

**Vers une logistique urbaine au
design bio-inspiré ?**

Juin 2022

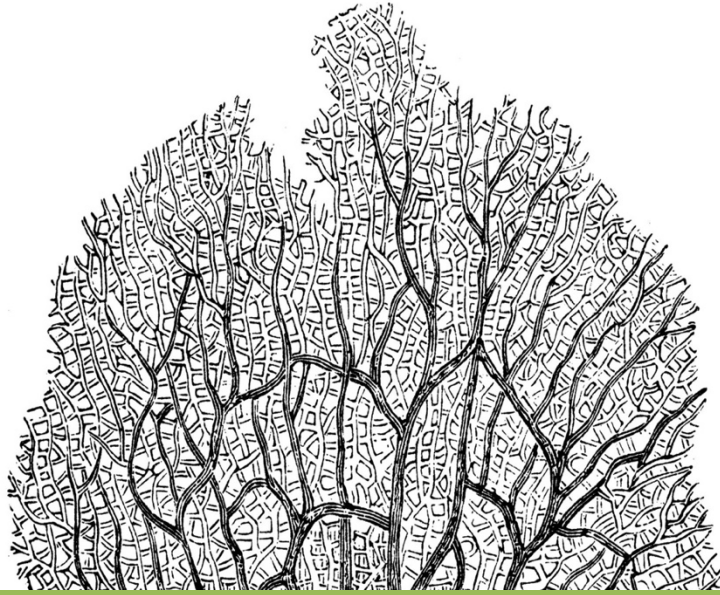
Karine Weber

Master of Science 'Nature Inspired Design' ENSCI-Les Ateliers, Paris

Année 2021/2022

Simon d'Hévin, Guillian Graves

Directeur de mémoire : Ouail Oulmakki



*« L'architecte du futur construira en imitant la nature,
parce que c'est la plus rationnelle, durable
et économique des méthodes »*

Antoni Gaudi

Remerciements

Ce mémoire a été réalisé dans le cadre de ma formation, Master Nature Inspired Design de l'ENSCI-Les Ateliers, qui s'inscrit dans ma reconversion professionnelle.

Je tiens tout d'abord à remercier mon directeur de mémoire, Ouail Oulmakki, enseignant-chercheur en Supply Chain à NEOMA Business School, qui m'a suivi, conseillé, écouté toujours dans la bienveillance.

Merci aux experts de la logistique urbaine et du e-commerce, aux designers et aux biologistes pour le temps qu'ils m'ont accordé et les connaissances qu'ils ont partagées avec moi durant nos échanges.

Merci à l'équipe enseignante du Master ainsi que les intervenants pour ces 18 mois de formation, riches en apprentissage, en prise de conscience, en questionnement personnel et professionnel, avec une attention particulière pour Simon d'Hénin et Guillian Graves qui ont encadré ce cursus.

Merci à tous mes collègues « blobs » de cette deuxième promotion, pour nos échanges, nos partages de lectures, d'idées...

Et enfin, bien sûr, un grand merci à Laurent, Emma et Camille et ma famille, pour leur soutien durant cette formation et qui m'accompagnent tous les jours dans cette nouvelle aventure personnelle et professionnelle !

Table des matières

REMERCIEMENTS	6
1. INTRODUCTION	10
2. TEMPS ET ACCELERATIONS	13
2.1. Avec le temps...	13
2.2. Plaisir immédiat et effort minimal : les délices de Capoue	15
2.3. La logistique urbaine à l'ère de l'e-commerce et post-pandémie	16
La logistique urbaine, c'est quoi ?	23
Une filière protéiforme, complexe et dynamique	25
Innovations et réglementation	28
La Métropole du Grand Paris et la logistique	31
Les effets négatifs et enjeux de la logistique urbaine	34
3. DESIGNER UN ECOSYSTEME POUR UNE LOGISTIQUE URBAINE BIO-INSPIREE	45
3.1. L'espace urbain, un écosystème en mutation	45
3.2. La bio-inspiration pour designer un écosystème urbain vivant	48
4. PROBLEMATIQUE ET HYPOTHESES	53
5. METHODOLOGIE	55
5.1. L'approche design et biomimétique	55
5.2. L'approche systémique	57
5.3. La collecte des données qualitatives et quantitatives	58
5.4. Les outils et méthodes d'analyse	60
6. LES RESULTATS DE LA RECHERCHE	63
6.1. Les modèles biologiques inspirant l'écosystème de la logistique urbaine	63
6.2. Grille de lecture et évaluation	76
6.3. Une logistique urbaine inspirée du vivant, c'est quoi ?	78
7. PROJECTIONS ET LEVIERS	80
7.1. Coopérer pour designer la logistique urbaine durable	80
7.2. Prises de conscience & sensibilisation du consommateur	81

8. CONCLUSION	85
9. BIBLIOGRAPHIE	87
10. TABLE DES ILLUSTRATIONS	90
11. ANNEXES	92
11.1. Analyse de mots	92
11.2. Innovations en matière de logistique urbaine	96
11.3. Glossaire interactif du e-commerce et de la logistique	99
11.4. BiomimTree, l'arbre de classification biomimétique	100
11.5. Le Biomim+ Canva	101
11.6. Les Principes du vivant (MB Hoagland & B. Dodson), les 10 stratégies du vivant (J. Benyus) et les Principes de la Permaéconomie (E.Delannoy)	102
11.7. Les 5 pourquoi ?	103
11.8. Taxonomie	104
11.9. Le transport de matière dans le vivant	105
11.10. Modèles biologiques	106

1. Introduction

UNE LOGISTIQUE URBAINE INSPIREE DU VIVANT ?

