite dans l'utilisation du système immunitaire lui-même. Il n'est présent que chez un nombre restreint d'entités vivantes, qui sont principalement les entités animales. Cette approche offre un critère intéressant, mais insuffisant, car inadapté pour d'autres types d'entités vivantes comme les végétaux.

Une autre limite réside dans le fait qu'il met l'accent sur l'intérieur de l'organisme, cette limite provient tout simplement de l'angle fonctionnel qu'utilise cette théorie. Elle nécessite d'être associée à une autre perspective qui ajoute un angle différent, comme nous l'avons vu avec l'ajout du cadre de la théorie de l'évolution pour l'exemple du puceron.

L'intégration d'éléments exogènes par le système immunitaire qui engendre de nouvelles questions : comment une entité vivante autonome se voit-elle intégrer à un système devenant une partie de ce dernier ? Est-ce que cette entité conserve une individualité ? Si l'organisme se compose d'entités potentiellement individuelles, peut-il encore être qualifié d'individu ? On retrouve les mêmes questions déjà posées par l'exemple du faux-tremble. Si on retombe toujours sur les mêmes problématiques, c'est que les mécanismes qui soutiennent le critère de la distinction ne peuvent suffire.

1.5 Spécificité de l'approche physiologique

À travers l'application des différentes définitions physiologiques sur des exemples, il est possible de faire le constat que l'individu biologique est défini en partie par son organisation fonctionnelle, qu'arrive bien à synthétiser l'autopoïèse et la théorie de la continuité rassemblant plusieurs caractéristiques, comme l'homéostasie, ou encore l'intégration fonctionnelle (clôture opérationnelle), qui situent le niveau de l'individu biologique sur l'organisme. Malgré cette apparentée, les différentes théories utilisent des critères qui leur sont propres, faisant apparaître l'individu différemment. En d'autres termes, le découpage qui délimite l'individu dans son environnement diffère selon les définitions. Par exemple, le ramet est l'individu pour la définition de l'autopoïèse et de la continuité, mais devient une partie dans le cas de la définition de la continuité (en excluant les cas particuliers comme les ruptures de stolons). Les raisons d'individuer un niveau plutôt qu'un autre vont également différer, en raison de la considération de mécanismes soutenant les différents critères.

En restant à ce niveau de description, la perspective physiologique porte comme principe que l'individu se caractérise par la mêmété (correspondant à la capacité de rester identique à soi et pouvant se limiter à soi-même pour perdurer dans l'existence), comme ce que montre l'autopoïèse référant à la reproduction de ses composants et le maintien de son organisation malgré les changements, ou l'énergie libre et la création de représentations issues de traductions qui servent d'éléments pour s'adapter, ou encore la théorie de la continuité qui décrit l'intégration d'éléments exogènes par leur capacité à s'intégrer fonctionnellement, donc sans perturber l'état initial.

Pourtant, la mêmété n'amène pas à une individualisation spécifique à l'entité biologique, comme il a été mentionné dans les limites de l'autopoïèse. En s'axant sur les mécanismes de maintien, un grand nombre de systèmes peut être inclus. Le critère de la distinction basé sur l'immunologie, au contraire, présente une trop grande restriction, ce qui restreint l'individu biologique à l'organisme animal.

Les différentes théories de l'approche fonctionnelle portent le risque de limiter l'individualité aux frontières matérielles imposées par l'organisme, comme la peau. Et pourtant, au sein même de cette approche, la théorie de l'énergie libre pourrait suggérer que l'individualité dépasse les frontières nettes de l'organisme, en se basant sur l'intégration fonctionnelle, les représentations de son environnement et la création d'une niche écologique.

Par exemple, est-il légitime de considérer la fermentation des aliments dans des pots comme un processus digestif externe entrant dans l'intégration fonctionnelle de l'organisme humain⁴⁴ ? Si on considère les bactéries et champignons internes (dans le système digestif) assurant la fermentation et la dégradation de produits alimentaires comme faisant partie de l'individualité d'un humain, alors ces entités biologiques qui réalisent la même fonction, mais à l'extérieur de l'organisme (pour rendre comestibles des aliments, comme pour les légumineuses) elles devraient également en faire partie. Néanmoins, nous sommes enclins à refuser de considérer ces pots comme des parties de notre individualité, car elles sont à la disposition d'autres individualités en raison de leur distance spatiale, malgré leur fonction vitale similaire à celle réalisée dans le système digestif (prédigestion et assimilation). Considérer notre bocal de lactofermentation situé dans le placard faisant partie de notre individualité est difficile. On perçoit l'influence de l'aspect phénoménologique du critère de la distinction et de l'unité basée sur la continuité spatiale qu'avait dénoncé Hull avec l'exemple de sa définition. Alors que des vêtements présentant une fonction analogue (reproduire la fonction d'une partie de l'organisme) à celle des bactéries de fermentation et digestion, semblent plus acceptables de les intégrer dans notre individualité grâce à leur fonction de protection (barrière), de proximité et de significations sociales et culturelles.

⁴⁴ Un analogue biologique de la thèse de l'esprit étendu (extended mind).

Prenons un autre exemple pour répondre au précédent basé cette fois-ci sur celui de la représentation extériorisée de notre organisation. Andy Clark (2017) propose de considérer le stockage interne d'informations et de représentations d'un organisme équivalent à un stockage externe comme l'est un livre, ou une trace de molécule. En utilisant la perspective de l'énergie libre, il semblerait que l'intuition de la continuité spatiotemporelle ne soit pas aussi évidente qu'elle apparaît : pour qu'un livre soit considéré comme constituant d'une individualité, il doit servir dans le temps présent ou être disponible, à réduire les erreurs de prédictions et augmenter l'adéquation du comportement envers un environnement précis. Lorsqu'il n'est pas utilisé, il ne fait pas partie de l'individualité ; on conserve encore le critère de la proximité spatiale et temporelle. Seulement, ce livre contient des traces qui proviennent de l'individu et qui lui sont accessibles en tant que potentiel prêt à être utilisé, ou encore un potentiel qui peut se traduire, dans le langage de la perspective de l'énergie libre, comme un état souhaitable dans lequel il est possible d'entrer (l'état d'accès à l'information stocké dans le livre). Ce qui pourrait être similaire à une compétence d'un organisme accessible dans certaines situations. On retrouve ici une version simplifiée de la niche écologique composée des traces que laisse un organisme.

Si l'organisme ne semble pas être la frontière de l'individualité, et si d'autres entités peuvent faire partie d'un individu par des relations symbiotiques, alors où s'arrête l'individualité ? L'approche physiologique nous donne des outils intéressants pour traiter le cas des entités animales, mais présente des limites pour les autres types d'entités biologiques.

Les définitions physiologiques n'intègrent pas toutes l'environnement comme une cause de l'individuation d'une entité, contrairement à la théorie de la continuité et à une certaine mesure la théorie de l'énergie libre. L'absence de l'environnement laisse suggérer que l'individu se construit par lui-même et doit se protéger de l'extérieur en se renfermant sur son intérieur. Ce qui est en partie vrai, mais ce n'est qu'une des dimensions de l'individu biologique. Par exemple, la clôture opérationnelle dépasse les frontières de l'organisme. La théorie de la continuité

contient en germe l'aspect individualisateur de l'environnement en introduisant l'intégration progressive de nouvelles entités biologiques dans le corps par l'apprentissage du système immunitaire. La perspective de l'énergie libre tenait le rôle d'introduire l'environnement dans la définition, mais sa limite réside dans son pouvoir explicatif limité à décrire comment l'individu maintient son individualité dans un environnement changeant (la mêmeté). Or cet aspect n'est qu'une dimension qui compose l'individu biologique.

Ainsi, au sein d'une même perspective résident des divergences dans le découpage des individualités dans un environnement donné. Les intrications verticales et horizontales poussent à une certaine forme de découpage qui semble arbitraire et guidé par des mécanismes mis en évidence par une théorie. Malgré tout, il semble que le critère de la distinction est particulièrement mis en avant plan, donc découlent les autres critères. Les critères de la distinction (par exemple, la limite spatio-temporelle), de la communication (l'intégration d'entités exogènes dans la clôture opérationnelle) et de l'unité (clôture opérationnelle) traversent les différentes définitions de l'approche physiologique ⁴⁵. Cependant, les instanciations réalisées par des mécanismes différents, changeant le découpage de l'individuation. Cette difficulté pourrait émerger d'une concentration trop forte sur les mécanismes internes (métabolique et physiologique) et l'ontogenèse, au détriment de l'apport de l'environnement. Pour faire simple, il faudrait tenter de sortir des limites de l'organisme, ce que le cadre de la perspective de l'évolution avec une approche phylogénétique réalise, sans pour autant perdre les apports de la perspective physiologique.

⁴⁵ Ce point sera abordé en détail dans la partie 2 de ce chapitre

2. *Au sein même de l'approche évolutive*

2.1 Les différentes unités de sélection

L'approche évolutionniste comporte comme divergence avec les approches physiologiques des définitions qui ne se limitent pas à des mécanismes internes producteur d'une individuation. L'environnement, par ses actions de sélection, façonne l'individu et le construit en provoquant des adaptations jusqu'à mener à une évolution. Pour rappel, l'individu (l'unité de sélection) s'identifie comme tel grâce à sa capacité à répondre unitairement à la sélection naturelle. De ce fait, la perspective évolutionniste se situe au niveau phylogénétique, alors que la perspective physiologique examine les entités au niveau ontogénétique (bien entendu, l'approche de l'évolution ne se limite pas exclusivement à la phylogénèse, elle intègre aussi les apports de l'ontogénèse).

Dans la théorie de l'évolution, l'individu est compris comme un ensemble de parties qui répond unitairement à la pression environnementale par divers mécanismes. Par exemple, c'est par la variation environnementale qu'une espèce évolue en plusieurs branches (Gould, [2007] 2012), de la même manière que se produit l'individuation d'une entité. Mais ces mécanismes sont aussi tournés vers l'extérieur et non principalement vers l'intérieur.

Il va être question maintenant de constater les divergences entre les différentes théories qui composent la perspective de l'évolution grâce à l'application des différentes définitions.

Appliquons les définitions de l'unité de sélection comme réplicateur et de interacteur sur différents exemples.

Pour rappel, dans ce contexte théorique, l'unité de sélection peut se comprendre de deux manières : comme réplicateur (se reproduit) ou comme interacteur (interagit avec son environnement) (Wilson, 1999). Selon ces deux interprétations, l'individu biologique n'apparaît pas au même niveau.

Pour l'interacteur appliqué au cas du pissenlit, l'unité de sélection se situerait au niveau du groupe, car avec son mode de propagation asexué, le critère de l'identité génétique produit une inhibition de la compétition entre les tiges situées dans un même champ (pression sélective). C'est alors le champ composé de toutes ces tiges qui est en compétition avec le reste de l'environnement (toutes les autres entités biologiques) (Janzen, 1977). C'est donc le groupe qui interagit unitairement avec la sélection naturelle même si ce mode de reproduction engendre une rupture spatiale. La continuité prédominante est alors temporelle (l'hérédité).

Dans le cadre du réplicateur, traduisant l'entité biologique capable de se reproduire en inscrivant les pressions environnementales, le cas du pissenlit en tant qu'unité de sélection présente son individualité au niveau de la tige. Chaque variation (comme des mutations génétiques) qui adviendrait au cours du développement sera transmise à la génération suivante. De ce fait, les tiges de pissenlits entrent dans le processus de sélection naturelle. Cependant, le véritable individu, en tant que réplicateur, reste le gène. La tige en tant qu'organisme n'est que le véhicule des gènes. Leur persistance par transmission à travers les organismes en fait d'excellents candidats, sans pour autant exclure de petites modifications au cours de l'évolution. L'organisme réalise le transport des gènes au fil de ses reproductions. On retrouve ici une forte influence de la perspective physiologique intégrée à un cadre évolutionniste darwinien.

Ce que l'on peut constater de ces deux applications, c'est qu'il est possible de produire une identification de l'individu à partir d'un certain type de caractéristiques. Cependant, d'autres types sont négligés, ce qui fait apparaître une certaine forme d'arbitraire dans ce choix. L'adhésion à l'une des définitions semble reposer sur une capacité à convaincre. C'est la raison pour laquelle nous allons plutôt nous tourner vers la proposition de Clarke avec la définition de l'individu biologique, qui arrive à inclure l'interacteur et le réplicateur en plus d'autres éléments de la théorie de l'évolution. .

L'individu évolutif se définit comme un ensemble de parties produisant des mécanismes qui lui permettent de répondre unitairement à la sélection naturelle. Chaque partie voit sa compétition avec les autres inhibées par d'autres mécanismes.

La capacité d'une entité à répondre unitairement à la sélection naturelle donne la possibilité de distinguer un tout de ses parties et le tout de son environnement. De ce fait, les parties se différencient par leur incapacité à répondre par des mécanismes à la sélection naturelle, et le tout se distingue de son environnement par sa manière à répondre à la sélection naturelle, tout en inhibant la compétition entre ses parties. Par exemple, dans un organisme, les parties ont perdu une certaine capacité d'autonomie au profit d'une spécialisation, alors pour une espèce, chaque partie conserve leur autonomie, et donc se rapproche plus d'un agrégat que d'une unité fonctionnelle. Par exemple, chez les mammifères, une partie ne peut pas évoluer au détriment des autres parties de l'organisme, une coévolution les lie ensemble par une inhibition de la concurrence. En revanche, chez d'autres entités vivantes comme pour certains champignons ou végétaux, des parties peuvent évoluer seules et concurrencer d'autres parties (Clarke, 2016, p. 131). Mais ces végétaux ou ces champignons conservent la dénomination d'individu en raison de leurs cellules qui évoluent par sélection de groupe. Il n'y a qu'une seule lignée épigénétique chez ce champignon ou chez ce végétal, une inhibition de la variation génétique héréditaire est contenue. L'ontogenèse est combinée à la phylogenèse pour identifier une individualité.

Reprenons l'exemple de la légumineuse avec ses bactéries racinaires issu de l'article de Clarke pour appliquer la définition de l'individu évolutif (2020, p. 7-8). Un ensemble combiné d'une plante légumineuse avec les bactéries associées ne forme pas un individu évolutif en raison d'une absence de transmission phénotypique⁴⁶ entre ces deux groupes. Les différences que vont

⁴⁶ C'est dans la transmission phénotypique que se trouve la notion d'héritage propre à la perspective évolutive darwinienne de la proposition de Clarke.

subir les bactéries au cours des générations ne vont pas se transmettre (ou que très rarement) à la plante et ses générations suivantes. Il en va de même pour la plante, ses mutations ne vont se transmettre qu'aux générations futures de la plante excluant les bactéries. Bien entendu, plusieurs traits vont émerger grâce aux couples bactéries-plantes sans toutefois les lier. Leur évolution ne se suit pas de manière unifiée, elle est simplement parallèle, c'est pourquoi il n'est possible de qualifier ce couple d'individus évolutifs. Il se peut qu'au cours du temps les bactéries intègrent le végétal pour devenir une partie, liant ainsi leur destin évolutif. La plante pourra ainsi transmettre à ses graines un échantillon de bactérie comme le cas du puceron qui transmet directement dans ses œufs son microbiote. Mais cela entraînera d'autres conséquences sur l'individualité.

Ainsi, dans le cas de la légumineuse, il n'y a donc pas deux parties, mais seulement deux individus qui interagissent entre eux. La bactérie attachée à la légumineuse conserve une indépendance dans sa reproduction. Elle peut toujours sortir de cette relation symbiotique sans mourir. Le mécanisme qui nous sert à identifier l'individualité est celui de l'indépendance dans sa transmission génétique et dans sa possibilité de s'extraire d'une relation.

Tentons maintenant d'appliquer la définition de l'individu évolutif au cas du peuplier faux-tremble. Les ramets sont considérés comme des individus s'ils produisent des mécanismes répondant à la sélection naturelle et réduisant la compétition au sein de leur physiologie. L'un des mécanismes à considérer serait celui de la reproduction clonale. Elle entraîne une réduction de la variation génétique, et donc une sélection des composants génétiques de l'organisme. La reproduction asexuée d'un ramet rattaché au genet par propagation de stolon produit une individuation plus faible chez l'arbre par rapport à d'autres plantes utilisant une reproduction sexuée⁴⁷. De ce fait, ce mode de reproduction produit une inhibition de la concurrence entre les

⁴⁷ On pourrait considérer la production de stolons comme une sorte de goulot d'étranglement génétique.

arbres, c'est alors l'ensemble du genet qui interagit avec la sélection naturelle. Chacun des ramets n'étant qu'une des parties du genet. La variation évolutive au sein des différents ramets ne diffèrerait pas vraiment entre chacun d'eux. Il y a la présence de certains mécanismes d'individuation sans que ceux-ci soient suffisamment effectifs pour faire du ramet un individu. Cela voudrait dire que le genet est l'individu biologique.

Cependant, les entités clonales ont comme particularité d'avoir une durée de vie bien plus longue que les entités sexuées. Une entité se reproduisant par un mécanisme de reproduction sexué à une durée de vie plus courte, mais avec un degré de variation interne bien plus atténué. Alors que la reproduction par clonage implique un grand nombre de divisions cellulaires qui induit de fortes mutations stochastiques chez chaque clone. Dans le cas du faux-tremble, un ramet pourrait engendrer une différenciation par mutation et ainsi créer une compétition entre eux par différenciation. En effet, ces mutations peuvent engendrer une différenciation de fitness et ainsi favoriser certains organismes en dépend d'autres. Par exemple, si au sein du genet, certains ramets ont un gène B qui leur permet d'avoir une meilleure captation de nutriments accentuant leur croissance que les ramets qui en sont dépourvus, alors on pourrait penser, sur la même base qui nous a permis d'établir l'individualité du ramet, que celui pourvu du gène B est plus compétitif et se reproduit plus facilement (une meilleure fitness). Pourtant, avec la spécificité de l'espèce du faux-tremble, et leur connexion au genet, il semble au contraire que ce soit les ramets dénués de ce gène qui sont le plus rependus, car le genet diffuse équitablement les ressources entre les ramets, modifiant la fitness de chacun. De ce fait, l'individualité devrait se situer au niveau du genet, car ce dernier présente un mécanisme qui inhibe la sélection au niveau plus bas. C'est un mécanisme analogue à l'altruisme évolutif (Clarke, 2012, p. 354). Il faut donc tenir compte de la structure particulière de l'espèce et des autres niveaux.

L'inhibition du genet sur ses parties est alors à reconsidérer. Le critère du mode de reproduction doit alors être combiné à d'autres pour être utilisable. Par exemple, pour une toute petite

population d'un mammifère, il lui est très difficile d'assurer une diversité génétique, ce qui engendre une quasi-similarité génétique entre les organismes, les faisant devenir des quasi-clones.

Les critères doivent toujours être utilisés selon le cas particulier de l'entité étudiée et le contexte théorique (l'objectif de l'étude, la perspective utilisée, etc.). D'où l'objectif pragmatique de la définition que propose Clarke, car sa définition a pour vocation d'être surtout utilisable et praticable sur le terrain pour individuer. L'exemple du faux-tremble illustre la raison pour laquelle Clarke s'oppose à une individuation par l'identité génétique (et les critères qui amènent à celle-ci) sur la raison qu'il n'est pas possible d'observer cette unité génétique partagée par l'ensemble des cellules de l'organisme (sans compter qu'un bon nombre d'entre elles provient de l'extérieur, comme les bactéries). L'individu génétique est une entité idéalisée, qui même s'il peut se relever utile, amène à des erreurs certaines, ou au mieux à des flous (Clarke, 2012, p. 345).

Clarke concentre donc sa perspective vers un but principalement pratique, exécutable sur le terrain. Et c'est là l'une des spécificités de sa proposition et le rejet de certains critères qui ne peuvent être appliqués en pratique. L'individuation d'une entité doit se faire au cas par cas en prenant en compte l'ensemble des niveaux hiérarchisés, permettant de déceler les différents degrés d'individualités des niveaux. Pour rester dans ce pragmatisme et appliqué au faux-tremble, l'individu serait alors le genet.

L'une des limites que l'on peut adresser à la définition de l'individu évolutif cible son principe premier : la sélection naturelle d'unités. Il est le socle du critère central de la définition de l'individu évolutif. Comme le soulève Richard C. Lewontin, très peu de données pratiques permettent de vérifier expérimentalement que les phénomènes observés sont bien le résultat de la sélection naturelle (Lewontin, [1970] 2021, p. 29). Ce constat vient réfuter fortement le but pratique que motive la définition de l'individu évolutif, car cette dernière se construit

essentiellement sur la sélection naturelle qui permet d'identifier un individu. Très certainement consciente de cette limite Clarke conserve un *statu quo* concernant le cadre hégémonique de la théorie de l'évolution en attendant de trouver une autre perspective. En effet la sélection naturelle présente de nombreux points noirs, comme son impossibilité à expliquer l'apparition d'une représentation exacte d'une espèce de champignons sur les ailes du papillon Kallima (Staune, 2017, p. 317). Ainsi, le critère de la réponse produite unitairement à la sélection naturelle à une utilité pragmatique, mais reste trop tributaire de la capacité explicative accordée à la sélection naturelle.

Toutefois, dans la définition de l'individu évolutif la sélection naturelle avait pour rôle d'inclure l'environnement. Pourtant, en faisant intégrer le milieu par la sélection naturelle, on revient à le réduire à un rôle de perturbateur à l'instar de la perspective physiologique. Ce qui porte le risque de concevoir l'individu comme un dôme qui cherche à se protéger de l'extérieur, tout en conservant des ouvertures dont l'accès est rigoureusement contrôlé. Les perturbations sont alors compensées par les mécanismes physiologistes, à la fois avant d'intégrer l'environnement comme la distinction germ/soma ou le goulot d'étranglement, et à la fois au cœur même de l'environnement grâce à des mécanismes, comme l'adaptation autopoïétique ou encore le système immunitaire (et sa capacité d'« apprentissage »). Bien entendu, cette limitation de la communication pourrait nous servir à dépasser l'intrication qui caractérise le monde biologique. Mais cette limitation est surtout de l'ordre méthodologique, et non ontologique. On risquerait alors de masquer une partie de l'ontologie de l'individu biologique.

La privation des spécificités de l'environnement ne serait-elle pas l'une des causes de la pluralité de définition ? Plus précisément, chaque définition extraire un rapport particulier qu'entreprendrait un individu avec son environnement. L'environnement participe dans une large mesure à l'individualité d'une entité, il doit alors figurer dans la définition, mais les critères que nous disposons présentement ne peuvent pas rendre compte de son rôle, autrement

que par la sélection naturelle. Clark reconnaît également que sa proposition de définition présente une limite dans sa capacité à dépasser le pluralisme de définition (Clarke, 2010, p. 313).

Dans les exemples illustrant la définition de l'individu évolutif, ce sont surtout les relations internes d'un organisme qui sont utilisées, comme avec les gènes, les bactéries ou encore les mécanismes internes. Or, les rapports extérieurs à l'organisme ne sont pas tellement pris en compte. Par exemple, pour le faux-tremble, seul son rapport avec le genet et avec les autres arbres a été considéré. Or, un arbre entre également en interrelation avec d'autres espèces, correspondant à l'intrication horizontale, comme des insectes ou des mammifères, dont cette relation produit une fonction essentielle pour chacun d'eux. Par exemple, avec la dissémination des fruits par les oiseaux et les mammifères. Si ce type de relation n'est pas souvent considéré, c'est parce qu'elle sort du cadre théorique physiologiste dans laquelle continue de s'inscrire la définition de l'individu évolutif, mais aussi par le choix que chaque définition réalise sur les relations avec l'environnement à considérer. Cependant, même si certains types de relation sont une relation ponctuelle et non pas continue, comme celui de la dissémination de graines par des insectes, elles restent un élément essentiel dans le fonctionnement de l'entité, et donc pour son individualité. Par exemple, un arbre va diffuser dans l'air des phéromones lorsqu'il est attaqué par des parasites dans le but d'attirer les prédateurs de ce même parasite. De ce fait, ce prédateur fait partie intégrante d'une forme de système analogue au système immunitaire (contact permanent avec les phéromones, changement soudain de la composition chimique des émanations, reconnaissance entre un élément néfaste et un élément bénin, etc.). Nous constatons donc qu'une définition de l'individu biologique est construite par de nombreux choix réalisés en fonction d'objectifs d'étude. L'individu biologique serait-il alors ontologique et méthodologiquement contextuel ? Il nous est pour le moment impossible de répondre à cette question, les chapitres 3 et 4 seront justement consacrés à la traiter.

Ainsi, le cadre de l'évolution offre différentes définitions qui se distinguent par le choix des mécanismes qui interagissent avec la sélection naturelle. Que ce soit par une réponse à la sélection naturelle faisant de l'unité de sélection un interacteur, ou par la transmission génétique faisant un répliqueur. La définition de l'individu biologique apporte en plus de la capacité à répondre unitairement à la sélection naturelle, celle d'inhiber la compétition entre les parties. Pourtant, l'usage de la sélection naturelle et de l'évolution amène toujours à considérer l'individu comme se refermant sur lui pour se protéger de l'environnement, par une adaptation fonctionnelle. De ce fait, l'environnement composé des deux types d'intrications n'est pas encore intégré de manière satisfaisante, qui rendrait compte de la nature intriquée du monde biologique.

3. Au sein de l'approche écologique

Dans l'approche écologique, la théorie des systèmes développementaux nous a servi de base grâce à pour comprendre l'ontogenèse d'une individualité réunissant aussi bien l'influence des gènes que celle de l'environnement. La définition de l'individu biologique déduite de cette perspective est : un individu biologique est une entité capable de créer une niche écologique pour influencer sur son propre développement. Dans la théorie des systèmes développementaux, l'interaction entre plusieurs systèmes se réplique dans le développement de l'individu, elle agit et fait partie intégrante de son identité singulière.

La détermination causale des gènes n'est alors plus si déterminante, l'environnement et les interactions deviennent des causalités à considérer. En remettant en cause la place centrale de la détermination causale des gènes, c'est réussir à s'écarter d'une concentration trop forte sur l'organisme pour construire une définition de l'individu.

Ainsi, l'une des spécificités de la théorie des systèmes développementaux qui nous intéresse est l'interaction renvoyant au critère de la communication, qui traduit les influences réciproques entre l'individu et son environnement. Mais cet ajout ne nous permet toujours pas de considérer à la fois l'aspect multiniveau de l'individu, et les multiples définitions. Elle donne juste une légitimité à considérer d'autres relations environnementales que celles fournies pour les cadres de la physiologie et de l'évolution. Par exemple, l'hétérogénéité ne se manifeste pas uniquement au sein de l'entité biologique comme ce que décrit la théorie de la continuité, mais également dans son milieu de vie, que l'on avait qualifié de niche écologique.

La perspective écologique nous a permis de mettre avant l'implication qu'une définition de l'individualité devra inclure ces deux sources d'hétérogénéité : les intrications horizontale et verticale pour construire une individuation qui ne se fonde pas sur l'exclusion des influences du milieu. En un mot, pour éviter de reproduire la dichotomie entre l'intérieur et l'extérieur.

Ce que les approches de la théorie des systèmes développementaux, de l'holobionte, de la niche écologique, nous apprennent, c'est que le modèle de l'organisme comme individu prédomine également dans la perspective écologique. Chaque composant biotique comme abiotique (espèce, sol, atmosphère, rivière, etc.) a une fonction dans une unité, il est alors compris comme un organe coordonné avec les autres. C'est pourquoi on retrouve les mêmes critères que ceux utilisés dans la perspective fonctionnelle, comme celui de la fonction, de la clôture opérationnelle, du mécanisme autopoïétique ou encore de l'inhibition.

Ainsi, le cadre de l'écologie ne peut pas proposer une définition satisfaisante, car il a pour but de révéler les relations et le fonctionnement de systèmes biotiques et abiotiques. Il nous permet toutefois de mettre en évidence les limites des autres perspectives, par l'absence de rapports avec l'environnement, autrement que par l'établissement de distinction et d'adaptation.

II. Conclusion

Les divergences entre les perspectives et au sein même des approches que nous avons explorées nous poussent à comprendre que les intrications horizontales et verticales deviennent un obstacle pour identifier l'individu biologique. Concernant le pluralisme de définition, on constate que les définitions se chevauchent sans pourtant coïncider sur une même entité. Par exemple, chez l'humain, son microbiote fait partie de son individualité dans une perspective physiologiste, mais n'en fait pas partie avec la définition de l'individu évolutif, car le microbiote pourrait continuer à prospérer dans un autre hôte (c'est un cas identique à celui de la légumineuse et des bactéries situées à ses racines). Ontologiquement, une entité biologique peut à la fois être une partie et un individu ; il y a donc un chevauchement de définition contradictoire. Un autre exemple proposé par Morgan (2022) permet d'illustrer cette difficulté : en tant qu'humain, comment savoir quand une personne commence son existence en tant qu'individu, est-ce lorsqu'il est un fœtus, faisant de lui un individu évolutionniste; ou est-ce lors de sa naissance, faisant de lui un individu physiologique ? Ce que cet exemple démontre, c'est la difficulté à savoir quelle approche utiliser pour individuer. Le pluralisme de définitions émerge de l'identification d'une multitude de mécanismes, qui font apparaître à différentes échelles et échelons plusieurs ou un seul individu à un même endroit. En résumé, le pluralisme empêche de répondre à la question de savoir quelle définition appliquer. C'est la raison pour laquelle le pluralisme compétitif semble être la norme en biologie (Morgan, 2022). Cette difficulté liée au pluralisme est intimement liée à notre problématique qui était : « Quels critères permettent de dépasser le pluralisme de définitions de l'individu biologique ? ».

La variation de définition provient de la grande différence d'objectifs que les biologistes se donnent (Clarke, 2012, p. 323). Par exemple, les écologistes étudient la propagation d'espèces données dans un milieu. Alors que les évolutionnistes vont étudier les stratégies des espèces

misent en œuvres pour résister à des pressions sélectives grâce à la mise en place d'adaptations spécifiques à un milieu. Dans ces deux cas, et dans d'autres, il est nécessaire de pouvoir compter sur une définition de l'individu claire afin d'évaluer la propagation et l'adaptation des entités étudiées. Mais cette définition reste valide dans un cadre évolutionniste, elle perd de sa pertinence dans d'autres perspectives comme celle de l'auto-organisation qui n'intègrent pas le cadre évolutionniste.

C'est pour cette raison que Clarke arrive au constat qu'il n'y a pas de consensus sur la définition de l'individu biologique et sur les critères à utiliser ou rejeter. Ces critères devraient relever de caractéristiques partagées par toutes les entités biologiques. Pour mettre en avant ces critères, la prochaine partie va isoler des équivalences qui se jouent entre les différentes définitions.

III. Les convergences et les similarités structurelles

Pour que le pluralisme de définitions soit dépasser, il faudrait commencer par établir une connexion entre les différentes définitions. Et cette connexion se fera grâce à la découverte d'équivalences présentes entre chaque définition. Ces équivalences correspondraient à des similarités structurelles⁴⁸. Elles réfèrent à la redondance de certaines structures conceptuelles présentes dans chacune des définitions. Pour le dire autrement, chaque définition réfère à une même organisation, mais par l'utilisation de termes différents. Ces termes renverraient alors à un nombre restreint de critères. Dans notre travail, nous avons pu trouver trois critères récurrents : la distinction, l'unité et la communication. Chacun d'eux est réalisé par des mécanismes différents présentant la même fonction. En soutenant une récurrence de ces critères dans les différentes définitions, une similarité structurelle est alors acceptée.

⁴⁸ Lorsque le terme d'équivalence sera employé, il réfèrera à la similarité structurelle, les deux termes sont donc compris comme des synonymes dans ce travail.

Le but de cette partie va alors de montrer comment ces critères se manifestent dans les différentes théories. Nous verrons au cours de cette partie que chaque critère est présent dans les différentes définitions, mais avec des divergences dans leur intensité. Une grande diversité de mécanismes sont à l'origine de ces divergences d'intensités. La pluralité de définition proviendrait de ces intensifications. En mettant au jour les similarités structurelles, nous constaterons à la fois l'origine de la pluralité de définition et l'origine des conflits dans l'individuation d'une même entité.

1. Les similarités structurelles entre les perspectives

1.1 Les similarités entre les définitions dans la perspective physiologique

La première référence au critère de la distinction se trouve dans la proposition de Hull avec le critère de la continuité spatiotemporelle, appelé aussi foyer spatiotemporel. L'individu coïncide alors avec l'organisme grâce à « ses frontières spatiales claires, une fin, une continuité physique de tous ses constituants » (Pradeu, 2009, p. 248). La continuité spatiotemporelle est une composante importante dans la définition de Hull en raison de la distinction qu'elle forme entre l'entité et son milieu. Elle est alors l'instanciation du critère de la distinction par sa fonction d'établir une limite entre deux milieux.

Une pluralité de mécanismes soutient le critère de la distinction. L'individu serait alors le produit du développement d'une cellule œuf (critère du goulot d'étranglement), qui se distingue de son milieu par l'identité génétique reliant chaque cellule entre elles. Ainsi, les différentes cellules peuvent communiquer et coopérer entre elles grâce cette unité conférée par l'identité génétique (Pradeu, 2009, p. 293). Nous avons donc dans cette définition le critère de la distinction, de la communication et de l'unité.

C'est par l'ensemble de ces critères qu'il est possible de distinguer l'entité biologique des autres entités, donc d'en faire un individu biologique. On constate que les différents critères qu'utilise Hull pour construire sa définition sont similaires à ceux que nous avons proposés en conclusion de notre étude des différentes perspectives. Mais si nous n'avons pas retenu la définition proposée à Hull, c'est en raison des limites évoquées précédemment, comme son affiliation à l'organisme animal qui ne permet pas d'inscrire des entités biologiques trop différentes de l'animal mammifère comme le faux-tremble ou le pissenlit.

Quant à la théorie de l'autopoïèse, elle instancie ces trois critères par des mécanismes autopoïétiques. La communication et l'unité sont réalisées par la clôture opérationnelle, et la continuité spatiotemporelle est instanciée par les mécanismes d'autoproduction de composants. Les deux théories (foyer et autopoïèse) s'accordent jusque-là sur un élément, non pas sur la frontière, mais sur la distinction qui est un critère qui doit être inclus dans la définition de l'individu biologique. La limite spatiotemporelle comme l'autopoïèse sont des instanciations de cette distinction, mais qui se révèlent pour le moment trop limitées pour être généralisable à chaque individu biologique. Car ces deux caractéristiques réalisées par différents mécanismes ne décrivent que le rôle du métabolisme dans le maintien de la distinction.

Ensuite, la théorie de l'autopoïèse présente une similarité structurelle avec la théorie de la continuité proposée par Pradeu. Toutes deux mettent en avant chacun des critères (la distinction, l'unité et la communication), mais avec une intensification du critère de la distinction. En effet, dans ces deux approches, l'individualité se manifeste à partir de mécanismes qui régulent les relations qu'entretiennent deux milieux, l'intérieur et l'extérieur. Que ce soit par un autoentretiens de soi, une clôture opérationnelle ou une communication avec ses composants, chacun de ces mécanismes relève des critères de l'unité et de la communication. La particularité de la perspective fonctionnelle réside dans la subordination des critères de l'unité et de la communication pour réaliser celui de la distinction. Ce qui est en accord avec le

modèle de l'individu paradigmatique qu'expriment les différentes définitions : l'organisme unicellulaire et pluricellulaire.

Comme nous l'avons déjà évoqué précédemment, Varela a utilisé le système immunitaire pour illustrer l'autopoïèse, mais également pour introduire la capacité d'un système autopoïétique à réaliser des transformations internes tout en maintenant son homéostasie, grâce à l'intégration de nouveaux éléments dans sa clôture opérationnelle. Cette intégration est appelée par Varela une autoréférence du système.

L'autoréférence réfère au système qui se referme sur lui-même. La fermeture est à comprendre dans le sens d'une constante relation qu'entretient un système avec lui-même (Varela F. J., [1982] 1989, p. 121). Varela utilise le système immunitaire pour montrer comment se réalise cette autoréférence. La distinction entre un élément pathologique et un élément endogène se situe dans une impossibilité d'interagir avec le système immunitaire, donc son impossibilité à pouvoir fonctionner et s'insérer dans le processus autopoïétique du système immunitaire⁴⁹. L'autoréférence est alors représentée par une communication constante avec soi-même. Et le terme « soi-même » désigne le système au complet. De manière concrète, cette autoréférence traduit simplement la communication qui a lieu entre ses différentes parties. Une certaine forme de plasticité caractérise alors le système immunitaire. Elle désigne la capacité du système à reconnaître des éléments déjà rencontrés et classifiés comme partie ou comme pathogène (Varela F. J., [1982] 1989, p. 130).

Par conséquent, le système immunitaire est un système autopoïétique qui produit une individuation du système complet par la formation de frontières processuelles qui sélectionnent

⁴⁹ Varela nomme l'entité pathologique par le terme de bruit immunologique (Varela F. J., [1982] 1989, p. 122).

et rejettent les éléments de l'extérieur, tout en produisant ses propres composants (Varela F. J., [1982] 1989, p. 122).

Pour rester dans la thématique du système immunitaire, dans la théorie de la continuité, l'individualité est comprise en tant qu'unité, « c'est-à-dire la question de savoir ce qui fait un être vivant une entité discrète et cohésive » (Pradeu, 2009, p. 255). On retrouve ici le critère de la communication et de la distinction dont faisait déjà référence Hull, à la seule différence que pour ce dernier, l'unité formée par une frontière n'était jamais suffisamment distincte, même pour l'organisme. L'unité dans la théorie de Pradeu ne se base pas sur l'établissement d'une frontière matérielle ou spatiotemporelle, mais plutôt par une incompatibilité fonctionnelle, similaire à ce que décrit la théorie de l'autopoïèse.

En effet, la théorie de la continuité ne se base pas sur le critère d'identité génétique, mais sur le critère de la division germe/soma, donc sur l'intégration fonctionnelle de chaque partie. Ce sont les interactions entre les éléments situés dans l'organisme qui vont déterminer les éléments à rejeter et les éléments à intégrer. Il n'y a plus de frontières bien établies, elles deviennent diffuses, laissant place à une collaboration entre des entités hétérogènes.

De ce fait, l'individu est produit et maintenu par la continuité des échanges chimiques entre les différentes entités de l'organisme et le système immunitaire. Dans cette définition, on retrouve chacun des trois critères instanciés par différents mécanismes : (1) la distinction est instanciée par la clôture opérationnelle que maintient le système immunitaire en contrôlant les entités exogènes qui peuvent intégrer fonctionnellement cette même clôture ; (2) la communication est identifiée à travers les échanges constants qui se jouent entre les différentes parties de l'organisme, les agent pathogène et le système immunitaire ; (3) l'unité est réalisée par l'inhibition de la compétition que réalise le système immunitaire en répondant aux parties qui dérogent à la collaboration.

Dans la théorie de l'énergie libre, l'entité biologique est comprise comme une organisation autopoïétique. Elle lutte avec son milieu pour tenter de retrouver cycliquement les mêmes états propices à sa survie. Ces états retrouvés vont caractériser l'entité et la singulariser vis-à-vis des autres entités l'entourant (Clark, 2017, p. 4). On y retrouve le critère de la distinction : les états en nombre limité forment une distinction entre l'entité et son milieu. Dans cette théorie, la distinction se produit grâce à un modèle de croyance qui permet de réaliser la projection de son organisation sur son extérieur. Cette projection est instanciée par les comportements de l'entité biologique. Ces comportements vont produire des réponses de l'environnement, permettant ensuite à l'entité de réajuster son modèle de croyance. L'agentivité⁵⁰ traduit la capacité de l'entité biologique à agir sur son environnement, par action ou adaptation.

Une grande similitude relie la théorie de la continuité avec celle de l'énergie libre. En effet, pour les deux, l'intégration fonctionnelle est le mécanisme qui soutient la frontière dissociant le milieu interne de l'externe. Dans la théorie de la continuité, le système immunitaire maintient la clôture opérationnelle tout en réouvrant l'individu à son milieu en permettant l'intégration de nouveaux éléments dans son organisme. Et celle de l'énergie libre décrit l'individu comme une entité capable de produire une représentation de l'environnement. Cette représentation équivaut à intégrer des éléments exogènes dans son organisation interne. Se remémorer des choses de l'extérieur, c'est intégrer une petite partie de l'environnement en soi.

En d'autres termes l'entité réalise soit une projection de son organisation sur son environnement, soit intègre dans son fonctionnement certains aspects de l'environnement (adaptation). Ces stratégies sont un moyen pour l'entité vivante de résister au désordre grâce à une limitation des états dans lesquels elle peut entrer (Clark, 2017, p. 3). Ce qui revient à maintenir une clôture

⁵⁰ L'agentivité est perceptible à travers les comportements de l'entité visant un but.

opérationnelle, mais une clôture qui ne se situe pas uniquement à l'échelle métabolique comme avec la théorie de l'autopoïèse.

Tout comme dans la théorie de la continuité, celle de l'énergie libre conçoit qu'une médiation régit les communications et relations entre l'intérieur et l'extérieur. Dans la théorie de la continuité, la médiation est réalisée par le système immunitaire ; dans celle de l'énergie libre, ce sont les actions et les comportements de l'entité qui crée une séparation entre le modèle interne de l'entité biologique, qui sert de mobile aux comportements, et la dynamique externe (environnement extérieur). Par exemple, c'est comme si le cerveau n'avait accès qu'aux sensations et non aux causes de celles-ci. En expliquant (inférant) les causes possibles, le cerveau est en mesure de déduire les causes cachées.

L'évaluation coïncide avec la communication chimique qui se joue entre le système immunitaire et le reste des entités endogènes et exogènes. L'évaluation que réalise le système immunitaire décrit par Pradeu présente alors une similarité structurelle avec celle que réalise une entité biologique à partir de son modèle de croyance que représente la théorie de l'énergie libre. La différence réside dans l'instanciation de ce modèle, pour l'un, il est chimique, et pour l'autre cognitif.

De ce fait, les états internes et externes ne peuvent pas s'influer directement, mais uniquement par l'intermédiaire d'actions et d'états sensoriels. C'est grâce à cette séparation (ou cette indépendance statistique) que l'entité biologique peut modéliser et inférer les états externes (ceux de l'environnement). Dans cette approche, on remarque l'intrication du critère de la communication avec celui de la distinction. Quant à celui de l'unité, il est le résultat du modèle qui forme une liaison entre les différentes parties de l'entité.

La médiation entre les deux milieux est décrite à partir du modèle de la couverture de Markov. Ce modèle est considéré comme une caractéristique fondamentale du vivant, car il décrit de

quelle manière un organisme peut maintenir l'intégrité de son intérieur malgré un environnement changeant, tout comme nous l'avons vu avec la perspective de l'autopoïèse. Le maintien de l'intégrité interne est rendu possible par des mécanismes de régénérations et de réparation de la membrane protectrice, ce qui revient à dire que des mécanismes autopoïétiques sont à l'origine de la couverture de Markov (Palacios, Razi, Parr, Kirchhoff, & Friston, 2017, p. 2). Elle permet de ne pas enfermer la structure, l'isolée de l'environnement, mais de construire un intermédiaire. La couverture du Markov réalise une traduction pour faire passer les informations du modèle de l'environnement au modèle de l'entité biologique. Et comme toutes traductions, il y a des pertes, des ajouts, des rejets et des adaptations.

On retrouve donc bien le critère de la communication soutenue par celui de la distinction. Car sans distinction par de communication, et inversement. En effet, le critère de la distinction relève d'une communication réalisée entre une entité biologique et son milieu par l'intermédiaire d'une frontière décrite sous le modèle de la couverture de Markov. Une unité émerge alors de ces formes de communication tout en étant maintenue par la distinction. Une certaine similitude se fait sentir entre la théorie de l'énergie libre et la théorie de la continuité⁵¹.

Nous pouvons constater que la diversité de l'instanciation des différents critères permet de s'écarter de la dichotomie intérieur/ extérieur. Par exemple, le critère de la distinction utilisé par l'immunologie de Pradeu affirme que l'individu est une unité composée d'éléments hétérogènes, cela en réaffirmant les interactions avec l'environnement comme constitutives de son individualité.

La barrière, comme propriété essentielle de l'individu biologique issue de la conception cellulaire de l'individu, est remise en partie en cause par la perspective immunologique qui

⁵¹ Nous pourrions alors émettre l'hypothèse que le système immunitaire décrit par la théorie de la continuité pourrait représenter une instanciation d'une couverture de Markov, sans toutefois pouvoir la vérifier dans ce travail.

traduit plutôt une frontière sous le modèle de la couverture de Markov. L'individu dépasse alors les limites de l'organisme. Dans la théorie de la continuité, l'organisme n'est pas le produit d'une cellule œuf, donc une entité présentant une homogénéité génétique, mais au contraire une unité fondamentalement hétérogène (Pradeu, 2009, p. 277). Et c'est également ce qu'on retrouve dans les théories de l'écologie avec les relations symbiotiques, similarité que nous constaterons ultérieurement.

En conclusion, la perspective fonctionnelle nous permet de constater la récurrence du critère de la distinction qui ne se présente pas comme une frontière, mais plutôt comme une différenciation par un mode de communication spécifique (couverture de Markov, système immunitaire, etc.). Malgré les différences qui distancient les définitions, des similarités structurelles se manifestent très nettement entre chacune d'elles, principalement par la récurrence des critères de la distinction, de l'unité et de la communication. Leur intensité et leur instanciation diffèrent et engendrent une individuation divergente lors de la mise en pratique des définitions. La présence des trois critères apporte la possibilité d'établir une similarité structurelle entre les différentes théories de la perspective physiologique. Seulement la similarité apparaît parce que nous les avons dissociées des buts pratiques qui ont motivé leur élaboration. En effet, une définition n'est jamais construite gratuitement. Cependant, l'abstraction que nous produisons est bénéfique dans l'exercice de comparaison que nous effectuons. Et elle sera d'autant plus indispensable lorsque nous allons procéder à la comparaison de définitions issues de différentes perspectives. Bien entendu, cette abstraction sera retirée lorsque les critères récurrents seront identifiés.

1.2 L'écologie, une similarité avec l'approche physiologiste

En écologie, l'individu biologique se situe au niveau de l'écosystème, car chaque composant biotique et abiotique remplit une fonction en son sein, devenant une partie coordonnée avec les autres.

Lors de la présentation de cette perspective, nous constatons de la présence de plusieurs critères, dont celui de la distinction instanciée à travers la limite des écosystèmes réalisée par des particularités géologiques ou atmosphériques. Mais aussi des critères de l'unité et de la communication en décrivant les inter-influences entre les entités, les espèces et leur environnement. Cet ensemble fonctionne comme une clôture opérationnelle que nous avons désigné par le concept de « niche écologique ». Elle regroupe localement les deux types d'environnements (évolutif et externe) ainsi que les multiples interrelations qui lient les différentes entités. Ainsi, à travers cette description, nous reconnaissons une description fonctionnelle de l'organisme. En d'autres termes, il semble exister une grande similarité structurelle entre les individualités écologique et physiologique.

Reprenons l'exemple du faux-tremble pour illustrer cette similarité. Lorsqu'un tronc se développe, il apparaît dans un environnement déjà composé de ses congénères, surtout si le ramet naît d'une propagation de stolons. En d'autres termes, il apparaît dans une niche écologique qui lui fournit un accès aux ressources. Le ramet hérite donc d'un contexte bien particulier déjà façonné par ses congénères, ce qui lui octroie une place et une fonction spécifique dans cet écosystème, que représente le genet. Au sein de cet écosystème, les processus d'individuation du ramet sont atténués par sa fonction au sein de sa niche, de sa possibilité d'autonomie ainsi que par ses connexions avec son environnement extérieur à la niche. Le ramet est quasiment en interaction qu'avec le genet, car il n'a pas la nécessité de l'être, tant la connexion avec ses congénères est forte, ce qui provoque une diminution de ses processus d'individuation. On retrouve ici l'intégration fonctionnelle de la théorie de la

continuité : plus un élément est intégré dans un tout, moins ses processus d'individuation sont présents. En conséquence, l'individu se situe au niveau du genet dans ce cas-ci.

Avec l'utilisation de l'intégration fonctionnelle, de l'héritage, de la réciprocité et de la niche écologique, beaucoup d'entités qualifiées d'individus par les autres perspectives deviennent des parties dans celle de l'écologie. Prenons l'exemple de l'humain urbanisé pour illustrer ce dernier point. Si une partie se caractérise par sa forte intégration fonctionnellement avec son milieu, alors penser que la personne humaine est l'individu est une erreur. En effet, dans un contexte urbain et technicisé, une personne se rapproche bien plus d'une partie que d'un individu, car l'ensemble de son contexte, de sa niche écologique, l'intègre dans des fonctions qui la mettent en relation avec ses congénères et des instruments produits par eux. Son monde est déjà façonné, lui octroyant une place en son sein. La personne humaine n'entretient que très peu de relations avec d'autres éléments extérieurs, d'où l'émergence de la dichotomie nature/culture. Même le contre-exemple de randonneuses ou randonneurs ne permet pas d'établir l'individualité de la personne humaine, car elles continuent de se situer dans le cadre bien spécifique qu'instaure sa niche d'origine (des sentiers tracés, des appareils et outils qui permettent de déplacer une petite partie de la niche comme la tente, le cellulaire, etc.). Les processus d'individuation émergent par le contact avec ce qui n'est pas produit par soi. Ce qui peut s'étendre aux entités élevées et cultivées pour accéder à des ressources. L'individu ne se situe pas ici au niveau de l'humain, mais au niveau de sa niche écologique : le monde urbain et technicisé. C'est lui le vrai individu dans une perspective écologique.

Revenons maintenant au cas du faux-tremble pour ajouter les précisions avancées dans l'exemple de l'humain et son milieu technicisé. Si les stolons viennent à être sectionnés, alors la niche écologique de l'arbre change radicalement, le forçant à déployer des mécanismes d'interaction, de communication, de défense ou autres, car il devra entrer en contact avec de nouvelles entités et des pressions nouvelles exercées par cette niche écologique inconnue. Ainsi,

le ramet déclenche des processus d'individuation lui permettant d'être qualifié d'individu. Mais cette individualité durera le temps qu'il lui faudra pour réintégrer fonctionnellement sa nouvelle niche, ce qui réduira l'intensité de ses mécanismes d'individuation, le faisant devenir une partie.

L'écosystème semble alors se comprendre à partir du modèle de l'organisme. La divergence majeure réside dans la description de cette organisation et dans le caractère discontinu des entités qui le constituent. L'aspect commun que l'on retrouve entre ces deux perspectives associées, c'est la place de perturbateur et de constituant donnée à l'environnement. Ce qui nous permet de conclure que l'individuation est contextuelle.

Pour résumer, gènes, environnement, organismes, espèces sont dans une interaction réciproque, c'est pourquoi il n'est pas souhaitable de les considérer séparément lorsqu'on souhaite individuer une entité. Bien au contraire, leurs interactions doivent être prises en compte pour construire une définition de l'individu (Barberousse & Bouchard, 2021, p. 419). Dans la perspective écologique, le critère de la communication est particulièrement amplifié. C'est par lui que dérive celui de l'unité et de la distinction. Car dans ce cadre théorique, une frontière nette et une unité bien perceptible ne sont pas nécessaire pour identifier un individu.

La contextualisation de l'individualité entraîne comme conséquence qu'aucune échelle n'est à prioriser comme étant celle de l'individu paradigmatique. Ce qui entraîne une complication dans notre possibilité d'expliquer ces différentes individualisations dans une même petite région de l'environnement.

1.3 L'approche de l'évolutive

La perspective évolutionniste prend comme point de départ que l'environnement (le tout) est parcouru de bruits diffus et hétérogènes, faisant émerger à certains endroits des structures organiques. De ce fait, l'individu biologique est une de ces aspérités du tout

engendrées par des perturbations qui produisent un dépassement du seuil de retour à l'équilibre. Cette aspérité est née par évolution pour arborer une autre forme plus complexe, la rendant capable de trouver un autre point d'équilibre grâce à des caractéristiques nouvelles (Kupiec, 2008, p. 53). Sans ces perturbations, rien n'émergerait du continuum, aucune forme ne pourrait se différencier des autres. En d'autres termes, sans une sélection différentielle, il n'y aurait pas de différences entre les entités, tous seraient identiques. On perdrait alors la distinction. L'individu est alors celui qui communique avec son environnement pour s'en différencier. Seulement, le critère de la communication est tout aussi important que l'unité.

Dans la perspective évolutionniste, ce qui fonde l'unité de l'individu, ce ne sont plus les représentations internes, les distinctions spatiales ou encore les cohésions internes de l'entité biologique, mais la capacité à répondre unitairement à la sélection naturelle. La définition de l'individu évolutif que nous avons retenu repose principalement sur cette capacité de réponse. Elle est à l'origine de l'inhibition des comportements compétitifs entre les parties, et de l'adaptation du tout à son milieu. La capacité de réponse peut alors être regroupée sous les critères de la communication et de l'unité.

Concernant la communication avec les relations externes, l'influence de l'environnement est incorporée, mais de la même manière que le fait les perspectives physiologistes : c'est toujours par l'intermédiaire d'une communication engendrant une perturbation sur la structure ou/et le fonctionnement d'un organisme. L'environnement conserve son statut de perturbateur. Il est intégré à l'ontologie de l'individu lorsqu'il est traduit et intégré à la clôture opérationnelle sous forme de réponses adaptatives ou encore de modèle de croyance. Lorsque l'entité s'adapte, elle intègre l'environnement (ou une partie) dans son fonctionnement pour y correspondre et ainsi assurer sa survie.

Le critère de la communication réfère à l'adaptation. Cette dernière apparaît équivalente à l'intégration fonctionnelle des parties dans la théorie de l'autopoïèse. La démarcation est

produite à la fois par l'autopoïèse avec la production de ses frontières, et à la fois par la capacité à générer une représentation spécifique des pressions de son milieu. Nous constatons donc d'une compatibilité entre le cadre évolutif et le cadre fonctionnel.

La spécificité de la perspective évolutionniste repose sur l'intensification des critères de la communication et de l'unité. Plus précisément, l'unité est l'une des caractéristiques majeures d'une entité pour qu'elle puisse être qualifiée d'individu, mais ce critère est rendu possible par celui de la communication. Alors que dans l'approche physiologique, le critère de la distinction était hiérarchiquement au-dessus des deux autres. Cette différence d'intensité provient très certainement de l'échelle phylogénétique que prend la perspective évolutionniste, alors que l'approche fonctionnelle se centre sur l'échelle ontogénétique. Les approches physiologistes vont sélectionner des ensembles physiologiques et métaboliques, alors que les perspectives évolutionnistes vont sélectionner des individus comme unité de sélection.

Appliquons maintenant la définition de l'individu évolutif au cas très controversé du virus. Un virus sera considéré par l'approche évolutionniste comme un individu en raison de sa capacité à se reproduire (manifestation de plusieurs mécanismes le mettant en position de réponse face à la sélection naturelle et à l'inhibition de concurrence interne). Alors que l'approche physiologiste ne pourra considérer le virus comme un individu biologique en raison de l'absence de certaines capacités métaboliques essentielles (Godfrey-Smith, 2013, p. 28).

En résumé, il est possible d'émettre le constat d'une similarité structurelle entre l'individu évolutif et l'individu autopoïétique (qui se trouve comme présumé des autres théories fonctionnelles). Cette similarité structurelle n'est pas une réduction de l'une à l'autre. L'affiliation entre ces deux approches deviendra encore plus évidente dans certaines positions non-darwiniennes de l'approche évolutionniste.

Les approches non-darwiniennes se divisent en deux branches, l'une se concentrant sur les logiques internes et les macroévolutions canalisées, et une autre sur l'auto-organisation (Staune, 2017, p. 211). Ces deux courants partent du présupposé que le hasard et la sélection naturelle ne dirigent pas à eux seuls l'évolution. Dans la branche de l'auto-organisation, comme l'autopoïèse, l'émergence des structures complexes ne peut pas s'expliquer uniquement par la sélection naturelle, il faut y ajouter l'auto-organisation. Par exemple, pour Mae Wan Ho (1998), un système biologique est un système ouvert qui se construit sur « son environnement externe tout en repliant son potentiel dans des formes stables qui sont hautement reproductibles » (Staune, 2017, p. 247).

Comme nous l'avons déjà précisé dans le chapitre 1, Clarke ne semble pas prendre position sur certains postulats fondamentaux du néo-darwinisme, à savoir le rôle du hasard produisant des mutations, et la sélection hasardeuse de certains traits. En effet, elle utilise surtout les mécanismes de réponses qui permettent à l'entité de réagir unitairement à la sélection naturelle. Pourtant, la mutation échappe aux mécanismes d'inhibition de la concurrence ; la partie de l'organisme qui muterait pourrait entrer en compétition avec les autres parties⁵². Le cancer serait un exemple de compétition entre les parties causées par des mutations.

Par exemple, considérer que la réponse face à la sélection naturelle se fait unitairement permet d'expliquer comment un individu biologique se modifie au fil des générations⁵³. En raison de la réponse unitaire de l'organisme, ce dernier ne va pas s'améliorer au gré des mutations hasardeuses de ses parties, que la sélection naturelle va choisir. Chaque partie n'est pas sélectionnée indépendamment, car c'est la totalité (l'unité) qui est en interaction avec la sélection naturelle. De plus, Clarke ne place pas l'hérédité dans une position importante au sein

⁵² Ce qui ne constitue pas un défaut de la proposition de Clarke. La mise au jour de l'absence de prise de position permet tout simplement de mieux comprendre les composants de sa définition.

⁵³ Ce n'est pas une explication présente dans la définition que propose Clarke, mais une extrapolation.

de sa définition, elle serait plutôt secondaire. En effet, l'hérédité est la conséquence de l'indépendance évolutive que prend une entité biologique vis-à-vis d'une autre faisant d'elle un individu, ce qui lui permet de sillonner une nouvelle lignée. La recherche des liens directs entre ancêtres et descendants n'est pas un composant essentiel de sa définition, car ce sont surtout les mécanismes d'inhibition et de réponse qui révèlent une individualité. Il est tout de même présent lorsqu'on regarde le chemin évolutif de chaque entité afin de voir une liaison entre deux entités comme nous l'avons détaillé précédemment avec l'exemple de la légumineuse et de ses bactéries.

Pour rappel, l'individu évolutif se caractérise par une inhibition de la concurrence interne et une réponse unifiée à la sélection naturelle. L'inhibition est réalisée par divers mécanismes comme le goulot d'étranglement, le système immunitaire ou les frontières physiologiques. Chacun d'eux se présente comme une clôture opérationnelle. La fonction d'inhibition peut se comprendre comme une autre instanciation d'une clôture opérationnelle grâce à l'interdépendance qui lie les différentes parties.

Reprenons l'exemple du système immunitaire pour illustrer que les critères de la définition de l'individu évolutif sont structurellement identique à ceux de l'individu autopoïétique. Le système immunitaire tient le rôle d'inhibiteur de la concurrence entre les différentes parties de l'organisme pour maintenir l'homéostasie de l'organisme. Ensuite, sa capacité à produire ses propres composants assure le maintien de sa propre organisation en ajustant la structure selon les pressions environnementales. Par exemple, le système immunitaire produit ses propres cellules pour répondre aux exigences de son environnement. Une forme d'« apprentissage » ou d'adaptation structurelle⁵⁴ est donc réalisée par le système. De la même manière, l'individu

⁵⁴ Sachant que l'adaptation et l'apprentissage sont tous deux des phénomènes qui décrivent l'intégration d'une information par un système, lui permettant d'ajuster sa structure. La différence réside surtout dans l'échelle : l'adaptation se situe à l'échelle phylogénétique, alors que l'apprentissage se situe à l'échelle ontogénétique.

évolutif répond unitairement à la sélection naturelle grâce à un ensemble de mécanismes, et ces mécanismes peuvent continuer à intégrer dans son système de nouvelles entités, comme pour la légumineuse et la relation symbiotique mutualiste avec les bactéries. Cela équivaut à une intégration dans sa clôture opérationnelle. L'autopoïèse nous montre que la persistance nécessite un ajustement constant (une adaptation dans les termes évolutionnistes). On constate donc cette équivalence structurelle entre ces deux définitions.

Pourtant, dans cet exemple, l'association entre l'individu évolutif et l'individu autopoïétique parce qu'on les a placés sur une même échelle de grandeur. Or, comme nous l'avions vu précédemment, une différence de portée explicative distingue ordinairement ces deux approches : la portée d'explication de la perspective autopoïétique est plutôt proximale, alors que la portée de l'approche évolutionniste est beaucoup plus large. En d'autres termes, ces deux approches n'ont pas la même résolution⁵⁵.

Replaçons alors chaque définition à leur échelle respective. Dans un cadre physiologiste, la structure de l'ensemble n'est pas importante, seules la fonction et les connexion le sont pour que l'organisme puisse répondre, s'ajuster et s'adapter aux pressions de l'environnement pour maintenir son homéostasie. Quant au cadre évolutionniste, elle va plutôt se concentrer sur la manière dont l'environnement peut causer des pressions qui vont forcer une entité à se modifier dans le temps par adaptation et évolution. Ces modifications se situent dans un panel d'évolution limité par la physiologie de l'entité. Resitués à leur échelle respective, nous constatons encore cette équivalence structurelle.

La conséquence de cette similarité structurelle entraîne comme conséquence que les objections adressées à l'individu autopoïétique se retrouve dans l'individu évolutif. En effet, l'individu

⁵⁵ Voir annexe 4 pour une illustration d'une résolution

évolutif comme l'individu autopoïétique peuvent tous deux être appliqués à de nombreux systèmes, et par forcément vivants, car même pour l'individu évolutif qui cible exclusivement les entités vivantes, l'imbrication du biotique et de l'abiotique rend cette distinction difficile à réaliser. On le voit bien avec les termites et ses termitières, dont l'individu évolutif se situerait plutôt au niveau de la termitière, car les termites sont des clones, limitant de ce fait la compétition entre elles et faisant évoluer la termitière en fonction des pressions environnementales. Or la termitière est abiotique, c'est un composé de salive et de terre. Et pourtant, l'individu évolutif est la termitière. Ce que soulève cette limite, c'est la pertinence de la distinction entre biotique et abiotique, et donc la spécificité même de la biologie à devoir reconsidérer. Une telle reconsidération pourrait permettre justement de pallier les limites rencontrées par notre théorie de l'évolution actuelle.

Ces deux approches de l'individu biologique se concentrent plutôt sur les mécanismes d'individuations, ce qui crée et maintient l'individu. Avec comme différence que dans la théorie de l'autopoïèse, l'individu est décrit à partir de ses mécanismes d'individuation qui maintiennent l'individu. Alors que pour la théorie de l'évolution, ce sont les mécanismes qui créent l'individu par leur manière d'interagir avec leur environnement.

Vu que ces définitions de l'individu biologique découlent de la mise en évidence de mécanismes d'individuation, il en ressort que nous percevons une similarité structurelle dans leur définition. Donc, chacune n'épuise pas l'autre, en raison de leur échelle considérée, elles conservent réciproquement une spécificité.

Sur ce terrain-ci, on pourrait également apercevoir une similarité entre l'individu évolutif et la théorie de la continuité. En effet, un individu dans la théorie de la continuité est unifié par de fortes interactions biochimiques, dont chaque interaction est contrôlée par le système immunitaire, grâce à une interaction continue et moyenne (Pradeu, 2009, p. 258). Il y a un

mécanisme d'inhibition et un mécanisme de réponse unitaire que décrit également la théorie de l'individu évolutif.

À travers ces similarités structurelles qui lient les perspectives, il est possible de constater que les différentes intensités de chaque critère trouvent leur origine dans l'échelle spécifique visée par la définition en question. Par exemple, la perspective évolutive est à une échelle phylogénétique, alors que la perspective physiologique est à l'échelle ontogénétique. Les échelles varient également dans une même perspective, faisant changer le point de focale, et donc créant l'apparition de la pluralité de définition.

IV. Conclusion

Grâce à cette analyse, il est possible de préciser les trois critères principaux qui se dégagent de la similarité structurelle entre chacune des définitions.

Le critère de la distinction réfère à la caractéristique de maintenir une distance entre deux milieux : l'intérieur et l'extérieur. Cette distance se matérialise par une barrière autoentretenu qui joue le rôle de médiation entre eux. Par exemple, le système immunitaire, de la théorie de la continuité, produit le rôle d'une distinction en régulant les entités entrantes et sortantes. Ou encore, la barrière caractéristique d'un système autopoïétique qui s'autoentretient et se ferme à certaines entrées fonctionnelles. Un autre exemple de distinction non physiologique serait celui tiré de la théorie de l'énergie libre décrivant la capacité de l'individu à modifier son environnement pour rester dans un panel d'états souhaitables. Ces modifications engendrent une distinction entre l'individu et sa niche écologique.

Le critère de l'unité réfère à la caractéristique de lier chacun des composants par une cohésion, pour en faire un tout unifié. Elle désigne l'intégration fonctionnelle de chaque partie, qui produit une dépendance réciproque entre elles tout en permettant l'élimination de la compétition. Par

exemple, dans la théorie de la continuité, l'unité est maintenue grâce aux échanges et à la reconnaissance chimique qui se joue entre les cellules composant le système immunitaire et le reste des entités endogènes, mais aussi exogènes. Un autre exemple se situerait dans la théorie de l'énergie libre, l'individu biologique mobilise ses représentations du monde pour maintenir son intégrité physique. Pour ce faire, il doit sans cesse réévaluer son modèle de croyances, qui est une stratégie efficace pour lutter contre le désordre, donc la dissolution de son unité.

Le critère de la communication réfère à la relation entre l'intérieur et l'extérieur de l'individu biologique. Elle est l'inverse du critère de la distinction qui désigne une mise à distance, alors que la communication désigne une mise en relation. La caractéristique de ce critère réside dans la transformation de l'information qui circule entre les deux milieux (intérieur et extérieur), en raison de la distinction qui les sépare. Par exemple, le système immunitaire communique avec les entités exogènes pour les intégrer ou les rejeter de la clôture opérationnelle. Ou encore l'absence de compétition entre les différentes parties grâce à une identité génétique que décrit la théorie de l'évolution.

En résumé, c'est simplement une histoire de focus (résolution d'échelle) que l'on adopte sur un endroit du monde qui fait apparaître une divergence entre les définitions. Pour le cadre physiologiste, le focus est mis sur l'organisme et ses mécanismes internes, alors que pour le cadre évolutionniste, il est mis sur un espace d'interactions et de réponses entre son milieu intérieur et les perturbations extérieures. Si on enlève ce focus, c'est là qu'apparaît la similarité structurelle. Par exemple, l'individu autopoïétique comprend à la fois l'organisme et les bactéries qui peuplent son système digestif. Alors que la perspective évolutionniste perçoit au même endroit deux individus : les bactéries et l'organisme. Cette divergence provient du focus considéré. La première perspective regarde les éléments qui participent à la formation d'une unité fonctionnelle, alors que la seconde prend comme critère leur réponse à la sélection naturelle (Dupré, 2020, p. 154). On constate donc que l'on ne peut pas construire une définition

« hors-sol », il va donc falloir un critère qui intègre l'échelle, ou la position du focus. Mais surtout, notre définition doit permettre l'expression de toute cette pluralité de définitions, car aucune d'en n'épuise une autre. Chacune comporte un angle d'analyse important pour la compréhension du monde biologique. Elles ciblent alors chacune un cas particulier du monde biologique.

La conséquence de considérer ces définitions comme des cas particuliers réside dans la contextualité de l'individualité. Cependant, cette dernière présente une réalité ontologique. Il semble que ce soit l'identification de l'individu qui dépendante de l'échelle priorisée (le focus) par la définition en question. L'individu biologique existe, mais c'est la manière dont il va s'instancier dans la réalité qui va varier. La variation provient de l'échelle de grandeur dans laquelle il se situe. Elle va se matérialiser par une divergence d'intensité dans l'instanciation des trois critères. De ce fait, il semble qu'il ne peut y avoir un niveau paradigmatique. Chacune des définitions semble être l'identification d'un cas particulier de l'individu biologique. C'est certainement pour cette raison qu'aucune des définitions explorées jusqu'ici n'arrive à dépasser les intrications horizontale et verticale du monde biologique. Il semble aussi que la pluralité de ces définitions est causée par l'intrication. Le prochain chapitre va justement développer une réponse à ces questions soulevées.

Ce chapitre a permis de clarifier les raisons des divergences et des convergences existantes entre les définitions. L'objectif de ce chapitre était donc de montrer qu'une similarité existait malgré les divergences évidentes entre ces définitions. Ce qui nous a permis de dégager des critères récurrents, devenant les briques d'une définition pouvant les regrouper.

Toutefois, le pluralisme compétitif reste un problème, car malgré la récurrence des trois critères identifiés, aucune définition n'épuise les autres, ou aucune définition n'est subsumée sous une autre. De plus, définir uniquement l'individu par ces trois critères ne permet pas de constituer une définition viable. En effet, les intrications ne sont pas considérées et dépassées. Il manque

également l'articulation des trois critères. C'est justement dans cette articulation que les définitions diffèrent. Elle se retrouve dans l'intensification de l'un des critères ou/et la diminution de l'autre. Par exemple, dans certaines théories, un critère va être réalisé par les deux autres, et deviendra dans une autre théorie un critère hiérarchiquement plus important. L'articulation divergente pourrait signifier la nécessité d'intégrer d'autres critères, qui permettraient de rendre compte de l'importance de l'environnement dans une individualité. En d'autres termes, d'intégrer dans la définition l'intrication du monde biologique ainsi que ce choix de résolution. Une piste se tient dans le lien entre les intrications horizontale et verticale, l'échelle et la résolution choisie par une théorie.

Pour répondre à ce pluralisme, tout en examinant la nature de cette pluralité, nous verrons dans le chapitre suivant que les notions d'échelle et de structure fractale jouent un rôle prépondérant dans l'intensité des critères et l'agencement possible de la définition. Pour mieux saisir ce phénomène et dans le but de dépasser le pluralisme engendré, il va être question d'examiner le rôle de l'échelle dans une individuation. Mais aussi s'il est possible de d'inscrire ce pluralisme dans la définition de l'individu biologique pour permettre de produire une définition composée d'une articulation invariable entre les trois critères grâce aux notions d'échelle et de structure fractale. La similarité structurelle va pouvoir être explicitée dans le chapitre qui suit grâce au concept de fractal, pour savoir si un critère peut en émerger afin de réaliser une définition qui tient compte de la réalité singulière que chaque définition décrit.

CHAPITRE 3 : ÉCHELLE ET FRACTALE

Ce chapitre aura pour objectif d'introduire deux notions essentielles. Elles permettront de saisir la nature intriquée et multiniveau de l'individu biologique à l'origine de la pluralité de définitions. Ces notions introduiront un critère qui complètera les trois critères identifiés dans le chapitre précédent, il nous permettra de construire notre définition universelle et minimale de l'individu biologique.

Dans un premier temps, il va être question de préciser le lien entre intrication et individualité pour saisir sa nature et amorcer l'introduction de la notion d'échelle restée implicite jusqu'ici. En effet, l'intrication décrit la manière dont les entités biologiques sont en relation. Elle désigne également la caractéristique de l'individu biologique à mettre en relation deux niveaux d'échelles. Ce qui permet d'éviter de reproduire la dichotomie intérieur/extérieur que certaines perspectives mettent en avant, non pas par faute, mais par exigence de leur objet d'étude.

Dans un second temps, nous allons expliquer la notion d'échelle, qui contient d'autres notions très utiles pour la suite de notre développement, comme celle de résolution. L'échelle apporte une explication à l'intrication, ainsi qu'une proposition pour démêler les entités entre elles par la résolution. La notion d'échelle nous permet ainsi de comprendre la raison des divergences, mise en évidence dans le chapitre 2, entre les différentes théories : l'individualité est sensible à l'échelle dans laquelle elle se situe. La théorie qui la décrit par une définition s'adapte alors à ces spécificités, par exemple en choisissant une résolution ajustée. Seulement, l'échelle n'offre pas une explication à la similarité structurelle perçue dans le chapitre deux.

Dans un troisième temps, il va être question d'intégrer une autre notion de structure fractale contenue dans la notion d'échelle. Elle nous permet d'expliquer la raison de la

réurrence de l'individualité à chaque échelle. La similarité des trois critères de l'individu biologique se retrouve à chaque échelle du monde biologique, mais de manière imparfaite. En effet, ces différences d'instanciations et d'intensités reflètent de l'individu une sensibilité aux conditions singulières de l'échelle. De ce fait, il est possible de comprendre la similarité structurelle par une analogie avec une structure fractale. Ce point permet de valider une universalité possible des critères, dont les différentes définitions sont chacune des cas particuliers adaptés à des objets d'études sensibles à leur échelle.

Il devient alors possible de proposer une explication de la nature multiniveau de l'individualité (le fait que le vivant soit hiérarchiquement imbriqué). Cette explication se fait grâce à l'établissement au critère de l'échelle contenant à la fois la résolution et la structure fractale. Il offre la possibilité de distinguer le tout d'une partie (intrication verticale) et de distinguer une entité biologique d'une autre située à la même échelle (intrication horizontale). Seulement, nous constaterons que le critère de l'échelle en masque un autre qui doit obligatoirement être expliciter. Ce critère est celui de l'observateur. En effet, depuis le début nous faisons référence à des choix portant sur la résolution, sur les objectifs d'études, etc. Et il s'avère que le concept d'échelle n'a de consistance que lorsqu'il est mis en relation avec celui d'observateur. C'est pourquoi notre définition va devoir accueillir un quatrième critère pour qu'elle puisse tenir. Ce critère a comme particularité d'introduire un contexte et non une caractéristique de l'entité. On retrouve également notre exigence de devoir inclure l'environnement dans notre définition, et ce dernier impliquait aussi le cadre théorique avec lequel on individualise.

Une conception hiérarchique ou multiniveau de l'individu est alors avancée dans ce chapitre. Chaque perspective n'entre pas en contradiction ou en opposition avec les autres lorsqu'elle individualise une entité. Les différentes conceptions s'appliquent simplement à différentes échelles par l'utilisation d'une résolution différente. Ainsi les critères de la

distinction, de la communication et de l'unité sont instanciés en des mécanismes qui diffèrent selon les échelles.

L'intégration du critère de l'échelle, contenant celui de la structure fractale, dans une définition de l'individu biologique permet d'intégrer le pluralisme sans qu'il soit une difficulté. Il permet également de ne pas tomber dans une indistinction provoquée par l'intrication caractéristique le monde biologique. Et pour finir il introduit le critère de l'observateur qui fera l'objet du chapitre prochain. Ce critère permettra d'introduire dans la définition la nécessité de considérer le cadre théorique accepté pour identifier un individu biologique par la résolution adoptée. La définition intégrera alors à la fois des critères qui cibleront l'ontologie de l'individu, son contexte d'existence ainsi que l'observateur qui l'identifie (cadre théorique).

I. Intrication, échelle et individualité

La notion d'échelle a déjà été suggérée plusieurs fois dans notre travail, par exemple lors de l'explication du modèle de la couverture de Markov, ou lors de l'utilisation de la niche écologique, tous deux décrivaient une relation entre deux milieux, interne et externe. Ces milieux sont situés à des échelles différentes. Ainsi, l'échelle est le concept tout indiqué pour traiter le problème que cause l'intrication hiérarchique du monde biologique en comprenant l'individualité comme une relation entre deux échelles.

1. L'intrication par la distinction et la communication

Avant d'aborder la notion d'échelle, il va être question de résumer comment l'intrication a été développée au cours des chapitres précédents chez les entités biologiques, et comment les critères de la définition nous permettent de la comprendre. Le lien entre l'intrication et l'échelle

se situe dans la résolution⁵⁶ : considérer une échelle revient à vouloir démêler les intrications, l'emboîtement des échelles par une mesure.

Dans les chapitres précédents, il a été vu que la structure de l'individu biologique peut se comprendre à partir d'une certaine forme de perméabilité reliant un milieu intérieur à un milieu extérieur. De cette relation en ressort une certaine forme de traduction de l'information. Cette traduction se produit lorsque l'information passe par la frontière qui sépare les deux milieux. Le critère de la communication implique alors une modification de l'information pour qu'elle puisse intégrer une clôture opérationnelle. On retrouvait ce même processus dans la théorie de la continuité avec le rôle du système immunitaire, ou encore dans la théorie des systèmes développementaux avec l'interinfluence des gènes et de l'environnement sur le développement d'une entité biologique. Seulement, cette traductibilité dépend de plusieurs facteurs environnementaux pour être réalisée. Il en va de même pour la communication qui dépend de l'environnement dans laquelle elle est transmise. C'est ce que décrit en partie la couverture de Markov.

En résumé, l'intérieur a un contact indirect avec l'extérieur, car les informations doivent traverser de multiples sous-systèmes qui composent leurs distinctions respectives. C'est en cela que se manifeste l'intrication à la fois horizontale comme vertical dans le monde biologique.

L'individu biologique forme un environnement singularisé par son degré d'ouverture, dont ce dernier est déterminé par son mode de communication. L'ouverture et la fermeture correspondent au mode d'être de l'individu biologique, la manière dont l'individu communique avec ses différents environnements. Ces sont ces degrés d'ouverture qui permettent, en partie, à un observateur d'identifier une entité comme un individu. L'individu n'émerge que dans des

⁵⁶ Au chapitre précédent, nous avons employé le terme de focus pour désigner la résolution.

tensions relationnelles qui font apparaître des ouvertures et fermetures. Il correspond donc à une relation singulière.

L'individu ne se compose pas uniquement d'un milieu interne, il se compose aussi de l'environnement qu'il crée. Ce milieu n'est pas extérieur à lui. L'individu biologique est lui-même un environnement qui rend possible l'émergence de propriétés bien particulières. Un individu biologique est alors une ouverture bien singulière qui laisse communiquer et qui forme des relations entre un intérieur et un extérieur. Ce qui brise cette dichotomie interne/externe.

Ainsi, l'intrication est bien plus qu'un entremêlement d'entités biologiques, elle décrit plutôt la manière dont les entités biologiques sont en relation. Et cette relation caractérise l'individu biologique en tant que relation qui lie deux échelles. Par exemple, un organisme qui met en relation le milieu cellulaire avec le milieu écologique par ses actions (comportements, alimentation, soin, etc.). On pourrait alors déduire que l'une des caractéristiques essentielles d'un tout pourrait être celle de créer ce lien.

Ainsi, l'intrication permet de comprendre l'individu, non pas comme une monade, mais comme une relation dynamique reliant des milieux intérieurs avec des milieux extérieurs.

Ces deux milieux correspondent à des échelles de grandeur auxquelles nous faisons référence. Ces deux échelles vont conserver un lien, une médiation grâce à des opérations spécifiques de l'entité biologique et de l'environnement, faisant ainsi émerger un individu biologique (Simondon, 1964, p. 7). L'individualité est alors une médiation qui lie deux ordres de grandeur ou deux échelles. Par exemple, le lichen se compose d'algues et d'un champignon, c'est ce dernier qui sert de frontière entre l'algue (l'intérieur) et l'environnement. Cela permet à l'algue de réaliser de la photosynthèse et d'être protégée par le champignon contre des pressions environnementales, comme un stress hydrique. Dans ce cas-ci, l'individu est l'ensemble composé de l'algue et du champignon.

La communication est alors permanente entre les milieux, elle se traduit par une liaison entre deux échelles que maintient l'individu (Simondon, 1964, p. 9). On retrouve cette idée en germe dans la perspective de Hull lors de l'évocation de l'individu comme une différenciation significative entre deux milieux appelés interne/externe.

La richesse des connexions et des interactions internes d'un individu biologique est équivalente à ses interactions et ses connexions externes. Cette richesse correspond au nombre de niveaux intégrés et différenciés, ainsi qu'à leur relation. Seulement, nous pouvons comprendre plusieurs éléments importance de ces énoncés.

La haute organisation interne qui caractérise un organisme pluricellulaire provient de la haute organisation de ses parties. Ce qui entraîne comme conséquence une limite de l'organisme à intégrer de nouveaux éléments dans son organisation interne. Cela en raison de sa clôture opérationnelle. Et c'est sur cette faible capacité à assimiler de nouvelles entités dans son organisation interne qu'une individualité se manifeste. Cette difficulté d'intégration est valable surtout pour les organismes pluricellulaires. C'est alors la raison pour laquelle le critère de la distinction est accentué à ces échelles, comme nous l'avons vu avec la perspective de la physiologie. C'est pourquoi un organisme pluricellulaire ne peut pas être considéré comme un individu plus typique qu'un organisme unicellulaire. En effet, pour un organisme unicellulaire, comme une bactérie, sa complexité réside surtout dans ses interactions et ses connexions externes. Elles sont perceptibles à travers les multiples échanges de gènes, de molécules et autres qui se jouent entre les bactéries. Elles peuvent donc plus facilement intégrer des éléments dans leur clôture opérationnelle interne que dans l'externe.

Les différents niveaux de l'individu biologiques sont liés par des intermédiaires qui ne peuvent pas être qualifiés d'individus, mais plutôt comme des groupes. De ce fait, une niche écologique ne peut être comprise comme un individu, tout comme un organe. Chacun d'eux se comprend comme un groupe d'entités biotiques et abiotiques qui constituent un milieu de vie

pour une entité en question. Dans le cas d'un organe, c'est une niche écologique pour les cellules qui le constituent. Il va donc être intéressant de voir quelle partie de la niche intègre l'individualité d'une entité (comme le bloc-notes ou le pot de lactofermentation) de celles qui ne le sont pas. En d'autres termes, d'avoir un outil capable de réaliser une découpe du monde permettant d'identifier un individu parmi ce tout. Pour ce faire, il va être question d'introduire le critère de l'échelle qui utilise la résolution comme moyen de découper méthodologiquement le monde.

II. L'échelle comme référent

Nous avons mis en évidence la récurrence des critères de la distinction, de la communication et de l'unité qui réfèrent à une pluralité de mécanismes qui divergent selon l'échelle considérée.

En ayant trouvé chaque critère dans les différentes perspectives, il est possible de proposer l'hypothèse que l'individu biologique est invariant selon les échelles de grandeur et selon les perspectives employées. Chaque perspective se situe à une échelle de grandeur différente, ou plus exactement, utilise une résolution différente pour identifier les trois critères instanciés en des caractéristiques ou mécanismes. La question maintenant est de se demander quelle est cette nature invariante de l'individu biologique. En quoi consiste-t-elle ? Il va être essentiel de répondre à ces questions, car il semble y avoir une opposition entre le fait d'avoir trouvé une invariance d'échelle de l'individualité ainsi qu'une sensibilité au contexte qui fait apparaître l'individualité différemment.

En effet, comment l'individualité peut être à la fois invariante et relative ? Par exemple avec notre exemple du faux-tremble, nous avons constaté une difficulté à déterminer quelle échelle privilégier pour situer l'individu biologique, à l'échelle de l'arbre ou de la forêt. Cependant les

deux individualités présentent une structure d'individualité identique, car elles sont toutes les deux construites à partir des critères de l'unité, de la distinction et de la communication, cela malgré la différence d'échelle. Ainsi, l'invariance réfère à la récurrence des trois critères et la relativité à leur instanciation déterminée par les contraintes d'échelles.

Pour préciser davantage la relativité, il faut considérer que chaque critère se situe sur un continuum, dont son intensité varie selon l'échelle, au point parfois de disparaître. Par exemple, le critère de la continuité physique chez le pissenlit disparaît lorsqu'on se situe à l'échelle du groupe, mais devient nécessaire lorsqu'on se situe à l'échelle physiologique.

Par exemple, dans une perspective macroscopique, l'individu chez le faux-tremble est l'arbre. Mais si on souhaite étudier l'état de santé de l'espèce, alors ce sera le critère de l'identité génétique deviendra pertinent, ce qui donne une plus forte importance au critère de la communication, ce qui place l'individualité au niveau du genet. Ainsi, nous voyons que chaque individuation doit être suivie d'une clarification de la théorie utiliser qui justifierait pour quelle tel ou tel mécanisme a été considéré et écarté.

C'est la raison pour laquelle il nous est possible d'identifier une partie comme étant un individu (comme un organe), pour ensuite la reconsidérer comme telle. Cette inconstance apparente n'est que le fruit d'un changement de référent (la théorie et son objectif). Ce dernier va déterminer quelle relation sera considéré. Ainsi, une double relativité se manifeste : (1) du cadre théorique choisi incluant son l'objectif de l'étude ; (2) de la sensibilité d'échelle de l'instanciation des critères en des mécanismes.

En conclusion, nous devrions nécessairement prendre en considération l'échelle pour individuer une entité. Mais aussi, notre définition devra introduire un critère qui relève de cette dépendance d'échelle et de cette invariabilité.

Pour être claire sur la position adoptée dans ce travail, une position réaliste est acceptée à propos de l'existence des individus biologique, tout en adoptant une position antiréaliste et pragmatiste en ce qui concerne le choix d'une échelle. Plus précisément, et comme évoqué en introduction, nous nous situons dans le sillage du réalisme structural qui ne considère la relation comme la seule entité existante. C'est pour cette raison que nous avons décrit l'individu biologique par la relation entre deux milieux.

La définition de l'individu biologique doit alors inclure parmi ses critères celui de l'échelle pour rendre compte de sa sensibilité à l'échelle dans l'expression de son individualité et de l'invariance des critères. La conséquence de considérer l'échelle comme critère est qu'il ne peut pas y avoir de niveau paradigmatique de l'individu biologique, seulement des instanciations.

La définition de l'individualité biologique doit alors pouvoir rendre compte de cette variation provenant de la double relativité, tout en justifiant que les critères identifiés soient bien indépendants de l'échelle (indépendamment de leur manifestation en des caractéristiques, qui elles diffèrent selon l'échelle). Pourtant, comme nous l'avons vu, selon les perspectives, certains critères apparaissent, d'autres s'estompent en raison des caractéristiques émergeant selon l'échelle que chacune d'elles prend. Il va donc être essentiel de saisir la notion d'échelle pour comprendre comment elle va pouvoir nous aider à établir une définition de l'individu biologique. Le critère de l'échelle va alors présenter un double but : dépasser l'intrication et fournir une explication de la récurrence et de la variation des critères.

Le cadre théorique qui va nous servir comme base pour comprendre et utiliser la notion d'échelle est celui de la théorie de la relativité d'échelle proposée par Laurent Nottale, physicien et théoricien qui a déjà appliqué l'échelle à la biologie dans ses travaux.

1. *La relativité d'échelle : la fractale inclut l'échelle*

Une théorie qui a su réunir de manière cohérente les notions d'échelles avec la géométrie fractale pour l'appliquée à la biologie est celle de Laurent Nottale, appelée la Relativité d'échelle. L'avantage de cette théorie réside dans la possibilité de l'employer sans utiliser un formalisme mathématique difficile à appliquer ordinairement sur des cas concrets (Forriez, Martin, & Nottale, 2009, p. 54).

La théorie de la relativité d'échelle part du problème de l'existence de structures hiérarchisées présentent dans une large gamme d'échelles. Ce qui engendre une complexité, dont découle notre problème d'individuation (Nottale, 2001, p. 95). Ensuite, la théorie intègre l'influence explicite des échelles « par l'introduction d'un espace des résolutions » (Nottale, 2001, p. 96), pour comprendre un phénomène étudié. Un espace des résolutions désigne justement les différentes échelles de la réalité biologique. Nous allons donc partir de ces postulats pour explorer le lien entre l'échelle et l'individu.

Nous avons vu que l'individu biologique est l'entité qui fait le lien entre deux échelles. Dans ce contexte, tenter de comprendre cette liaison pour définir l'individu biologique revient à vouloir étudier la relation entre deux niveaux d'échelles. Une analyse semblable est appelée une théorie multi-échelle⁵⁷. La distinction et l'échelle sont alors intimement liées, car c'est par le choix d'une échelle qui est possible d'appliquer une résolution. La résolution produit le découpage sur un phénomène biologique afin d'identifier un individu biologique (Forriez, 2010, p. 26). La limite entre deux échelles est saisie grâce à la géométrie fractale⁵⁸ (que nous utiliserons sans formalisme mathématique).

⁵⁷ Pouvant s'appeler aussi analyse multi-scalaire.

⁵⁸ Elle correspond à l'étude des structures fractales

Pour dire quelques mots introductifs sur la structure fractale qui sera étayée ultérieurement, elle entretient un lien avec la notion de distinction grâce à sa possibilité d'établir un découpage sur la perception d'un phénomène biologique. Autrement dit, elle permet de se demander quel niveau d'échelle privilégier pour étudier ce phénomène précis. La structure fractale est alors un outil qui nous permet de dépasser l'intrication verticale et l'intrication horizontale. Dans l'opération de ce découpage, la notion de fractale est nécessairement invoquée lorsqu'on aborde l'échelle et inversement. Car la géométrie fractale permet d'expliquer : (1) pour quelle raison nous arrivons à trouver de fortes similarités entre des phénomènes situés à des échelles différentes ; (2) pourquoi une redondance de ces critères est présente sur de multiples échelles.

Afin d'aborder plus sereinement la suite du chapitre, il va être question de préciser des points de vocabulaire, à savoir les définitions de l'échelle et de la fractale que nous emploierons.

Très généralement, une structure fractale réfère à une organisation multi-échelle (Forriez, Martin, & Nottale, 2009, p. 3). Dès lorsqu'un agrandissement est effectué sur une entité biologique, alors « « automatiquement » une nouvelle organisation scalaire apparaît » (Forriez, Martin, & Nottale, 2009, p. 3). La structure fractale est alors « une organisation qui se développe en cascade dans les échelles » (Forriez, Martin, & Nottale, 2009, p. 3). Par exemple, plus on tente d'être précis en appliquant une résolution sur une entité biologique, plus des détails surgissent en faisant apparaître de nouvelles entités biologiques qui la composent. Cette abondance de détails vient perturber la mesure de l'entité qui était à l'origine le point central.

On constate alors que la structure fractale utilisée dans le contexte de la théorie de la relativité d'échelle dépasse l'autosimilarité (*self-similarité*) stricte attribuée aux structures fractales purement mathématiques (Chalinea, Nottale, & Grou, 1999, p. 18). Il apparaît clairement que les structures fractales proviennent de l'organisation intriquée du monde vivant. Les deux types d'intrications sont désignées par le terme d'échelle du vivant dans la théorie de la relativité.

La sous-section suivante va donc étoffer le concept d'échelle en le plaçant dans le cadre de la relativité d'échelle.

Pourquoi préférer le terme d'échelle à celui de niveau d'organisation ? Car le concept de niveau d'organisation est propre à la perspective de l'évolution et est donc relatif à un type particulier d'individu biologique, celui d'unité de sélection. Or, le but de notre travail actuel est de mettre en avant ce qui est en commun entre chacune des définitions et perspectives. En utilisant le concept de niveau d'organisation, nous perdrons donc le général que nous recherchons.

2. La notion d'échelle

Maintenant que les grandes lignes de la théorie de la relativité d'échelle ont été esquissées, il va être question de savoir ce qu'on entend par échelle. La notion d'échelle et de changements d'échelle provient d'un nouvel intérêt apparu au courant du XXe siècle à prendre en compte les relations entretenues entre des entités situées à des échelles spatiales différentes. Autour du terme « échelle » se voient impliqués d'autres concepts comme ceux de « résolution », ou encore de « niveau » (Forriez, 2010, p. 21).

La résolution correspond à une quantification spécifique de l'échelle. La résolution réfère à la relation entre une mesure théorique et une mesure réalisée sur le terrain. On pourrait dire que la résolution est comme un maillage (Forriez, 2010, p. 24). Elle est un composé d'une multitude de données, provenant des grandeurs, des sujets d'étude, ou encore de la temporalité, etc.

À propos du niveau, il est une propriété émergente de l'échelle qui désigne l'apparition de nouvelles limites. Le niveau permet de référer à la possibilité de distinguer les différents échelons. Un échelon réfère alors à un palier dans l'intrication verticale des échelles (Forriez, 2010, p. 23). Nous utiliserons le terme de niveau en plus de celui d'échelle et non celui d'échelon pour éviter de multiplier la terminologie.

Concernant l'échelle, elle désigne une catégorie générale de grandeur. Elle peut aussi bien référer à une grandeur métrique, qu'à des taxons. Ce sont les outils théoriques utilisés qui vont déterminer quelle échelle considérer. Il existe deux réalités dans la notion d'échelle : quantitative et qualitative. La notion quantitative réfère au rapport entre une mesure théorique et une mesure réalisée sur le terrain. C'est un rapport homothétique. Quant à la notion qualitative, elle désigne l'intrication des échelles entre elles. Elle permet d'expliquer « l'état d'un phénomène par l'emboîtement des échelles » (Forriez, 2010, p. 22). Car comme nous l'avons vu, l'organisation d'un phénomène diffère selon l'échelle dans laquelle il se situe. On saisit mieux maintenant pourquoi une entité biologique manifeste les critères selon son échelle de grandeur.

Nous avons surtout abordé la notion qualitative de l'échelle avec l'intrication des différents niveaux des individus biologiques avec la verticalité. La notion quantitative réfère surtout à la précision d'une théorie sur sa capacité à référer au phénomène qu'elle explique.

À travers ces deux réalités d'échelles, différents types d'échelles coexistent. Selon l'approche de l'écologue Jérôme Mathieu (2007) qui a réussi à simplifier les types, il existe l'échelle d'observation, l'échelle des processus spatiaux et l'échelle des niveaux d'organisation (Forriez, 2010, p. 22). L'échelle qui va particulièrement nous intéresser sera celle de l'observation, car elle permet d'inclure les autres types d'échelles.

Concernant l'échelle d'observation, ce type d'échelle traduit une dépendance des résultats du phénomène étudié à la résolution d'échelle choisie (Forriez, 2010, p. 22). Une fois l'échelle d'observation choisie en fonction de l'objet d'étude, il faut établir une délimitation de la zone à étudier, comme trouver des frontières marquées. Cette opération a pour effet de déterminer une résolution. Et c'est à partir de la résolution qu'il est possible de définir les petites et grandes échelles entourant l'objet d'étude. Pourtant, une ambiguïté entre la taille et la résolution est malgré tout présente, car la taille de référence est généralement celle de l'organisme humain,

or, la résolution fait justement référence à la taille. Les différentes théories en biologie arrivent justement à considérer les niveaux d'échelles indépendamment de la taille humaine.

L'important est de saisir que, le choix d'un niveau (d'une délimitation) par et grâce à une certaine résolution entraîne obligatoirement l'invisibilisation d'informations situées au niveau plus bas et plus haut. En conséquence, ce choix entraînant un changement d'échelle modifie significativement les perceptions et représentations de l'objet étudié, mais aussi la nature même des phénomènes (Forriez, 2010, p. 24). D'où la relativité qu'induit le choix d'une résolution par une théorie pour examiner un niveau dans le but d'identifier un individu biologique.

Pourtant différents modèles de comparaison entre les niveaux ont mis en évidence que malgré les pertes d'informations, certaines restent constantes, quel que soit le niveau choisi (Forriez, 2010, p. 23).

Ce que l'échelle d'observation nous apprend, c'est que si une approche travaille sur plusieurs niveaux d'échelle, il est nécessaire qu'un choix de la résolution soit fait. Et que ce choix de résolution est presque toujours arbitraire (Forriez, 2010, p. 23). C'est pour cette raison qu'il va nous falloir une approche de l'échelle qui arrive à rendre compte de cette complexité liée à l'échelle d'observation, qui concerne particulièrement notre problème.

Pour considérer ce qu'implique l'échelle d'observation, il va être nécessaire d'adopter une approche spécifique, celle de la théorie de la relativité d'échelle (qui se situe dans l'approche plus générale appelée approche multi-scalaire (multi-échelle)), pour coïncider avec notre objet d'étude. La théorie de la relativité d'échelle de Nottale considère que ce sont ces relations qui donnent sens aux échelles, et non que les échelles aient un sens absolu (Forriez, 2010, p. 25). Pour faire simple, les différentes échelles d'observation correspondent aux différentes perspectives que nous avons étudiées de l'individu biologique. La théorie de la relativité propose ensuite une liaison entre les différentes échelles par la géométrie fractale.

En résumé, les niveaux réfèrent alors aux théories situées dans une même approche, entraînant dans certains cas une divergence d'individuation, comme avec l'exemple des théories liées à l'unité de sélection de l'approche évolutive. Quant à la résolution, elle correspond au découpage réalisé sur un phénomène biologique en utilisant une théorie bien spécifique. La notion d'échelle nous permet ainsi de comprendre la raison des divergences, mise en évidence dans le chapitre 2, entre les différentes théories et approches : l'individualité est sensible à l'échelle dans laquelle elle se situe, ce qui produit une théorie qui la décrit par une définition qui concorde avec ces divergences, par exemple par le choix d'une résolution spécifique. De ce fait, expliciter la notion d'échelle nous permet de mieux saisir comment elle va nous être utile pour l'identification d'une individualité et la construction d'une définition.

La transition entre chaque échelle doit maintenant être expliquée pour saisir comment le passage d'une échelle à une autre est possible, passage réalisé par un changement de théorie ou de perspective, afin qu'il n'y ait pas une pluralité de définition de l'individu biologique sans lien, mais au contraire qu'on puisse saisir une continuité entre chacune d'elles. Ce qui reviendrait à introduire les similarités identifiées dans le chapitre 2. Similarités qui sont perceptibles lorsqu'on réalise l'opération de placer artificiellement deux entités, d'ordinaire situées dans deux échelles différentes, à une même échelle afin de faire ressortir des critères universaux.

En biologie, l'échelle correspond au terme de niveau d'organisation utilisé ordinairement. Au niveau biologique, elle se manifeste sous des distorsions dans l'expression de l'individualité, par exemple entre les différentes grandeurs des entités biologiques. La théorie de l'évolution a déjà mis en évidence l'influence de l'échelle sur l'individualité des entités en identifiant les niveaux d'organisation (Harvey-Girard 2015). L'échelle traduit alors simplement l'organisation hiérarchisée et intriquée de la réalité biologique. La notion d'échelle offre un cadre de réflexion

pertinent pour saisir un objet se trouvant sur plusieurs niveaux d'organisation comme l'est l'individu biologique (Godin 2003, 1).

Deux types d'échelles sont utilisées pour dépasser ces deux intrications : l'échelle de taille et l'échelle de fonction. L'échelle de fonction réfère à la description d'une organisation de relations de systèmes. C'est par une résolution d'échelle qu'il est possible de décomposer théoriquement une organisation en dissociant les composants en parties, faisant apparaître les relations de dépendances et les fonctions de chaque partie. Par exemple, c'est par l'échelle de fonction qu'il était possible de qualifier le ramet faux-tremble de quasi-individu dans la perspective évolutionniste, en mettant au jour sa fonction dans le genet. Alors que l'échelle de taille nous permettait de lier différents ordres de grandeur, comme celle réalisée entre un organisme et sa niche écologique dans la perspective écologique.

En biologie, une échelle référerait à un certain type d'agencement entre entités biologiques. Plus concrètement, les échelles réfèreraient aux organismes unicellulaires, pluricellulaires et groupes. Ces échelles peuvent se chevaucher l'une sur l'autre, par exemple, il est possible qu'un organisme multicellulaire présente une taille similaire à un gros organisme unicellulaire. C'est pour cette raison que considérer les niveaux devient essentiel, car ce sont eux qui permettent d'intégrer ces chevauchements. Pour pouvoir intégrer le passage entre les échelles, l'introduction d'une autre notion intimement liée à celle d'échelle est nécessaire : la notion de fractale.

III. Fractale, invariance et relativité

1. *L'individu et sa nature multiniveau*

Pour saisir la raison de la présence des critères propres à l'individu biologique à chaque échelle, il va être essentiel d'expliquer cette constance grâce à une analogie. La structure de

l'individu biologique composée des critères de la distinction, de la communication et de l'unité présente une similarité avec une structure fractale qui traverse les différentes échelles sans que sa forme générale ne soit modifiée.

Par exemple, un organisme tigre pourrait s'apparenter à un écosystème dans lequel se réalise l'adaptation de ses organes et qui se modifie en fonction de ce qui l'entoure. La fonction des organes est déterminée en fonction de l'organisme et de l'environnement dans lesquels ils se situent. Le tigre est donc l'individu et non pas ses organes, car c'est lui qui réalise les ouvertures, les changements et qui entretient des relations avec son environnement. En d'autres termes, on retrouve une version détaillée d'une partie de la définition de l'individu biologique de Clarke : l'individu est l'entité qui communique unitairement avec l'environnement (intérieur et extérieur).

En se basant sur l'hypothèse que l'individu est la liaison entre deux échelles, on aurait une explication de sa nature multiniveau. Plus exactement, il devient possible de retrouver un même modèle à chaque échelle du vivant. Ce modèle sous la forme de « partie-individu-environnement ». Par exemple, il nous est possible d'identifier une cellule comme étant l'individu biologique en considérant ses bactéries (ou organites) comme parties, et vivant dans un organisme comme niche écologique. Ce modèle pourrait être répété à chaque échelle. Il s'articule et se compose des trois critères caractéristiques de l'individu biologique. Ce sont eux qui lui donnent sens et le rendent intelligible. Et ce modèle se trouve être la représentation de la structure de l'individu biologique général (universel).

Il semble alors qu'à travers le relativisme que laisse supposer le pluralisme de définition ainsi que la nature multi-niveau de l'individualité, l'individu s'exprime bien à travers une constance perceptible à chaque échelle. Il va donc être question de saisir la nature de cette constance.

2. *Une introduction à la structure fractale*

L'individualité présente alors une structure particulière. La caractéristique de cette structure à se reporter à chaque échelle semble coïncider avec l'une des caractéristiques de la structure fractale non mathématique. Il va donc être question d'examiner ce lien pour voir si une explication et un dépassement de la nature multi-niveau et du pluralisme sont possibles. C'est ici qu'entre en jeu la notion de structure fractale, qui nous permet d'intégrer la dépendance d'échelle affectant les caractéristiques perçues, ainsi que la régularité des critères indépendante de l'échelle.

Avec le modèle qui situe l'individu dans une position d'intermédiaire entre des parties et un environnement, introduire la structure fractale nous permet de préciser cette hypothèse par l'une de ses caractéristiques : une structure fractale ne présente pas ses formes fractales à chaque échelle, ses formes apparaissent ponctuellement, prenant la forme « non-fractale/fractale/non-fractale /... ».

En utilisant les apports de l'approche multi-scalaire et de l'échelle d'observation, il semble que cette ponctuation soit causée par la rencontre entre l'observateur choisissant une résolution et des entités biologiques situées à cette échelle.

Si on soutient cette conséquence, alors cela confirme que l'individu biologique est bien une entité qui existe ontologiquement. Ses caractéristiques existent aussi ontologiquement et instancient les critères en se modifiant selon les échelles. Ce qui révèle une sensibilité à son échelle.

C'est alors l'observateur (le cadre théorique) qui choisit une résolution pour identifier un individu à une échelle précise. Cette action fait apparaître cette structure fractale en raison de l'impossibilité pour un cadre théorique d'englober dans une résolution la totalité des individus sans avoir des pertes d'informations. Par exemple, lorsqu'on effectue un zoom avec un appareil

photo pour identifier un sujet, son fond devient flou, et les parties du sujet deviennent si petites qu'elles en deviennent indistinguables. Il y a donc une perte d'informations au profit d'une précision adaptée à un sujet.

Maintenant que notre hypothèse d'identifier l'individu à la fractale est corroborée, examinons plus en profondeur le lien entre fractale et individu pour constater si cette identification permet d'expliquer la nature multi-niveau de l'individualité.

2.1 Comprendre la fractale

La géométrie fractale fut développée par le mathématicien Benoît Mandelbrot (1975). Cette approche mathématique permet d'analyser les résolutions des échelles de grandeurs. Comme évoqué précédemment, notre approche ne va pas utiliser le concept mathématique de fractale, mais plutôt sa forme non formalisée qui peut s'adapter aux entités biologiques.

Ce qui est entendu par fractale, c'est une organisation qui présente une structure composée par la répétition d'une même forme, un même pattern identique à la forme générale, « à ceci près qu'elles sont à une échelle différente et peuvent être légèrement déformées » (Mandelbrot, [1975] 2020, p. 155). Une structure fractale est alors une organisation multiniveau (Mandelbrot, 1977 ; 1982). Lorsqu'on réalise un zoom sur une structure fractale, alors une nouvelle organisation dépendante de la nouvelle échelle apparaît, « il s'agit donc d'une organisation qui se développe en cascade dans les échelles » (Forriez, Martin, & Nottale, 2009, p. 3). La structure fractale est alors une structure similaire qui se répète à chaque échelle. Ses caractéristiques dépendent de l'échelle, ce qui permettrait d'expliquer sa réalité multi-niveau.

La définition que fournit Mandelbrot est à nuancer, car elle n'est valable que dans le cas très particulier d'une auto-similarité de forme de référence. Ce qui revient à se limiter aux formes fractales mathématiques, donc infinies et parfaites dans leur auto-similarité. Or, dans notre cas,

les échelles du vivant sont limitées. Mais aussi, l'autosimilarité présente des divergences mineures. Ainsi, la pluralité de définitions renverrait aux critères récurrents qui se retrouveraient à chaque échelle, mais avec des différences d'intensités. De ce fait, l'échelle et la structure fractale sont interreliées. Et l'individu présenterait une structure fractale autosimilaire qui se répèterait à chaque échelle et avec des divergences en raison de sa sensibilité au contexte.

2.2 Légitimité de l'affiliation fractale-individu

Pourtant, est-il légitime de considérer l'individualité biologique comme une structure fractale ? Pour y répondre, il faut savoir si la structure de l'individualité biologique et celle de la fractale partagent les mêmes caractéristiques primaires.

Il existe deux conditions pour qu'un objet soit considéré comme fractal : (1) sa sensibilité aux petits perturbations produisant de grands changements ; (2) il doit posséder différents niveaux d'organisations, c'est-à-dire sa présence doit couvrir une large gamme d'échelles (Forriez, Martin, & Nottale, 2009, p. 4).

(1) Concernant la sensibilité aux petits changements, la répétition de la structure fractale biologique n'est pas infinie et n'est pas parfaitement identique, contrairement à la structure fractale mathématique, car elle présente une grande sensibilité aux petites variations de son environnement. Par exemple, ces petites variations peuvent se voir à travers des changements stochastiques que décrit la théorie de l'évolution. Dans la réalité biologique, le chaos offre des irrégularités qui produisent l'occlusion de formes (la finitude). C'est pour cette raison que le vivant ne se prolonge pas dans l'extrêmement grand et l'extrêmement petit. Il se cantonne au milieu de l'échelle de l'univers. Plus exactement, pour les plus petites entités biologiques, elles se situeraient à 10^{-33} cm, et les plus grandes à 10^{28} cm (Chaline, Nottale, & Grou, 2009, p. 108).

Mais également, les contraintes liées aux matériaux composant une entité biologique situés à une échelle spécifique participent à expliquer cette finitude.

Les entités biologiques sont très sensibles aux petites variations de leur environnement, ce que décrivent très bien les perspectives physiologistes avec l'autopoïèse ou encore l'énergie libre, et les perspectives évolutionnistes avec l'évolution qui décrit l'adaptation des entités biologiques leur faisant prendre différents chemins évolutifs. C'est pourquoi l'arbre de l'évolution a déjà été comparé à une structure fractale dans plusieurs travaux (Chalinea, Nottale, & Grou, 1999).

Toujours en rapport avec la sensibilité aux petites variations, les parties ressemblent au tout lorsqu'un agrandissement est réalisé. Ce n'est donc pas une ressemblance ou similarité qui est à l'œuvre, mais bien une auto-similarité. Elle décrit une forme répliquée, avec des inexactitudes dans le cas d'une entité biologique. Par exemple, l'une des branches de la fleur du chou Romanesco n'est pas parfaitement sa réplique, elle présente de petites imperfections, ce qui donne une finitude à ses formes. La nature chaotique des formes des entités biologiques est ce qui donne une singularité à chacune d'elles. Ces irrégularités sont aussi le produit du hasard. Il traduit des influences environnementales sur le développement de l'entité difficilement prédictibles pour un observateur donné.

Le point important ici se situe dans le rôle majeur de l'environnement pour construire la singularité d'une entité. Sans le contact avec l'environnement, sans le fait d'exister dans un espace-temps bien précis, une entité biologique ne pourrait être distinguée des autres entités, donc en partie individualisée. L'entité en question serait comme un objet mathématique, perdue à travers des répliques parfaitement identiques dans des échelles infinies. Perdues dans un tout indéterminé et infini.

(2) Concernant le second point (l'individu biologique doit posséder plusieurs niveaux d'organisations), nous avons déjà constaté la présence de l'individu biologique dans une large gamme d'échelles. Par exemple, c'est exactement ce que décrivent les intrications verticales à l'origine de la pluralité de la définition, ainsi que la difficulté pour une définition de dissocier les parties du tout.

Cependant, dans un cadre concret, comment peut-on parler d'autosimilarité dans un phénomène biologique ? Une branche ne présente pas les mêmes caractéristiques que l'arbre, sans parler des grandes différences entre la branche et les cellules qui la composent. Pour y répondre, il va falloir mobiliser la sensibilité des structures biologiques à leur échelle. L'auto-similarité désigne une récurrence structurelle en raison d'une sensibilité au contexte et non une répétition parfaite de formes, comme pour le cas des fractales mathématiques.

Mais cette explication ne fonctionne pas très bien lorsque les deux entités se trouvent à la même échelle, ou à une échelle très proche. Il va donc falloir préciser davantage ce que signifie cette dépendance à l'échelle ainsi que la sensibilité aux petits changements. Cette objection renvoie à notre hypothèse du début de ce chapitre, à savoir, si la structure de l'individualité biologique présente bien une auto-similarité ponctuelle à l'instar une forme fractale.

Concernant la dépendance d'échelles, il est possible d'utiliser un exemple donné par Mandelbrot : celui de la pelote de laine ([1975] 2020, p. 12). Une pelote de laine contient plusieurs dimensions (échelles) latentes. Lorsqu'un observateur est situé à plus de 10m de la pelote, il y perçoit une seule dimension ; lorsqu'il est placé à 10 cm de la pelote, elle apparaît sous 3 dimensions. Mais lorsqu'il agrandit davantage la résolution pour arriver à 10 mm, l'ensemble des fils perceptibles donne à voir une figure unidimensionnelle. Nous pouvons constater un nombre de dimensions équivalent lorsque l'observateur se situait à 10m de la pelote. En passant ensuite à une distance de 0.1 mm, l'objet redevient tridimensionnel. En conséquence, on retrouve ces sauts dimensionnels qui font apparaître des caractéristiques différentes se

répétant ponctuellement. On retrouve une similarité avec la description de l'individu qui serait située entre deux échelles, créant une relation se présentant sous la forme « non-fractale/fractale/non-fractale /... ». La répétition « tout-parties-tout-parties-etc. » ou « non-fractale/fractale/non-fractale /... » est désignée comme la loi d'échelle et transition fractale-non fractal proposée par Nottale (1993) dans la théorie de la relativité d'échelle.

Nous pouvons donc dire avec certitude que les caractéristiques de l'individu biologique, compris comme une structure fractale, sont dépendantes de son environnement. Par exemple, c'est ce que l'on constate dans le cas d'un humain : avec le choix d'un cadre théorique précis, comme celui de la physiologie, une certaine résolution est appliquée. En restant dans les bornes de cette résolution, on arrive à percevoir un individu dont ses parties sont les organes et les membres. Des pots de fermentations ne sont pas alors inclus dans son individualité. Lorsqu'on applique un dézoom, on perd l'organisme comme individu, car on quitte l'échelle de la physiologie. Il est perdu dans les détails d'une foule d'organismes similaires avec des aspects culturels qui les enveloppent et les lient. Alors que si on appliquait un zoom sur son organisme, il devient un tout indifférencié dans lequel baignent les cellules.

Seulement, l'individualité n'est pas présente à chaque échelle. Sa présence est ponctuelle, non pas continue. De ce fait, elle se caractérise par une discontinuité, sur la base de ce qui a été déduit précédemment. L'individu serait comme les dimensions que l'on aperçoit lorsqu'on réalisme les rapprochements et les éloignements d'une la pelote de laine. Lorsqu'on s'approche de la laine, seule une dimension est perceptible (on perd l'individualité en trouvant trop de détail ou une absence de détail), et plus on s'éloigne, plus aperçoit les 3 dimensions de la pelote, mais incarnées sous d'autres modalités. Toutes ces dimensions existent ontologiquement, c'est notre angle de perception appliquant une résolution qui produit cette apparition séquencée.

On constate que l'exemple de Mandelbrot utilise un référent d'échelle fixe et c'est son rapport avec la pelote de laine qui fait émerger les différentes dimensions (Mandelbrot, [1975] 2020, p. 22).

Il serait possible alors de formuler l'hypothèse que la définition de l'individu, lorsqu'elle est comprise comme structure fractale, relève inévitablement du point de vue de l'observateur qui doit être fixe. Cet observateur serait un cadre théorique que l'on conserve pour toute la durée de l'étude. Par conséquent, la présence ponctuelle n'est pas ontologique, mais épistémique : elle émerge du choix de résolution, donc du cadre théorique choisi. Cela à cause de la nature multiniveau et imbriquée du monde biologique qui entremêle simultanément les différents niveaux. Voilà la raison pour laquelle cette présence est épistémique. Sans cette imbrication, la présence ponctuelle de l'individu serait alors bien ontologique.

Ainsi, avec l'ensemble de ces correspondances, il devient possible de qualifier l'individu biologique de structure fractale.

En résumé, l'identification de l'individu à une structure fractale permet d'expliquer la nature hiérarchisée des organismes vivants : « l'ADN dans le noyau, le noyau dans la cellule, la cellule dans le tissu, le tissu dans l'organe, l'organe dans l'organisme » (Nottale, 2001, p. 95). L'autosimilarité ne s'apparente alors pas à la similarité perceptible dans les formes fractales mathématiques. Les critères qui prennent différentes formes selon les contraintes du contexte sont les éléments qui sont répétées à travers les échelles. C'est grâce à cette autosimilarité que la cellule, aussi bien que l'organisme que l'écosystème peuvent être considérés comme un individu. Il y a une forte sensibilité aux conditions de l'échelle de la part de la structure de l'individualité. C'est pourquoi il est la frontière médiatrice entre deux niveaux non-fractals, comme un environnement et un organe.

Dans le cadre de notre définition, la notion de fractale nous permet de valider l'hypothèse que l'individu biologique est similaire à une structure fractale. En plus de nous avoir ouverts à une explication de la présence multi-niveau de l'individu, ce lien entre individu et fractal nous permet d'introduire la double dépendance qu'entretient une individuation envers un observateur et une échelle. Cette dépendance traduit une nature double de l'individu biologique : il est à la fois réaliste et non-réaliste. En effet, les caractéristiques de l'individu perceptibles dépendent du point de vue adopté et de l'échelle. Car c'est le point de vue de l'observateur (le cadre théorique) qui appose une résolution, créant cette répétition « tout-parties-tout-parties-etc. », comme pour les passages ponctuels des dimensions de l'exemple de la pelote de laine.

L'individu marque la frontière médiatrice entre deux échelles. D'où l'affiliation forte entre lui et une frontière, mais il n'en est pas une. L'individu laisse apparaître les deux échelles qui met en relation, comme une vitre qui laisse passer la lumière. Ainsi, il se reporte à chaque échelle, ses critères restent autosimilaire tout en variant leur instanciation par leurs sensibilités aux échelles. Comme une lumière qui traverse une vitre teintée conserve ses caractéristiques de lumières, mais avec quelques variations selon l'angle de vue pris par un observateur (la résolution choisie) et l'environnement (le système dans lequel l'individu et la vitre se trouve) (Annexe 3). Par exemple, une cellule eucaryote se compose d'une membrane (distinction avec l'extérieur), d'organites lui permettant d'assurer son unité (ne pas se désagréger dans l'environnement grâce au maintien de son énergie) et une communication avec les autres cellules par la transmission et la captation de molécules. On retrouve aussi les mêmes critères chez un essaim dont les entités qui le composent doivent respecter trois règles pour en former un : elles doivent maintenir une séparation entre chacune d'elles pour ne pas être trop rapprochées (distinction), elles doivent se déplacer dans la même direction « que l'ensemble moyen des directions et des vitesses [(communication)] » (Chaline, Nottale, & Grou, 2009, p.

207), et les entités ne peuvent se trouver sur l'extérieur de la structure, les forçant à se déplacer vers le centre (unité).

L'autosimilarité de la structure de l'individu biologique ne peut présenter qu'un nombre limité d'états en raison de contraintes biologiques, comme « l'existence d'espaces de ressources, la gravité, la viscosité de l'air et de l'eau, l'efficacité métabolique et les autres contraintes biologiques » (Chaline, Nottale, & Grou, 2009, p. 212).

Ainsi, les échelles pertinentes sont celles du vivant (allant du nanomètre au mètre) qui lient deux niveaux entre eux. C'est pour cette raison qu'un organe n'est pas un individu, mais un organisme l'est (mais pas exclusivement). Un niveau pertinent est alors celui qui présente des liaisons avec les niveaux situés juste avant et juste après lui. Par exemple, la relation symbiotique qui compose un lichen représente le rapprochement entre deux niveaux : celui de l'algue et celui du champignon, l'algue se situant au niveau plus bas que celui du champignon, et cette alliance leur permettent tous deux de mieux résister à la liaison avec le niveau au-dessus d'eux.

Conclusion

Ce chapitre nous a permis de mettre en évidence le critère de l'échelle pour construire notre définition de l'individu biologique. Il réfère au niveau de la réalité dans lequel les critères de l'individu biologique vont s'instancier. La présence de l'individu biologique à chaque échelle du vivant traduit une répétition de sa structure, ce que nous avons examiné par le concept de fractale.

Il existe une profonde relation entre l'organisation multi-échelles et les objets fractals. En effet, la génération de ces structures se fait à travers plusieurs échelles, ce qui fait apparaître leur nature fractale. Chaque partie de la structure est la réplique de la structure entière (Godin 2003,

8). L’empreinte d’une même structure est alors présente à chaque échelle. Cette génération fractale multi-échelle est très manifeste chez les végétaux. Par exemple, chez le chou-fleur, chaque petite branche est la réplique de la branche principale. Le processus de croissance des végétaux est de nature répétitive ou autosimilaire, d’où leur organisation en modules.

La représentation d’une structure fractale se fait grâce à une résolution qui caractérise l’échelle à laquelle il se situe. Et pour obtenir une représentation très détaillée d’une structure irrégulière, comme la côte de la Bretagne, il est nécessaire d’utiliser et combiner plusieurs résolutions issues de différentes échelles. Cette combinaison est obligatoire, car à chaque application de résolution, une partie de la réalité se perd soit dans un fond diffus, soit dans des détails inobservables (Godin 2003, 26). En lien avec notre sujet, la définition que nous allons proposer reviendrait à fournir une représentation de l’individu biologique contenant des représentations issues de différentes échelles en les faisant correspondre. L’individu serait alors une combinaison de propriétés autosimilaires, invariantes selon les échelles de grandeurs (ou d’autres échelles), et de propriétés spécifiques à l’échelle.

L’autosimilarité de l’individu biologique est impliquée dans le critère de l’échelle. Car sans cette répétitivité, il n’y a pas lieu de considérer le critère de l’échelle dans la définition. Ce qui nous permet de dépasser l’intrication, c’est l’application d’une résolution adaptée à une échelle. Une entité biologique est également composée d’autres entités biologiques qui présentent une structure quasi-identique.

Bien entendu, cette structure de l’individu fractale s’arrête à un certain niveau. Par exemple, l’arrangement des molécules qui composent les protéines de l’ADN ne présente pas une similarité avec celle d’une cellule, car tout simplement les protéines de l’ADN ne sont pas considérées comme vivantes. Elles se trouvent en dehors des échelles du vivant, et elle ne présente pas les critères ontologiques de l’individu biologique. La structure fractale propre à l’individu biologique est alors finie.

La présence des trois critères de l'individu biologique mis en avant dans le chapitre précédent (distinction, unité et communication) n'est pas alors continue, mais ponctuelle. C'est pour cette raison qu'il est possible de percevoir des parties et des tous non individualisables se trouver autour d'une entité identifiée comme étant un individu biologique.

Donc le critère de l'échelle permet de ne pas sombrer dans « un tout qui ressemble à tout ». L'individu que l'on saisit est alors la médiation entre deux non-fractals. Car en se rapprochant trop ses parties ou en s'éloignant trop de son organisme, l'individualité se brouillerait par la surcharge de détails, ce qui nous fait tomber un tout indifférencié. En se situant à la frontière, l'individualité présente des détails, mais dans un nombre limité.

Ainsi, connaître l'individu, c'est obtenir un accès et une possibilité de connaissance de l'individuation grâce à leur similarité structurelle et organisationnelle. D'où les phénomènes d'invariance et multiniveaux perceptibles dans différentes dimensions de la réalité biologique, que nous constatons lors des examens des différentes perspectives et définitions. L'échelle, impliquant la fractale, doit alors faire partie des critères qui composent la définition de l'individu biologique pour rendre compte de sa nature multiniveau. Cette intégration permettra à l'individu biologique de se dissocier de l'individu philosophique en instaurant une de ses caractéristiques propres.

Pour résumer notre position, l'individu biologique est bien une entité qui existe ontologiquement et se compose des trois critères. Un réalisme est alors accepté. Ses critères s'instancient en des mécanismes qui ont une existence concrète, mais variant selon les échelles en raison de sa sensibilité au contexte. L'observateur (le cadre théorique) choisit une résolution pour identifier un individu à une échelle, ce qui fait apparaître une discontinuité dans l'apparition de l'individu en raison de l'impossibilité pour un cadre théorique d'englober la totalité des individus sans avoir des pertes d'informations.

La définition universelle et minimale doit alors inclure le critère de l'échelle pour rendre compte de sa structure fractale et de sa sensibilité à l'échelle. Pourtant, une donnée reste masquée sous le concept de résolution qu'implique la notion d'échelle. En effet, les notions de fractale et d'échelle induisent celle d'observateur qui va opérer un choix dans la résolution à adopter. C'est pourquoi il doit figurer dans la définition de l'individu biologique. Pour différencier les échelles d'observations, l'une d'entre elles doit forcément être l'échelle de référence absolue, qui ne change pas. Et cette échelle est celle de l'observateur. Malgré que ce point a été abordé succinctement, il va faire l'objet d'étude dans le chapitre qui suit pour mieux comprendre son importance et de quelle manière il va pouvoir intégrer la définition de l'individu biologique. À la suite de cet examen, une définition sera proposée, enfin.

CHAPITRE 4 : CADRES THÉORIQUES ET DÉFINITIONS

L'objectif de ce chapitre est double : il présentera le dernier critère qui nous permettra de concevoir les intrications non pas comme une difficulté, mais comme une dimension constitutive de l'individu biologique ; il présentera une définition minimale et universelle par l'agencement de ces cinq critères ontologiques et épistémiques.

Dans un premier temps, il va être question d'introduire le critère de l'observateur, correspondant au choix du cadre théorique effectué. Ce critère réfère à un cadre théorique qui utilise une échelle d'observation déterminée par son objet étudié ou par ses objectifs d'études. Ce choix de cadre théorique permet d'appliquer une résolution qui entraîne le dépassement de l'intrication hiérarchique du monde biologique. Pour identifier un individu biologique, il s'agira alors de regarder si les trois critères ontologiques sont instanciés à un même endroit.

Dans un second temps, nos nouveaux critères vont nous permettre de proposer une nouvelle compréhension de la difficulté qu'engendre la présence des deux d'intrication. Ce point sera suivi d'une synthèse des critères développés dans ce travail. Ce qui nous amènera ensuite à proposer une définition universelle et minimale originale, qui se présentera sous l'apparence d'un diagnostic.

I. L'observateur ?

Le chapitre précédant introduisait que les notions d'échelle et de fractale induisaient celle de l'observateur. Ce que la structure fractale avec la considération de l'échelle (incluant la résolution) nous apprend, c'est que le phénomène biologique perçue relève inévitablement de l'observateur (compris comme étant le cadre théorique). Toutes deux acquièrent une signification par leur rapport entretenu avec un référent. En effet, le cadre théorique fournit des

principes ou encore des définitions, qui s'accordent avec la résolution adoptée. Ce cadre théorique réfère au choix de résolution déjà évoqué dans le chapitre 3. L'observateur fait donc un choix sur la résolution à adopter pour examiner son objet d'étude. De ce fait, l'observateur ne prend pas une position surplombante vis-vis de son objet d'étude. La manière dont les critères vont se manifester est affiliée au cadre théorique et à l'échelle.

Un individu biologique est alors identifiable grâce à la présence de mécanismes qui correspondent à l'instanciation des critères de la définition. La forme de ces mécanismes va dépendre de l'échelle dans laquelle l'entité se situe. Le travail du ou de la biologiste sera de trouver les mécanismes qui correspondent aux critères permettant d'identifier cette entité comme étant un individu.

En d'autres termes, le critère de l'observateur réfère à un cadre théorique qui va utiliser une échelle d'observation déterminée en fonction son objet étudié, ses objectifs d'études, de l'échelle, etc. Par exemple, on n'utilise pas la théorie de l'évolution pour étudier la physiologie d'un organisme, car elle est principalement adaptée pour les études phylogénétiques et non ontogénétiques. Cela reviendrait à vouloir mesurer une salle de classe par l'unité du parsec.

1. Un fossé entre les différentes définitions ?

Pourtant, en affirmant que l'individu biologique est le produit d'un choix de résolution, ne créerait-on pas un pont entre les différentes perspectives de la biologie ? En réalité, c'est bien tout l'inverse. La notion de structure fractale représente l'outil de liaison entre chaque définition. Ce qui évitera de les mettre en compétition. Cette notion nous permet l'élaboration de deux points :

(1) L'intrication contient une redondance de critères et une autosimilarité. De ce fait, les définitions qui décrivent ces critères utilisent des référents différents en raison de la sensibilité d'échelle de l'individu biologique.

(2) Comme nous l'avons vu au chapitre deux, il y a une certaine forme d'équivalence entre chacune des définitions lorsqu'on les extrait de leur cadre théorie. De ce fait, chacune d'elles emploie les mêmes critères, mais dans un système et dans une échelle qui leur est propre, ce qui leur confère des divergences dans leur interprétation.

Pour prolonger ce que disait déjà Clarke, les critères qui constituent une définition de l'individu sont pertinents pour une approche lorsqu'elle les utilise en rapport avec son objet d'étude. Le véritable problème se situe dans une volonté d'établir une concurrence entre ces différentes définitions.

Il est clair que chaque théorie contient des présupposés théoriques différents qui vont la déterminer à choisir une résolution plutôt qu'une autre. Cependant, rien ne permet de dire que chaque théorie située dans son cadre ne produit pas une définition pertinente de l'individu. Chaque théorie se centre sur une zone précise du monde biologique qui recèle des spécificités. Il est presque absurde de penser que les autres théories qui portent sur des cas particuliers sont non pertinentes. Elles sont inadéquates dans un autre cadre, mais pas non pertinentes en soi. Ainsi, chaque théorie n'entre pas dans une rivalité avec les autres, chacune a développée un cadre et des outils théoriques adaptés à l'identification d'individus biologiques localisés à une échelle. La conséquence est qu'on ne peut pas changer d'observateur, donc de cadre théorique, pour tenter de trouver le même résultat. Car chaque observateur appliquera une résolution spécifique. L'invariance se trouve alors au niveau de la redondance des critères dans chacune des définitions, à savoir la distinction, l'unité, la communication, l'échelle et l'observateur.

En raison de la pluralité de définitions de l'individu biologique, on pourrait interpréter le choix d'adopter une résolution comme relevant de l'« arbitraire » pour désigner une entité comme étant un individu. Il semble alors que l'on décide ce qui devrait être considéré comme un individu (avec des raisons appuyées par divers examens et analyses). L'arbitraire se situerait également dans le choix d'utiliser une définition plutôt qu'une autre, même si le cadre théorique ou l'objectif de l'étude détermine en partie ce choix. Par exemple, comme nous l'avons vu avec la définition de l'individu évolutif (et sa résolution), l'individu se situe au niveau du genêt, car le mode reproductif asexué offre une inhibition de la concurrence entre les ramets. De plus, c'est l'ensemble du genêt qui répond de manière unitaire à la sélection naturelle. Donc, dans le cas du faux-tremble, l'individu est le genêt. Mais cette définition entre en concurrence avec les perspectives qui se concentrent sur la relation symbiotique ou sur le fonctionnement métabolique.

Pourtant, cette pluralité s'accorde sur certains points, ce rend illégitime la concurrence entre les définitions. En effet, elles se regroupent et se recoupent sur certains critères, comme nous l'avons identifiée dans le chapitre deux. Ce qui change entre les critères des différentes définitions, ce sont leur instanciation et leur importance au sein d'une individualisation. Mais ces divergences ne peuvent les mettre en concurrence, car elles ne portent pas sur les mêmes sujets d'études. On pourrait dire que concurrence il y a, car elles portent chacune sur l'entité biologique. Cependant, ce sera là se rendre aveugle à l'une des principales caractéristiques du monde biologique : ses intrications verticales et horizontales produisant une très grande diversité d'entité biologique. De ce fait, les définitions portent sur les entités vivantes et non sur l'entité vivante.

Reprenons le cas problématique du faux-tremble pour illustrer cette filiation entre les définitions. Si notre cadre théorique utilise principalement la perspective évolutionniste, alors la résolution qui utilise la définition évolutive est celle de la phylogénèse. Cette résolution se

centre sur les interactions entre les organismes, le milieu et espèces. La définition peut alors introduire des notions d'ontogenèses sans pour autant se focaliser dessus. Si les objectifs de l'étude vise à comprendre comme l'espèce ou le groupe « faux-tremble » de ce milieu prolifère, alors les critères s'incarneront en des mécanismes spécifiques, comme l'identité génétique ou le goulot d'étranglement afin d'individuer l'entité pertinente. En revanche, ces mêmes critères peuvent voir leur importance diminuer dans d'autres approches qui étudient des individus à d'autres échelles et avec des objets d'études différents.

Prenons un autre exemple. Lorsqu'on souhaite répondre à la question de savoir quand un individu humain né, tout un panel de perspectives oriente la manière dont la question sera comprise. Dans un contexte éthique, la question prendrait la forme suivante : « à partir de quel moment peut-on dire que la personne existe ? ». Cette question orientera vers un type de perspective adapté à l'échelle pour utiliser sa définition de l'individu (qui dans ce cas-ci n'est pas un individu biologique, mais un individu légal). Selon la définition choisie, il sera possible de trancher si l'individu commence lors de la naissance, ou lors du développement du cerveau, ou encore lors de la conception. Dans un même ordre, le biologiste peut se demander à partir de quand le fœtus acquiert son autonomie biologique (et non pas morale). Et les réponses vont donc changer selon leur définition. Ces dernières sont liées à une résolution adéquate qui amène l'intensification de certains critères. Dans le cas de notre exemple, l'entité examinée se trouve à la même échelle, c'est pourquoi ce sont les différents niveaux qui vont amener l'application d'une résolution plutôt qu'une autre. Par exemple, la perspective physiologique va rester au niveau métabolique pour se centrer sur le fonctionnement de l'organisme ; alors qu'une autre perspective, comme la théorie de l'évolution, va inclure une dimension phylogénétique pour introduire les influences environnementales et culturelles. Ce qui engendre la réduction de l'importance de certaines données physiologiques.

Ainsi, la définition physiologique va individuer le fœtus lors de la naissance, alors que pour la définition de la théorie de l'évolution, le fœtus est un individu bien avant la naissance, car il présente des mécanismes produisant une distinction et une coopération avec l'organisme de la mère. Avec cet exemple, on assiste à un chevauchement de niveaux et donc de définitions.

En conséquence, l'individu est une entité réelle et non uniquement une affaire de décision. Les différents cadres sont adaptés pour identifier les critères à chaque échelle du vivant. De ce fait, une entité qui regroupe des mécanismes relevant des trois critères (distinction, communication et unité) caractéristique de l'individu existe dans la réalité. C'est l'instanciation de ces critères qui diffère selon les échelles. La pluralité de définitions émerge alors de l'intrication multi-échelles du monde biologique. Elle oblige les perspectives à se spécialiser pour procéder au découpage du monde.

La conséquence est qu'à travers l'échelle d'observation, le choix d'une résolution pourrait ne pas permettre d'identifier un individu, car tout simplement la résolution adoptée peut être soit trop importante, soit trop précise pour laisser apparaître les mécanismes typiques de l'individu. Une variation, à la fois contextuelle (environnement de l'entité) et théorique, engendre ces différences d'individuation.

Bien entendu, ce n'est pas n'importe quelle entité qui peut être individualisée. En effet, les critères comme la capacité d'agir et rétroagir sur son environnement, de réduire les compétitions au sein de ses composants, ou encore la possibilité de renouveler ses composants sont spécifiques à l'individu biologique.

La question est alors de connaître la nature de ces critères. Les critères que nous avons identifiés, l'ont été par un examen et une généralisation des critères retenus par les différentes définitions dans le chapitre 1 et 2. De ce fait, ils ont la particularité de désigner des mécanismes réels d'une entité. Les critères que nous proposons sont alors suffisamment généraux pour être

utilisés par les différentes définitions issues de perspectives différentes. Ces critères réfèrent donc à des mécanismes composant une partie de l'ontologie d'une entité biologique.

En conséquence, l'individu biologique construit à partir de notre projet de définition ne peut pas référer directement à une entité existante, car les critères sont généraux (universels). Ils permettent d'identifier les mécanismes qui, en relation entre eux, peuvent amener à reconnaître un individu biologique. Ces critères ne sont pas une simple projection théorique, ils réfèrent bien à des mécanismes qui les instancient dans une pluralité de formes.

Par exemple, l'individu est-il uniquement le ramet seul ou bien inclut-il aussi les champignons situés à ses racines (rhizome) ? Pour y répondre, il nous faut choisir un cadre théorique, qui va appliquer sa résolution (échelle) et son but lié à l'individuation. La résolution va révéler des caractéristiques chez une entité biologique, dont les trois critères généraux vont pouvoir mettre en avant celles jugées pertinentes pour établir une individualité ou une absence d'individualité. Dans le cas de la définition de l'individu évolutif, dans un but de recensement de population, le ramet est l'individu, car il possède ses propres moyens défensifs qui le distinguent des autres ramets et entités, il est suffisamment unifié par sa physiologie, et enfin les champignons situés à ses pieds ainsi que les autres ramets présentent un destin évolutif différent. De ce fait, dans ce cadre avec cet objectif, on peut qualifier le ramet d'individu biologique.

Ainsi, chaque perspective explorée jusqu'ici examine une partie de la réalité intriquée et multi-niveau du monde biologique. Les outils conceptuels développés sont alors adaptés à cette portion du monde.

2. *Inscrire le critère de l'observateur*

Chaque définition de l'individu biologique est un cas particulier de l'individualité biologique. Se servir de la définition de l'individu évolutif, ou celle de l'individu autopoïétique

pour construire une définition générale reviendrait à utiliser un cas particulier pour définir le général. Aucune des définitions n'est erronée, chacune d'elles offre une description d'un phénomène située à une échelle précise. En effet, un individu biologique concret ne peut qu'exister dans une échelle. C'est pour cette raison qu'il est nécessaire d'intégrer l'observateur dans sa définition.

C'est déjà ce que montrait Clarke en précisant que sa définition de l'individu évolutif était déterminée par un usage et par un angle d'étude. La solution proposée dans ce travail ne fait qu'amplifier cette précision en intégrant les critères de l'observateur et de l'échelle.

Dans la définition de l'individu biologique, le critère de l'observateur regroupe un ensemble de caractéristiques propre à un cadre théorique. Par exemple, une définition située dans la perspective physiologique accorde une importance au critère de la continuité spatiotemporelle, en raison des contraintes de l'objet étudié et des objectifs. Ce qui relève d'un choix pragmatique. Une observation n'est jamais nue, désincarnée. Elle existe et est rendue possible par tout un cadre qui la soutient et lui donne corps. C'est en cela qu'il faut comprendre le terme d'observation : il est un cadre théorique qui donne les conditions de possibilités de cette observation. Considérer l'observateur dans un cadre théorique et non comme une personne permet d'éviter d'intégrer des données qui toucheraient à nos conditions d'existence, créant par ce biais une définition phénoménologique dont mettait en garde Pradeu.

Il semble pourtant que le risque du subjectivisme est proche avec l'intégration de l'observateur comme critère. En effet, notre position articule un réalisme (dans l'acceptation de l'existence ontologique de l'individu) avec un antiréaliste (dans l'influence qu'exercent les choix de l'observateur sur la manière dont l'individu apparaitre).

Si nous avons uniquement postulé un réalisme, alors toutes les définitions concurrentes auraient raison, car elles se construisent sur des critères justifiables et réels, créant ainsi une

difficulté à lier les différentes perspectives. Dans le cas d'une acceptation pure d'un antiréaliste, on ne pourrait rien dire sur ces multiples définitions, chacune d'elles traiterait son sujet sans pouvoir connaître ou avoir besoin d'une correspondance avec la réalité.

C'est la relativité d'échelle qui nous permet de conserver notre position associant réalisme des entités et antiréalisme pragmatiste dans l'utilisant d'outils théoriques, en montrant que le choix d'une échelle d'observation est nécessaire pour identifier un individu biologique.

Ainsi, le critère de l'observateur désigne la possibilité de choisir un cadre théorique permettant de cibler l'échelle de grandeur jugée pertinente en fonction de l'objet d'étude. En découle une résolution qui produit une découpe du monde. Les intrications ne deviennent plus une difficulté. Pour identifier un individu biologique, il s'agit alors de regarder si les trois précédents critères sont instanciés dans un même endroit. La notion de fractale dont nous faisons référence dans le chapitre précédent décrit la répétition d'une même structure représentée par la définition générale. Les trois critères de la distinction, de la communication et de l'unité la composent et s'ajoutent à eux ceux de l'échelle et de l'observateur.

Maintenant que nous savons la place de l'observateur comme critère dans la définition, il est possible de constater une faiblesse dans les outils composants nos deux critères épistémiques, à savoir l'échelle (incluant la fractale) et l'observateur. Cet ensemble d'outils théorique nous permet de faire le tri entre les parties et le tout grâce aux échelles et à l'observateur (distinction verticale), mais elle semble ne pas nous aider à faire une distinction entre les entités situées à la même échelle, donc une distinction horizontale (ex. les relations symbiotiques). Cette forme d'intrication se situant sur une même échelle doit faire l'objet d'un découpage produit par un autre outil.

Afin de mener à bien cette résolution, il nous faut préalablement rappeler de quelle manière il est possible d'identifier un individu qui s'étend sur plusieurs échelles. Dans un second temps, nous pourrions nous atteler à la découpe des entités situées à une même échelle. Ce qui correspondra au dépassement de l'intrication horizontale.

3. *Distinction entre les intrications verticales et horizontales*

3.1 La hiérarchisation ou la verticalité du vivant

Présentement, la relativité d'échelle (incluant la fractale et l'observateur) nous permet seulement de proposer une individuation verticale. Plus exactement, elle nous permet de différencier les échelles hiérarchiquement imbriquées. Bien entendu dans la pratique, les niveaux horizontaux et verticaux sont intriqués. Présentement, nous allons surtout nous focaliser sur des connexions verticales.

Utilisons un cas concret pour mieux saisir comme il est possible d'individuer une entité qui s'étale sur plusieurs échelles. Comme nous l'avons vu précédemment, le lichen est une unité symbiotique composée d'un champignon et d'un type de cellules chlorophylliennes (algues). En prenant comme point de référence l'échelle macroscopique, l'individu est le champignon⁵⁹. En effet, il interagit avec son environnement externe, se fixe sur la roche, se protège des différences climatiques et des taux d'humidités variables. Sa manière singulière de créer un lieu où vivre, d'interagir unitairement avec son environnement et de créer une barrière fait du champignon l'individu. Les cellules chlorophylliennes ne sont qu'une des parties intégrées au système qu'est le champignon.

⁵⁹ Mais ce champignon diffère du champignon sans les algues, c'est pourquoi il peut être désigné comme étant un holobionte, que n'est pas le champignon seul.

Alors qu'en prenant comme point de référence l'échelle cellulaire (microscopique), ce sont les cellules qui deviennent des individus. Le champignon est saisi comme leur niche écologique sur lequel elles se greffent et habitent. Ce sont les cellules chlorophylliennes transforment leur milieu grâce à l'énergie qu'elles transmettent à leur niche. Cette transmission impacte leur espace de vie qui est le corps du champignon.

En reprenant le point de référent l'échelle macroscopique, mais avec une résolution phylogénétique, l'individu se situe au niveau de l'ensemble, appelé lichen. Car il n'est pas possible de les séparer en raison de leur intégration fonctionnelle et de leur capacité à répondre unitairement à l'environnement. La relation symbiotique est provoquée par une pression particulièrement forte de l'environnemental sur les deux entités.

On constate donc que l'intégration de l'observateur comme référent permet de contribuer à distinguer le tout d'une partie. Le choix porté sur une résolution permet de produire un découpage du monde. À prendre en compte que dans notre exemple, nous n'avons pas considéré ce qui détermine l'observateur à choisir cette échelle-ci.

Ainsi, la nature intriquée et hiérarchisée de la biologie montre qu'on est toujours une partie d'un tout plus grand que nous, et nous sommes toujours un tout composé de parties plus petites. Le critère de l'observateur devient l'élément qui permet de circonscrire les phénomènes biologiques et ainsi dépasser l'intrication verticale. Le passage entre les différentes échelles hiérarchiquement imbriquées se produit par un changement de référent en partie déterminé par une modification de résolution.

Les caractéristiques de l'individu vont varier d'intensité selon l'échelle hiérarchique, mais aussi selon les besoins de l'observateur. Certaines d'entre elles peuvent être minorées, car peu utiles dans le cadre d'une étude. C'est pourquoi considérer la cellule comme l'individu paradigmatique n'a de justification que dans un cadre théorique précis avec ses objectifs

d'études. En raison des niveaux d'échelle d'existence divergeant et de l'observateur référent, il n'est pas cohérent de les comparer. Leur seul point commun réside dans leur structure individuelle pouvant être décrite par les critères redondants (distinction, communication, unité).

Ainsi, le problème engendré par l'intrication hiérarchique (verticale) du monde biologique semble être dépassé grâce à l'utilisation de la relativité d'échelle et des critères de l'observateur et de l'échelle. L'une des conséquences est qu'il n'y a pas d'individu paradigmatique. Cela ne nous fait pas tomber dans un relativisme. La possibilité de trouver différents individus selon le niveau est expliquée ontologiquement par la nature fractale de la réalité biologique et l'autosimilarité de la structure de l'individu biologique.

Nous avons donc résolu une partie de notre problématique : celui de la pluralité de définitions qui traitent de la hiérarchisation des niveaux biologiques en introduisant les critères de l'échelle référent et de l'observateur.

3.2 La symbiose ou l'horizontalité du vivant

Nous savons maintenant que considérer l'observateur comme point de référent permet de faire une différence entre un tout et une partie (verticalité). Maintenant, il va être nécessaire de différencier les entités biologiques situées à la même échelle. Cette distinction n'est pas réalisable avec les critères de l'échelle et de la structure fractale. Pour le dire autrement, nous rencontrons présentement une difficulté pour effectuer une décomposition fonctionnelle.

L'outil conceptuel à retenir pour dépasser cette forme d'intrication et réussir à mener une décomposition fonctionnelle est celui de la fonction. Donc il nous permettrait d'identifier l'individu à un niveau horizontal.

La fonction est un mode du critère de la communication. Une fonction est le rôle conféré par un système dans laquelle l'entité s'inscrit. La fonction d'une entité est alors identifiée par ce

qu'elle produit. Elle peut être amalgamée avec le mécanisme qui la réalise, faisant de cet agrégat une partie du système.

Avec notre compréhension de la fonction, nous nous tournons vers une définition systémique de la fonction. Elle sert à expliquer le fonctionnement et à traduire le rôle causal d'un système (Longy & Demazeux, 2021, p. 165). De ce fait, la fonction ne correspond pas à une propriété intrinsèque de l'entité biologique, mais à « un effet mis en relief dans une perspective explicative particulière en relation avec ce qu'on a décidé d'analyser comme un système » (Longy & Demazeux, 2021, p. 165). Comme nous le remarquons, l'observateur a aussi un rôle dans l'identification de la fonction. C'est pour cette raison qu'il n'était pas possible d'aborder plutôt tôt le concept de fonction.

La question est maintenant de se demander quel type de fonction doit produire une entité biologique pour être qualifiée d'individu biologique. Sur la base des définitions proposées par Friston, Clarke ou encore Pradeu, la fonction individualisante est celle qui traduit un rapport causal de transformation entre une entité biologique et une partie de son environnement. Par exemple, elle se manifeste par la réponse adaptative d'un organisme envers son environnement pour augmenter ses chances de survie. On peut alors préciser la fonction qui caractérise l'individu biologique en lui associant la capacité d'agencement.

Prenons l'exemple du bocal de fermentation. Situé à la même échelle que la personne, le bocal fait bien partie de son individualité. principalement lorsqu'un observateur prend comme angle de vue celle de l'alimentation. La fonction du bocal de prédigestion l'incorpore dans l'individualité de l'humain comme étant une partie. Il ne crée pas un agencement, le bocal fait plutôt partie de l'agencement de l'humain. Si on se concentre sur la digestion métabolique et physiologique de l'organisme, alors le bocal ne devient plus pertinent, il n'a plus de fonction dans ce système. Il sort alors de l'individualité de l'humain, cette dernière coïncidant avec son organisme. Par contre, les bactéries responsables de la fermentation qui se trouvent dans le

bocal peuvent devenir des individus lorsqu'elles sont examinées à travers une étude portant sur la fermentation. Leur fonction dans ce système leur confère un statut d'individu, car elles agencent leur environnement. le bocal devient alors une niche écologique.

L'utilisation de la fonction permet également de ne pas individuer n'importe quelle entité. Par exemple un crayon ne pourra pas être un individu non biologique malgré sa localisation horizontale située à la même échelle qu'un organisme comme un tigre. Ce qu'il faut prendre en compte, c'est à la fois la fonction du crayon dans son système (le système humain dans son cas), ses caractéristiques et l'observateur. Un crayon restera une partie d'un tout dans un cadre biologique, malgré le fait qu'il produise lui aussi une transformation (même infime) de son environnement.

Prenons l'exemple du fœtus déjà évoqué précédemment pour illustrer de quelle manière nous appliquons notre solution. Cet exemple se concentre sur la question : l'individualité situe-t-elle au niveau du fœtus de la mère ou du système composé des deux ?

Pour l'approche physiologique, l'individu est le système comprenant la mère et l'enfant. Ce système s'effondre ensuite une fois que se produit l'accouchement. Dans ce cadre, les deux entités ont une même fonction : permettre d'arriver au terme de la grossesse, cela par différents mécanismes d'agencement. La mère produit un agencement de son environnement extérieur, récupérer dans la nourriture, l'accès aux infrastructures de soins, etc. Le fœtus agence son organisme par la récupération et l'assimilation de ressources fournies par la mère.

Avec l'approche évolutive, les deux sont des individus à part, car chacun présente différentes réponses envers la sélection naturelle. En effet, le fœtus a un développement à part de celui de la mère, même si les deux partagent certaines conditions d'existences. C'est leur fonction au sein de la sélection naturelle qui va déterminer leur situation et donc leur distinction avec d'autres entités biologiques analogues. On retrouve ici un schéma similaire à l'exemple donné

par Clarke concernant la légumineuse et les bactéries captatrices d'azote. Dans la proposition de Clarke, les deux types d'entités entretiennent une relation symbiotique, mais sans pouvoir être amalgamées en un individu. Elles se distinguent par leur chemin évolutif divergent. Le chemin évolutif relève alors de la fonction adaptative.

Ce que l'on peut formuler comme constat, c'est que l'identification de l'individu va dépendre à la fois de l'objectif de l'individuation, du cadre théorique adopté et de l'échelle considérée. De ce fait, en considérant la fonction d'une entité dans un système, cela va permettre, en partie, de lui attribuer une place comme partie ou comme individu (pour que l'identification soit complète, les autres critères sont nécessaires). Par exemple, pour une étude de l'état de santé du fœtus, ce dernier sera défini comme un individu. Pour évaluer celui de la mère, elle doit être comprise comme un individu. Pour étudier l'état de santé de l'ensemble, alors l'individu devient le composé des deux.

Pour répondre à l'autre problème du fœtus, donc à savoir à partir de quand l'individualité du fœtus est reconnue, tout va dépendre de l'angle d'analyse. Si on prend le point de vue de celui de la mère, alors le fœtus sera un individu dès qu'elle le sentira. Si on prend celui de la physiologie, alors il faudra s'entendre sur différents critères, comme le critère de la fécondation, l'activité cardiaque ou encore du développement du système nerveux central. Si on prend maintenant le point de vue sociétal ou culturel (l'état civil), l'individualité est reconnue lors de la naissance.

Les intrications hiérarchique et symbiotique du monde vivant offrent la possibilité de constater l'importance de considérer les concepts d'échelle et d'observateur dans la définition de l'individu biologique. Seulement ces concepts ne s'inscrivent pas de la même manière que les trois précédents critères, car ils sont « extérieur » à l'individu. En effet, les trois critères de

la distinction, de la communication et de l'unité se co-construisent pour former un système⁶⁰, alors que les critères de l'échelle et l'observateur imbriquent ce système dans une localisation spatiotemporelle et en relation avec un cadre théorique.

Par exemple, dans une des théories de la perspective de l'évolution, les entités biologiques sont considérées comme dynamiques et dans un équilibre ponctué (Gould, [2007] 2012). Cet équilibre ponctué ne l'est pas en soi, mais par rapport à la considération d'une échelle temporelle comme référent. On retrouve également ce procédé avec un globule rouge. En effet, lorsqu'on adopte une certaine échelle de temps, il est possible de faire apparaître une stabilité suffisante pour individuer le globule rouge. C'est la relation entre une unité de temps choisie et une entité qui produit l'individu « globule rouge » (bien entendu, pour que cette entité soit qualifiée d'individu biologique, d'autres conditions doivent être satisfaites). Ainsi, le référent environnemental est dans ces deux exemples une échelle spatiotemporelle.

L'individu biologique est alors totalement embrassé sans que des difficultés n'émergent. Cela grâce à la prise en compte de l'observateur. Les caractéristiques que l'on perçoit chez une entité biologique représentent justement la rencontre entre l'observateur et l'entité en question. D'où leur variabilité.

Nous avons maintenant tous les outils pour proposer une définition de l'individu. Il nous faut maintenant agencer ces trois critères avec ceux de l'échelle et de l'observateur. Sachant que les trois premiers critères relèvent de l'individualité et les deux suivants relèvent de son « environnement », non pas dans un sens écologique, mais dans un sens d'extériorité à l'individualité, tout en faisant partie nécessairement de sa condition d'existence.

⁶⁰ C'est par la combinaison du critère de la distinction et de la communication qu'il est possible de dire que par exemple, un tigre est un individu et non pas un organe. De ce fait, ces deux critères associés permettent d'introduire la fonction, déjà initiée par celui de l'unité.

II. La définition de l'individu biologique

Pour rappel, les trois critères s'instancient différemment dans les définitions que nous avons explorées, en raison de la différence d'échelle dans laquelle se situe leur objet d'étude. Par exemple, l'échelle de grandeur est la phylogenèse pour l'approche évolutive, et l'ontogenèse pour l'approche physiologiste. Il devient alors primordial pour la construction d'une définition qu'un élément lie les différentes échelles. Sans ce lien, la pluralité de définition forme des oppositions au lieu de former des complétions ou plutôt des ajustements selon l'échelle. De plus, les intrications démontrent clairement l'entremêlement des échelles du monde biologique, écarter cette caractéristique serait une erreur pour un travail qui vise justement à saisir une partie de la spécificité de l'individu biologique.

Les similarités structurelles mises en évidence dans le chapitre 2 entre les différentes approches de l'individualité provenaient de la forme constante de l'individu que l'on retrouve avec ces trois critères (distinction, communication et unité), mais les divergences apparaissent par la pluralité d'approches.

Donc, la pluralité de manières d'individuer des entités provient du fait que l'observateur réfère différemment aux critères et que l'instanciation des critères est dépendante de l'échelle. Ce sont ces deux variations qui donnent lieu à cette pluralité. Les critères qui s'instancient en différentes caractéristiques sont donc ceux de la distinction, la communication, et l'unité. Chaque critère se situe sur un continuum, dont son intensité est dépendante de l'échelle et de l'observateur, au point parfois de disparaître (exemple : la continuité physique pour le cas du pissenlit dans le cadre de l'évolution).

Pour arriver à construire la définition de l'individu biologique, revoyons chacun des critères en utilisant nos précédents développements.

(1) Le critère de la distinction réfère à la caractéristique de maintenir une distance entre l'intérieur et l'extérieur. Cette distance se matérialise par une barrière autoentretenu qui joue le rôle de médiation entre les deux milieux. Par exemple, le système immunitaire, de la théorie de la continuité, produit le rôle d'une distinction qui régule les entités entrantes et sortantes. Ou encore, la barrière caractéristique d'un système autopoïétique qui s'autoentretient et se ferme à des entrées fonctionnelles. Mais elle continue à rester ouverte aux entrées thermodynamiques. L'ensemble de ces mécanismes produit une clôture opérationnelle. Un autre exemple de distinction non physiologique serait celui tiré de la théorie de l'énergie libre décrivant la capacité de l'individu à modifier son environnement pour rester dans un panel d'états souhaitables. Ces modifications engendrent une distinction entre l'individu et son environnement : l'individu et sa niche contiennent un nombre d'états contrôlés.

(2) Le critère de l'unité réfère à la caractéristique de lier chacun des composants par une cohésion, pour en faire un tout unifié. Elle désigne l'intégration fonctionnelle de chaque partie. Elle produit une dépendance réciproque entre les parties et permet d'éliminer la compétition. Par exemple, dans la théorie de la continuité, l'unité est maintenue grâce aux échanges et à la reconnaissance chimique qui se joue entre les cellules du système immunitaire et le reste des entités endogènes et exogènes. Un autre exemple se situerait dans la théorie de l'énergie libre, l'individu biologique mobilise ses représentations du monde pour maintenir son intégrité physique. Pour ce faire, il doit sans cesse réévaluer son modèle de croyances afin de lutter contre le désordre, donc contre la dissolution de son unité (Friston, 2009, p. 295).

(3) Le critère de la communication réfère à la relation entre l'intérieur et l'extérieur de l'individu biologique et à la relation entre deux entités situées à la même échelle. Elle est l'inverse du critère de la distinction qui désigne une mise à distance. Celui de la communication désigne une mise en relation. La caractéristique de ce critère réside dans la transformation de l'information qui circule entre deux milieux (intérieur et extérieur), en raison de la distinction qui les sépare.

Par exemple, la communication chimique entre le système immunitaire et les entités exogènes permet de les intégrer dans la clôture opérationnelle que décrit la théorie de la continuité. Ou encore l'absence de compétition entre les différentes parties grâce à une identité génétique que décrit la théorie de l'évolution. L'adaptation d'un organisme à son milieu relève également du critère de la communication. En effet, il y a un transfert d'informations qui permet à l'organisme de se modifier pour répondre aux contraintes de son environnement.

(4) Le critère de l'échelle réfère à la résolution qu'adopte une théorie ou une perspective. Plus précisément, l'échelle désigne une catégorie générale de grandeur ; la résolution correspond à une quantification spécifique de l'échelle. En d'autres termes elle correspond à l'unité de mesure que les outils théoriques de la perspective vont déterminer. Et cette unité de mesure peut être construite par plusieurs éléments, comme l'échelle des taxons ou plus généralement par une grandeur spatiale et/ou temporelle. Étant donné que l'objet d'étude reste toujours une entité biologique, l'échelle considérée a comme élément essentiel qu'elle doit au minimum référer à une entité localisée spatiotemporellement dans les limites du vivant. Ainsi, une échelle qui examine, par exemple les taxons, ne pourra pas excéder une grandeur maximale de 10^1 m et une grandeur minimale de 10^{-7} m. C'est pour cette raison qu'appliquer des résolutions déterminées par une perspective biologique sur des atomes pour les individualiser n'aura pas de pertinence⁶¹.

Ensuite, le critère de l'échelle, contient la notion de fractale. La présence de l'individu biologique à chaque échelle du vivant traduit une autosimilarité de sa structure, ce que nous avons désigné et examiné par le concept de fractale. Cette autosimilarité est l'élément qui donne une pertinence à considérer l'échelle qu'utilise chaque théorie et perspective, pour pouvoir établir un lien entre chacune d'elles. Et ce lien se trouve être une définition qui se

⁶¹ Si on recherche à étendre le concept d'entité vivante, cette limite pourrait se discuter.

compose des critères que nous présentons actuellement. L'échelle et la fractale sont des concepts qui sont intimement liés à celui d'observateur.

(5) Et pour finir, le critère de l'observateur désigne le cadre théorique choisi, permettant de cibler la résolution à adopter en fonction de l'échelle de grandeur dans laquelle se situe l'objet d'étude. Considérer le cadre théorique comme partie intégrante de l'individu biologique permet de dépasser l'intrication hiérarchique du monde biologique. En effet, le découpage des entités se base sur des résolutions aptes à offrir un cadre pour percevoir les caractéristiques et mécanismes propres à l'individu biologique. Pour identifier un individu biologique, il s'agira alors de regarder si les trois précédents critères sont instanciés dans un même endroit.

Pour préciser notre position, nous nous situons dans un réalisme analogue à la théorie multiniveau, tout en adoptant une position antiréaliste et pragmatiste en ce qui concerne le choix d'une échelle et d'un cadre théorique, pour proposer une définition de l'individu biologique. Le réalisme que nous adoptons considère que les individus biologiques se situent à chaque échelle du vivant, intriqués les uns dans les autres. Les individus de chaque échelle ont une réalité équivalente, car des similarités structurelles ont été mises en évidence. Elles ont été traduites par les trois critères (distinction, unité et communication). Ce qui implique qu'un ou une chercheuse qui souhaite étudier un individu devra se placer dans un cadre théorique qui correspond aux spécificités de l'échelle dans laquelle il se situe. C'est en cela que la position antiréaliste et pragmatiste se traduit.

Il nous est possible de proposer comme définition de l'individu biologique :

Si une entité construit et entretient une *distinction* avec son environnement par une *communication* interne et externe, qui lui permet de contenir son *unité* et est clairement *localisée* à une *échelle*, alors c'est un individu biologique.

Comme nous le constatons, cette définition ne présente pas le degré de précision similaire à une définition visitée dans ce travail. C'est pour cette raison qu'elle a été qualifiée précédemment de diagnostic. En effet, en raison de la variabilité qui caractérise la réalité biologique, la nature stochastique des phénomènes biochimiques⁶² et les multiples intrications, le diagnostic que je propose relève de cette variabilité, car il permet de s'y adapter. Dans le contexte de la biologie, une définition précise perd en adaptabilité.

La présence du hasard en biologie est alors indéniable, ce qui traduit très bien notre définition. C'est pourquoi il n'est pas possible de proposer une définition claire de l'individu biologique comme il serait possible d'en trouver en physique.

Ce que la variabilité de la réalité biologique et le pluralisme de définitions nous apprend, c'est qu'il n'est pas possible d'avoir une définition stricte de l'individu biologique, mais simplement un diagnostic. Ce dernier va permettre l'élaboration de plusieurs définitions qui vont cibler des individus biologiques bien précis. De ce fait, il ne peut y avoir qu'un diagnostic de l'individu biologique, et des définitions des individus biologiques.

2.1 Bénéfices de la définition

C'est alors un diagnostic du type énumératif et minimaliste qui est proposé. Elle se compose de critères universels et essentiels. Ainsi, le caractère universel et essentiel de notre diagnostic ne peut décrire qu'un individu général que les différentes perspectives vont affiner en identifiant les instanciations des critères généraux. Ainsi, les critères que l'on propose sont

⁶² Par exemple, un composé biochimique peut donner un phénomène, puis un composé identique pourrait donner un tout autre phénomène. De ce fait, la dynamique peut varier malgré l'identité biochimique d'un même phénomène.

flexibles et adaptatifs envers les perspectives qui vont les appliquer selon leur sujet d'étude et leur objectif.

En raison de sa généralité, le diagnostic subsume les autres définitions. Il se compose des trois critères (distinction, unité et communication) qui correspondent à des caractéristiques nécessaires que doit présenter une entité biologique pour pouvoir être identifiée comme un individu biologique. Les deux autres critères réfèrent aux conditions de possibilités pour identifier un individu biologique. Ce qui revient à considérer le cadre théorique utilisé et l'échelle employée (la résolution).

Ainsi, si on change d'observateur, donc de cadre théorique, l'ensemble de ces critères ne se modifiera pas. On les retrouvera instanciés dans les mécanismes que chaque cadre théorique aura mis en évidence. De ce fait, on retrouve l'invariabilité caractéristique de la méthode scientifique.

En redéfinissant de la sorte l'individu biologique, il nous est possible non pas de dépasser le pluralisme de définitions, mais au contraire de l'expliquer et de l'embrasser. En effet, le pluralisme n'est pas une difficulté pour notre diagnostic qui peut être utilisé et adapté à chaque perspective. L'autosimilarité incluse dans le critère de l'échelle permet d'être applicable pour chaque perspective théorique.

Ce diagnostic de l'individualité biologique arrive à rendre compte de la variation de l'individualité selon les échelles grâce à la prise en compte de l'observateur et les différentes manières dont les critères s'instancient dans la réalité, tout en proposant ces trois critères comme indépendants de l'échelle. Seule leur instanciation va varier.

Hull soutenait qu'une solution à l'intrication qui fait obstacle à l'individuation devrait s'extraire de nos impressions phénoménales influençant le lien entre organisme et individu (Pradeu, 2009, p. 261). Pour nous dissocier de nos conditions d'existence, il faudrait réunir

chaque perspective entre elles (Pradeu, 2009, p. 259). C'est ce que notre diagnostic à la prétention de faire.

En définissant l'individualité biologique par notre proposition, nous arrivons à respecter les recommandations de Hull : nos impressions des phénomènes n'influencent plus une l'affiliation entre organisme et individu. Un dépassement de notre condition d'existence est réalisé grâce à un choix de l'échelle d'observation. Notre proposition permet de rassembler les différentes définitions sans pour autant les subsumer sous une seule. En effet, notre diagnostic permet à chacune d'elles de conserver ses spécificités déterminées par ses objets d'études et ses objectifs.

La nature fractale de l'individualité explique l'aspect multiniveau et nous permet de rejeter un niveau paradigmatique. L'individuation se produit à chaque niveau. L'aspect transitif est expliqué grâce aux sauts d'échelles qui engendrent une modification d'intensité des différents critères liés à l'individualité.

De manière très simple, notre diagnostic s'utilise comme un persona, un outil pour catégoriser les personnes afin d'établir leur profil dans un domaine donné. Par exemple, pour établir quel type de joueur ou joueuse nous sommes.

Voici un exemple du diagnostic :

Nom de l'entité : organisme pluricellulaire végétal faux-tremble

Théorie utilisée : Évolution

À propos

Son échelle (micro, macro, etc.) : macro

Son organisation : genet composé de ramets

La distinction De quelle manière l'entité se distingue

Continuité spatiale, identité génétique

La communication Comment intègre-t-elle de l'information et en transmet-t-elle

Adaptation face aux pressions environnementales, transition de nutriment par les stolons

Son unité Comment maintient-t-elle son unité ?

Réponse unitaire envers la sélection naturelle, par l'identité génétique

Avant de conclure, il est nécessaire de préciser le réalisme et l'antiréalisme soutenus.

III. Réalisme et antiréalisme

Il y a deux positions extrêmes pour comprendre l'individu :

(1) Le réalisme : il décrit un monde extérieur qui possédant des propriétés intrinsèques qu'un système cognitif reçoit et doit décoder le plus adéquatement possible. La connaissance (une théorie) est alors une représentation de la réalité.

(2) L'idéalisme : le système cognitif projette sur le monde sa propre organisation, l'organisation du monde qui apparait n'est que le reflet des lois internes de l'organisme. La connaissance est alors une projection de la structure de l'entité vivante qui connaît.

Au lieu de nous placer dans un de ces deux extrêmes, nous allons au contraire contourner ces deux logiques opposant l'intérieur et l'extérieur pour adopter une direction médiane. Cela en supposant que le sujet et la réalité se déterminent l'un l'autre (Varela, Thompson, & Rosch, 2017, p. 284). En conséquence, l'individu devient la rencontre entre une entité et un observateur. Cette position est alors en cohérence avec le réalisme structural, qui décrit un monde de relation, et avec le pluralisme feuilleté, qui introduit les intérêts épistémiques et/ou pratiques des personnes qui développent les théories scientifiques.

De ce fait, le réalisme de ma proposition considère comme vraie l'existence d'entités individualisées. Ces entités sont incarnées par les critères ontologiques de notre proposition (la distinction, l'unité et la communication). Ces derniers sont instanciés par des mécanismes biologiques, comme ceux décrits dans les différentes perspectives. Et l'instanciation de ces critères diffère selon les échelles.

Quant à l'antiréalisme, il représente une dimension épistémique de l'individualité, ou plus exactement un pan de la réalité qui ne dépend pas de l'individu, tout en influant sa manière d'être (et réciproquement), représentée par les critères de l'échelle (avec la résolution) et de l'observateur. Ce sont les différents cadres théoriques (observateurs) qui vont identifier la façon dont les trois premiers critères s'instancient à une échelle donnée.

En conséquence, l'individu est une entité réelle. Les différents cadres théoriques sont adaptés pour les identifier à des échelles précises grâce à leur outil théorique adapté (ce que j'avais désigné par le terme de résolution). La pluralité de définitions émerge donc de l'intrication caractéristique du monde biologique, obligeant les différentes perspectives à se spécialiser pour procéder au découpage du monde par l'application d'une résolution.

3.1 L'antiréalisme

Il y a donc une intrication entre le phénomène et l'instrument de connaissance (Bitbol 2008, 30-31). Ce que l'intrication veut dire, c'est que le sujet est inséparable de l'objet de connaissance : il n'y a donc pas d'extérieur ou d'intérieur. Pour le dire autrement, le ou la biologiste, qui produit une définition de l'individu biologique, se base, même implicitement, sur une première compréhension de ce qu'est un individu. Cette première compréhension est déterminée par des intérêts épistémiques et/ou pratiques.

Une théorie est considérée comme un point de vue particulier sur le monde, et aucunement une vérité totale qui décrit la réalité dans son ensemble.

La première raison est qu'une théorie se fonde sur des observations et des expériences empiriques composées d'individus, de ce fait une généralité, comme une définition de l'individu, n'est qu'un ensemble englobant des particuliers.

La seconde raison est que l'entité qui produit ces discours ou cette théorie, est située dans l'espace-temps et fait une expérience particulière du monde et des autres entités qu'elle décrit. Son contact avec les entités étudiées produit une rencontre qui comporte des singularités (même si les protocoles et méthodes scientifiques visent à réduire ces singularités). Même les mathématiques les plus abstraites sont rendues possibles par notre expérience incarnée du monde : le fait d'être situé, d'être bilatéral, mais également de devoir et ensuite pouvoir quantifier les éléments de notre environnement nous donne accès aux mathématiques complexes. Par exemple, notre corporalité en symétrie bilatérale nous porte à concevoir les choses par dualité. Alors que des êtres ayant une symétrie radiale comme les poulpes pourraient être amenés à concevoir d'une tout autre manière les choses (Godfrey-Smith, 2021).

L'antiréalisme que nous postulons découle directement du pluralisme feuilleté décrit en introduction. Notre antiréalisme représente une dimension épistémique de l'individualité, ou

plus exactement un pan de la réalité qui ne dépend pas de l'individu, tout en influençant sa manière d'être (et réciproquement). Cette influence est représentée dans notre définition par les critères de l'échelle (avec la résolution) et de l'observateur. Ils correspondent aux intérêts épistémiques et/ou pratiques. Ce sont les différents cadres théoriques (observateurs) qui vont identifier la façon dont les trois premiers critères s'instancient à une échelle donnée.

3.2 Le réalisme

Le réalisme de l'individu biologique découle directement du réalisme structural ontique qui considère que la réalité est constituée de relations, qui peuvent prendre la forme de points dans une structure.

Chaque élément est alors compris comme lié aux autres. La conséquence est que l'observatrice qui produit la connaissance participe à l'ontologie de l'individu (Carfantan, 2017, p. 39). La définition de l'individu biologique doit alors prendre en compte qu'elle est produite par un contact ou plutôt par la rencontre entre plusieurs individualités (une méthode de connaissances incluant tout son arrière-fond social et culture, une entité étudiée incluant l'ensemble de son environnement).

De ce fait, ce que nous voyons n'est pas la réalité extérieure, mais une transaction entre nous et ce qu'il y a. Il n'y a pas de réalité extérieure, mais que des transactions. L'individualité émerge de la rencontre entre un expérimentateur et une partie de son contexte : le sujet et l'objet se déterminent l'un l'autre. Ils émergent ensemble de cette transaction. L'individualité est transactionnelle, elle apparaît comme un arc-en-ciel qui est produit par la transaction entre le soleil, la gouttelette d'eau et la lumière. De même, l'individu n'apparaît que lorsqu'il y a transaction entre un contexte et un appareillage expérimental (une théorie de l'individu, des sens particuliers, etc.).

Il est possible de comprendre qu'un individu biologique consiste en une totalité avec laquelle l'humain peut interagir et attendre d'elle de recevoir une réponse suite à cette interaction qui confirme son individualité. Cette totalité peut être à son échelle, mais également plus petite comme bien plus grande. Si l'individu biologique se situe en dehors de l'échelle corporelle (organique) de l'humain, l'interaction sera médiée par des instruments. Par exemple, pour les molécules, ce sont des instruments optiques et pour les superorganismes, ce sont des groupes d'humains (collectivité) qui interagiraient avec.

En d'autres termes, et sur la base du réalisme structural ontique, la nature n'est pas constituée d'individus séparés physiologiquement et ontologiquement, dont seuls des contacts adviennent et/ou sont provoqués. Le contact n'est qu'une illusion provoquée par l'échelle de grandeur que nous avons, avec la biologie et d'autres disciplines. Il démontre l'intrication des choses, chimiquement, moléculairement ou encore une intrication par apprentissage. L'acte d'individuation est alors un acte ontologique et non méthodologique ou cognitif, produit par la rencontre entre une entité qui observe, analyse et examine une autre entité.

En conséquence, l'individu est une entité réelle. Les différents cadres théoriques sont adaptés pour les identifier à des échelles précises grâce à leur outil théorique. La pluralité de définitions émerge donc de l'intrication caractéristique du monde biologique, ce qui oblige les différentes perspectives à se spécialiser pour procéder au découpage du monde grâce à une résolution.

CONCLUSION

Le diagnostic de l'individu biologique se compose de critères qui permettent de dépasser le problème de la concurrence entre les différentes définitions. Tout en acceptant le pluralisme, le diagnostic lui propose une explication et une possibilité de connecter les définitions entre elles.

Pour arriver à ce résultat, nous avons commencé par constater que les divergences à l'origine du pluralisme provenaient d'une divergence dans l'utilisation de mécanismes caractérisant l'individu biologique. Cependant, ces divergences ne sont pas absolues. Des similarités structurelles ont pu être mises en évidence entre les différentes définitions. Chaque caractéristique, aussi diverse soit-elle, relevait de l'un des trois critères de l'individu biologique. Malgré l'identification de cette similarité, les intrications restaient une difficulté en raison de l'incapacité de ces définitions à intégrer l'environnement. C'est pourquoi, nous avons proposé de considérer les critères de l'échelle et de l'observateur. L'échelle, en plus de mettre en évidence la sensibilité de l'individu au contexte, a permis d'intégrer la structure fractale. Cette notion expliquait pourquoi une similarité structurelle se constatait à chaque échelle à la fois au niveau de l'entité biologique et entre les définitions. Pour compléter le tout, l'observateur devait être intégré pour compléter la notion d'échelle et désamorcer la compétition entre les définitions. En effet, ce critère a permis d'intégrer dans la définition de l'individu biologique l'échelle dans laquelle se trouve le sujet d'étude et la résolution adoptée par un observateur.

En considérant chacun de ces points, il a été possible d'identifier l'individu biologique par le diagnostic suivant : « Si une entité construit et entretient une *distinction* avec son environnement par une *communication* interne et externe, qui lui permet de contenir son *unité* et est clairement *localisée* à une *échelle*, alors c'est un individu biologique ».

Les différents points de recherches qui ont amené à ce résultat sont : (1) la mise en avant d'une similarité structurelle dans l'individu biologique qui se retrouvent dans les différentes définitions. Cette similarité structurelle s'est révélée être les trois critères internes à l'individu biologique, qui sont redondants et autosimilaires. (2) pour s'extraire de la problématique causée par les deux types d'intrications caractéristiques de l'individu biologique, il est nécessaire de trouver d'autres critères qui permettent d'intégrer l'environnement dans la définition. Comme nous l'avons vu au cours du texte, l'environnement extérieur fait partie des composants essentiels de l'individualité, il est traduit à travers plusieurs mécanismes qui relèvent, la plupart du temps, des critères de l'échelle et de l'observateur. (3) l'intégration des deux critères de l'observateur et l'échelle produit une relativité dans l'individuation, sans qu'elle soit une limite dans son application objective. Bien au contraire, la relativité relève d'une constante par la similarité structurelle et elle offre la possibilité pour chaque cadre théorique d'agencer sa définition selon ses outils, son objet d'étude et ses objectifs théoriques.

L'ensemble de ces points permet de proposer une interprétation des résultats obtenus. Par la mise en avant de la récurrence de critères identifiés chez les individus biologiques décrits par les différentes définitions, il a été possible d'établir les trois critères propres à l'individu biologique. Ces critères relèvent alors du général. C'est pourquoi il devient possible pour chaque perspective théorique d'inclure leur spécificité théoriques (objectif, outils utilisés, etc.), ainsi que la spécificité de leur objet d'étude.

Ainsi, notre thèse propose une définition originale, c'est une contribution nouvelle. En effet, par l'intégration de l'échelle et de l'observateur, notre proposition se démarque des autres définitions qui se focalisent principalement sur les caractéristiques internes que doit présenter une entité pour être identifiée comme étant un individu biologique. Notre proposition arrive à la fois à reprendre les avancées que chacune des définitions a pu construire, tout en ajoutant une contribution pertinente avec l'ajout des critères externes à l'individu. Cela pour intégrer à

l'individu la nature interreliée qui participe à son individualité. Les définitions sont donc des descriptions d'individus particuliers, alors que notre proposition offre un cadre sur lequel chaque perspective peut s'appuyer pour appliquer ses outils conceptuels. La généralité de notre diagnostic n'écrase pas les autres propositions, bien au contraire. En ayant pu révéler les similarités structurelles, un lien a pu être mis en évidence entre chacune d'elles.

Le fait de devoir prendre en compte l'environnement (l'échelle) dans lequel s'inscrit l'entité, et le cadre théorique utilisé pour la regarder, est un point majeur sur lequel repose notre proposition. L'autre point majeur se trouve être celui de la mise en évidence de similarité entre les différentes théories. Sans cette dernière, il deviendrait difficile de justifier la possibilité de construire un diagnostic général et une connexion entre les définitions des autres perspectives. Le pluralisme de définitions est alors à considérer comme une force de la biologie, car il lui permet de s'adapter à la diversité de son objet d'étude, qui est le monde biologique.

Très simplement, notre thèse et notre proposition offrent la possibilité de voir plus clair dans le pluralisme, grâce à la possibilité de se demander quelle est sa résolution adoptée, et quels sont ses objectifs d'études pour comprendre pourquoi telle définition identifie cette entité comme étant un individu biologique.

Le tour de force de notre proposition tient dans son éloignement avec la définition traditionnelle de l'individu biologique, sans pour autant la rejeter en totalité grâce à l'incorporation de l'influence de l'environnement. En effet, la prise en compte du contexte (échelle et observateur) se comprend comme une réinterprétation de ce qu'est un individu. Il n'est plus une entité qui se suffit à elle-même (pour le dire simplement), mais au contraire une entité qui se construit par ce qui la compose et avec son environnement. Et notre proposition arrive à intégrer ces deux dimensions de l'individu, qui caractérise la spécificité de l'individu biologique.

La conséquence de définir de cette manière l'individu est qu'il n'est pas possible de répondre à la question « qu'est-ce qu'un individu biologique ? », sachant que cette question demande une réponse concrète (sauf en proposant notre diagnostic, mais qui reste général et abstrait). Pour y répondre concrètement, il est obligatoire de situer cette question dans un cadre théorique portant ses objectifs. En d'autres termes, il n'est pas possible de définir l'individu biologique par le « point de vue de dieu », il est obligatoire de considérer le cadre de référence qui entoure cette question. Notre diagnostic offre les directions et les outils pour que chaque perspective puisse insérer leurs spécificités. Ainsi, notre proposition sert de réponse à la question, mais elle sera peu satisfaisante pour le quidam.

ANNEXES

Annexe 1

La persistance du Peuplier faux-trembles (Plante, 2019, p. 116)

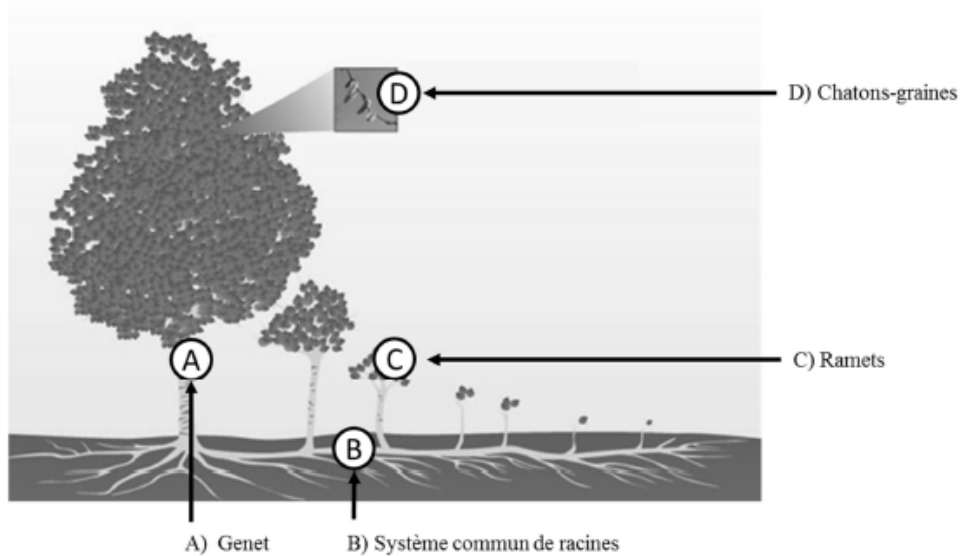
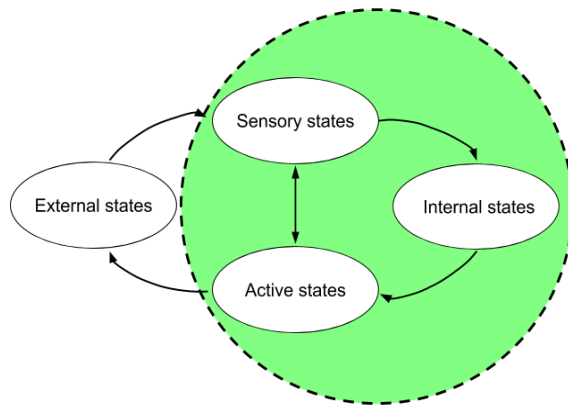


Fig. 1.12 : Populations d'organismes pluricellulaires clonales

Peupliers faux-trembles (*Populus tremula*): A) Genet: peuplier faux-tremble pouvant se reproduire sexuellement ou asexuellement; B) Système de racines communes: génère des clones génétiquement identiques par reproduction asexuée (ramets) ; C) Ramet: Clones du peuplier faux-tremble; D) Chaton-graine: génère des peupliers génétiquement différents (genets) par reproduction sexuée. (Modifié de Grant, M. C. & Mitton, J.B., 2010).

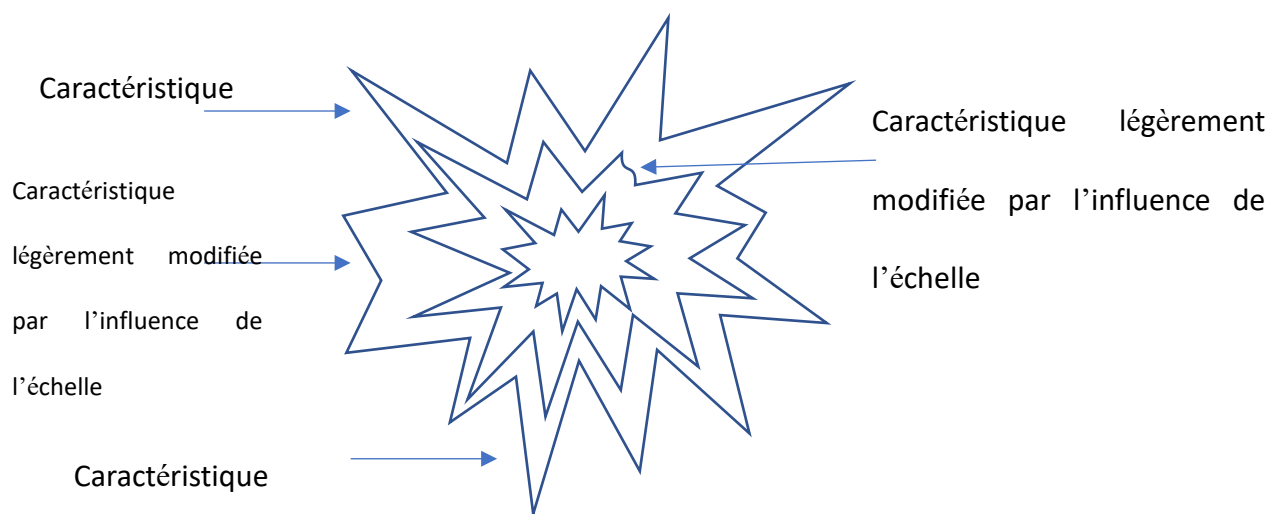
Annexe 2

Les états externes (données de l'environnement) deviennent des états internes (sous forme de modèle ou autres) par l'intermédiaire des données sensoriels (Friston 2018 ; 5). Les états internes ne peuvent interagir avec les états externes qu'à travers les états actifs (des actions de l'entité vivante). (Martonran juin 2020)



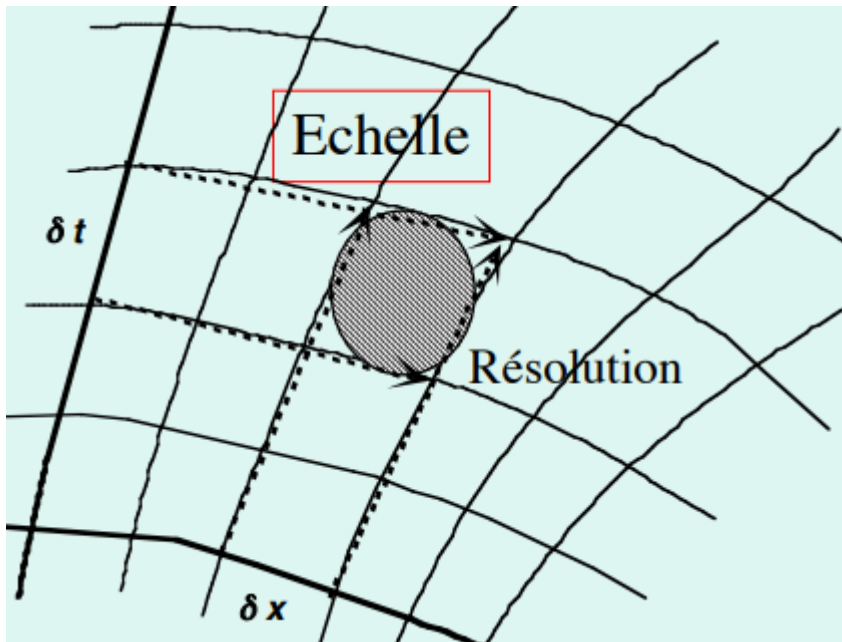
Annexe 3

Voici un schéma présentant l'individualité située à trois échelles intriquées dont ces caractéristiques diffèrent légèrement en raison de leur sensibilité aux petites variations :



Annexe 4

Voici un schéma tiré de d'un article de Laurent Nottale (Nottale) pouvant servir à illustrer de quoi se compose une résolution. L'échelle réfère au quadrillage qui désigne deux valeurs de grandeurs. La résolution correspond donc à la sélection d'un carré ou de plusieurs pour découper une partie du quadrillage.



BIBLIOGRAPHIE

- Bachelard, G. ([1957] 2020). *La poétique de l'espace*. Paris: Puf.
- Barberousse, A. (2011). Dans *Précis de philosophie des Sciences* (p. 720). 1re édition.
- Barberousse, A., & Bouchard, F. (2021). Environnement. Dans J. Gayon, & T. Pradeu, *Philosophie de la biologie. Évolution, environnement, diversité biologique II*. Paris: Vrin.
- Brandon, R. (2021). Le concept d'environnement dans la théorie de la sélection naturelle. Dans J. Gayon, & T. Pradeu, *Philosophie de la biologie. Évolution, environnement, diversité biologique II*. Paris: Vrin.
- Callicott, J. ([1985], 2021). *Éthique de la Terre*. France: Wildproject.
- Campbell, K. ([1990] 2012). Le problème des universaux. Ontologie, langage et connaissance. Dans C. Panaccio, *Le nominalisme* (pp. 125-146). Paris: Vrin.
- Campbell, K. (2012). Le problème des universaux. Dans C. Panaccio, *Le nominalisme* (pp. 125-146). Paris: Vrin.
- Carfantan, S. (2017). *Connaissance de la totalité. Pourquoi l'univers fonctionne comme une totalité vivante*. Paris: Édition Alhora.
- Chaline, J., Nottale, L., & Grou, P. (2009). *Des fleurs pour Shrödinger. La relativité d'échelle et ses applications*. Paris: Ellipses.
- Chaline, J., Nottale, L., & Grou, P. (1999). Is the evolutionary tree a fractal structure? *Earth & Planetary Sciences*(328), 717-726.
- Clark, A. (2017). How to Knit Your Own Markov Blanket: Resisting the Second Law with Metaphoric Minds. *Philosophy and Predictive Processing*, 1-19.

- Clarke, E. (2012). Plant individuality: a solution to the demographer's dilemma . *Biol Philos*, 3(27), pp. 321–361.
- Clarke, E. (2016). Levels of selection in biofilms: multispecies biofilms are not evolutionary individuals. *Biology & Philosophy*, 31(2), pp. 191–212.
- Clarke, E. (2020). Evolution fundamental when it comes to defining biological ontology? Yes. (S. D. Weslake, Éd.) *Current controversies in Philosophy of science*.
- Constant, A., Ramstead, M., Veissière, S., Campbell, J., & Friston, K. (2018, 4). A variational approach to niche construction. *Interface*.
- David, P., & Samadi, S. (2011). *La théorie de l'évolution. Une logique pour la biologie*. Paris: Flammarion .
- Demazeux Longy, S. F. (2021). Explications fonctionnelles et attributions fonctionnelles. Dans *Philosophie de la biologie. Explication, hérédité et développement*. Paris: Vrin.
- Esfeld, M. ([2012] 2021). Le réalisme ontique structural et l'interprétation de la mécanique quantique. Dans F. Nef, & Y. Schmitt, *Ontologie. Identité, structure et métaontologie* (pp. 309-336). Paris: Vrin.
- Forriez, M. (2010). *Caractérisation formelle des structures multi-échelles géographiques en relativité d'échelle. Exemples en géographie physique, géographie urbaine, géohistoire et géographie du peuplement*. Thèse université d'Avignon et des pays de Vaucluse.
- Forriez, M., Martin, P., & Nottale, L. (2009). Lois d'échelle et transitions fractal – non fractal en géographie. *Hal open science*.
- Frenche, S. (2011). Shifting to structures in physics and biology: A prophylactic for promiscuous realism. *Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences*(42).

- Friston, K. (2009, 6 24). The free-energy principle: a rough guide to the brain? *Trends in Cognitive Sciences*, 13 (7), pp. 293-301.
- Friston, K. (2009). The free-energy principle: a rough guide to the brain? *Trends in Cognitive Sciences*, 13(7). Récupéré sur <https://www.fil.ion.ucl.ac.uk/~karl/The%20free-energy%20principle%20-%20a%20rough%20guide%20to%20the%20brain.pdf>
- Friston, K. (2010). The free-energy principle: a unified brain theory? *Nat Rev Neurosci*(11), pp. 127–138. doi:<https://doi.org/10.1038/nrn2787>
- Friston, K. (2013, 9 06). Life as we know it. *Interface*, 10(86). doi:<https://doi.org/10.1098/rsif.2013.0475>
- Froidevaux-Metterie, C. (2021). *Un corps à soi*. Paris: Seuil.
- Godani, P. (2020). *Traits : une métaphysique du singulier*. Paris: Puf.
- Godfrey-Smith, P. (2021). *Le prince des profondeurs: l'intelligence exceptionnelle des poulpes*. Paris: Flammarion.
- Gould, S. J. ([2007] 2012). *L'équilibre ponctué*. Paris: Gallimard.
- Griffiths, P., & Stotz, K. (2018). Developmental Systems Theory as a Process Theory. Dans D. Nicholson , & J. Dupré, *Everything Flows. Towards a Processual. Philosophy of Biology* (pp. 225-246). Oxford University,.
- Hernandez, I. (2018). Nouveaux regards sur l'individualité biologique: autoproduction, composition, transition, philosophie. Toulouse: Université Toulouse le Mirail- Toulouse II.
- Hull, D. ([1978], 2021). Une question d'individualité. Dans J. Gayon, & T. Pradeu, *Philosophie de la biologie. Évolution, environnement, diversité biologique II*. Paris: Vrin.

Individu. (s.d.). Récupéré sur Dicophilo: <https://dicophilo.fr/definition/individu/>

Janzen, D. H. (1977). What are dandelions and aphids? *The American Naturalist*, 111, 586-589.

Kupiec, J.-J. (2008). *L'origine des individus*. Paris: Fayard.

Les fractales dans la Nature. (2013, 06 10). Récupéré sur La nature Fractale de notre Monde: <https://complexe.jimdofree.com/les-fractales/o%C3%B9-les-retrouve-t-on/la-nature-fractale-de-l-univers/>

Lewontin, R. C. ([1970] 2021). Les unités de sélection. Dans J. Gayon, & T. Pradeu, *Philosophie de la biologie. Évolution, environnement, diversité biologique* (pp. 27-64). Paris: Vrin.

Longy, F., & Demazeux, S. (2021). Explications fonctionnelles et attributions fonctionnelles. Dans J. Gayon, & T. Pradeu, *Philosophie de la biologie. Explication biologique, hérédité, développement*. Paris: Vrin.

Machamer, P. ([2000] 2021). Penser les mécanismes. Dans *Philosophie de la biologie. Explication biologique, hérédité, développement* (pp. 113-169). Paris: Vrin.

Mandelbrot, B. ([1975] 2020). *Les objets fractals. Forme, hasard et dimension*. France: Flammarion.

Marcel, G. (1968). *Être et avoir*. Paris: F. Aubier/Montaigne.

Marder, M. (2018). Pour un phytocentrisme à venir. Dans *Philosophie du végétal*, (pp. 263-291). Paris: Vrin.

Merleau-Ponty, M. (1976). *Phénoménologie de la perception*. Paris: Gallimard.

Morgan, W. (2022). Biological Individuality and the Foetus Problem. *Erkenn*.

Mounier, E. (1962). *Introduction aux existentialismes*. Paris: Gallimard.

- Neander, K. (2021). La notion téléologique de « fonction ». Dans J. Gayon, & T. Pradeu, *Philosophie de la biologie. Explication biologique, hérédité, développement*. Paris: Vrin.
- Nicholson, D., & Dupré, J. (2018). *Everything flows. Toward a processual Philosophy of Biologie*. Oxford University Press.
- Nottale, L. (2001). Relativité d'échelle et morphogenèse. *Revue de Synthèse volume 122*, 93-116.
- Nottale, L. (s.d.). relativité d'échelle et espace temps fractal. Théorie et exemples d'application. *LUTH Observatoire de Paris-Meudon*.
- Palacios, E., Razi, A., Parr, T., Kirchhoff, M., & Friston, K. (2017, 11 30). Biological self-organisation and Markov blankets. doi:<https://doi.org/10.1101/227181>
- Penelaud, O. (2010, 1). Le paradigme de l'énaction aujourd'hui. Apports et limites d'une théorie cognitive « révolutionnaire ». *Plastir*, 18, pp. 1-38.
- Pezzulo, G., & Sims, M. (2021). Sims Modelling: ourselves what the free energy principle reveals about our implicit notions of representation. *Synthèse Springer Nature*(199).
- Pezzulo, G., & Sims, M. (2021). Sims Modelling: ourselves what the free energy principle reveals about our implicit notions of representation. *Synthèse*.
- Plante, M. (2019, aout). Épistémologie de la biologie synthétique et pluralisme du concept de « vivant ». *Thèse de la faculté des arts et des sciences* . Montréal, Canada: Université de Montréal.
- Pocheville, A. (2009). La niche écologique : histoire et controverses récentes. Dans P. H. Thomas Heams, *Les mondes darwiniens. L'évolution de l'évolution* (p. 899). Paris: éditions Matériologiques.

- Pradeu, T. (2009). *Les limites du soi. Immunologie et identité biologique*. Montréal: Les Presses de l'université de Montréal Vrin.
- Prévot, K. (2014). Symbiose microbienne, ou comment des êtres minuscules font l'individu. *Critique*, 803(4), 320-330.
- Prévot, K. (2020). Peut-on penser l'individu à l'aune du végétal? *Sens-Dessous*, 26(2), 61-71.
- Ramstead, M. J., Constant, A., Veissière, S. P., Campbell, J. O., & Friston, K. (2018, 04). A variational approach to niche construction. *Interface*, 15(141).
- Sapoval, B. (1997). *Universalités et Fractales. Jeux d'enfant ou délits d'initié?* Paris: Flammarion.
- Schwoob, M.-H. (2018). Progrès et contraintes de l'écologie : l'exemple des chemins de dépendances de l'agriculture chinoise. *Monde chinois*, 56(4), pp. 71-82.
- Selosse, M.-A. (2016, novembre). Au-delà de l'organisme, l'holobionte. *Pour la science*(469).
- Selosse, M.-A. (2017). *Jamais seul. Ces microbes qui construisent les plantes, les animaux et les civilisations*. Paris: Actes Sud.
- Séon, T. (2018). *Les lois d'échelle : la physique du petit et du grand*. Paris : Odile Jacob.
- Simondon, G. (1964). *L'individu et sa genèse physico-biologique*. Paris: Puf.
- Simons, P. ([1994] 2007). Des particuliers dans leurs habits particuliers : trois théories tropistes de la substance . Dans E. G. Nef, *Métaphysique contemporaine. Propriétés, mondes possibles et personnes* (pp. 55-84). Paris : Vrin .
- Staune, J. (2007). *Notre existence a-t-elle un sens? Une enquête scientifique et philosophique*. Paris: Pluriel.

Sterelny, K. (2021). Construction de niche, système en développement et réplicateur étendu.

Dans J. Gayon , & T. Pradeu, *Philosophie de la biologie. Évolution, environnement, diversité biologique II*. Paris: Vrin.

Tiercelin, C. (2014). *La métaphysique et les sciences*. Paris: Collège de France.

Varela, F. J. ([1982] 1989). *Autonomie et connaissance. Essai sur le Vivant*. Paris: Seuil.

Varela, F. J. ([1982] 1989). *Autonomie et connaissance. Essai sur le Vivant*. Paris: Seuil.

Varela, f., Thompson, E., & Rosch, E. (2017). *L'inscription corporelle de l'esprit. Sciences cognitives et expérience humaine*. Paris: Seuil.

Wilson, J. (1999). *Biological Individuality*. Cambridge: Cambridge University Press.