MAIS COMMENT ARRIVER A CE MELANGE SINGULIER ?

Tout commence en 2016, après un congé parental de 2 ans et demi. Je réintègre ma société de l'époque, IKEA, en tant que chef de projets Services clients, un nouveau challenge après de nombreuses années en logistique de distribution en France et en Allemagne. A cette époque, la vente en ligne (e-commerce) se développait mais le *cash & carry* restait le canal de vente privilégié par les clients. C'est en passant beaucoup de temps sur le terrain pour comprendre les opérations logistiques sur les plateformes de préparation de commandes, en suivant des tournées de livraison, en questionnant des livreurs, des clients, que je me suis interrogée sur l'impact de ces ventes sur l'environnement.

Démultiplication des commandes, augmentation du nombre de camions sur les routes et dans les villes, colis expédiés à moitié vide, emballages à usage unique, livraisons instantanées ou le jour même (jour J), conditions de travail des livreurs (trafic, gestion du temps, respect des créneaux horaires, poids des colis, absence d'ascenseurs, stationnement dans Paris...) autant de thématiques auxquelles j'ai commencé, à ce moment-là, à m'intéresser et qui touchent à la **logistique urbaine**.

La logistique urbaine, c'est le dernier maillon de la chaîne logistique, elle permet d'acheminer et d'approvisionner des marchandises dans l'espace urbain (boutiques, restaurants, hôpitaux, particuliers, chantiers...). Même s'il s'agit d'une fonction essentielle au bon fonctionnement de la ville, la logistique urbaine est en pleine mutation. Congestion, pollution de l'air, pollution sonore autant d'externalités négatives dont la logistique urbaine est souvent jugée comme responsable.

Au printemps 2020, la crise sanitaire de la **COVID** a du jour au lendemain stoppé net les activités économiques de tous les pays et contraint 3 milliards d'êtres humains à se confiner. Durant cette période, la logistique en général et la logistique urbaine en particulier ont joué **un rôle essentiel pour l'économie et la société**. Les caristes, livreurs faisaient partie des combattants de la *deuxième ligne* juste après les soignants. Nous nous souvenons tous des grandes surfaces alimentaires prises d'assaut à l'annonce du premier confinement et des rayons vides. Mais la logistique a tenu bon : elle a continué à approvisionner les supermarchés et les ménages, à éviter les pénuries, à faire tourner l'économie certes ralentie... Avec la fermeture des commerces physiques et la peur de contracter le virus, c'est sur internet que les ménages effectuaient leurs achats. Un grand nombre de magasins, grands ou petits, qui jusqu'alors n'avaient pas passé le pas de la digitalisation ont eu recours à la vente en ligne. Rapidement, le **consommateur** était devenu **omnicanal**, ultra-connecté, volatil et compulsif. Les offres de livraison toujours plus rapide, « gratuite » ou peu onéreuse, les offres de préparation de commandes ont foisonné incitant le consommateur à acheter toujours plus via internet. Acheter en ligne était devenu « la nouvelle norme » pour remplir son réfrigérateur et s'équiper d'un bureau pour télétravailler.

Cette crise brutale et inédite a sûrement accéléré le développement du e-commerce et changé quelques comportements d'achat. Une partie des consommateurs ont depuis pris l'habitude de faire leurs achats en ligne, d'autres à l'inverse ont pris conscience de l'urgence écologique et passent à l'action, en achetant davantage de produits locaux, en réduisant leur consommation de viande ou encore en utilisant plus souvent leur vélo...

Finalement, que reste-t-il de ces constats et ces bonnes intentions deux ans plus tard ? Il me semble difficile de répondre à cette question de manière précise mais cela m'amène à

penser que cette crise sanitaire n'est qu'une crise parmi d'autres, qu'elle a, peut-être, éveillé des consciences mais surtout qu'elle n'est rien face à la crise écologique en cours...

Les **crises** se définissent par un déséquilibre brutal d'un écosystème tel que l'économie, la société, la santé, l'écologie (annexe 11.1) et permettent la remise en question du fonctionnement de ce même écosystème. En remontant un peu le cours de l'Histoire, force est de constater que les crises ont toujours existé et qu'il existe une certaine cyclicité. Au XXème et XXIème siècle, les crises semblent s'être cependant multipliées : crise économique de 1929, crise pétrolière de 1973, crise sociale de 1968, crise financière de 2008, crise des gilets jaunes, crise sanitaire de 2020...

Mais avant tout, nous devons affronter une crise climatique sur laquelle les scientifiques alertent depuis plusieurs décennies :

NOUS N'AVONS QU'UNE TERRE

« APPRENDRE A GERER INTELLIGEMMENT (LA TERRE)

EST DEvenu UN IMPERATIF D'UNE EXTREME URGENCE.

L'HOMME DOIT ACCEPTER LA RESPONSABILITE DE LA GESTION DE LA TERRE.

LE MOT GESTION IMPLIQUE QU'IL S'AGIT DE L'ADMINISTRER POUR LE COMPTE DE QUELQU'UN D'AUTRE. [...]

CE QUI IMPORTE PRACTIQUEMENT -

ET TELLE EST BIEN LA FONCTION EXACTE DE LA CONFERENCE DES NATIONS UNIES

C'EST DE DEFINIR CE QUI DEvRAIT ETRE FAIT POUR QUE LA TERRE

RESTE UN LIEU OU LES ETRES HUMAINS PUISSENT VIVRE,

NON SEULEMENT MAINTENANT, MAIS AUSSI AU COURS DES GENERATIONS FUTURES »

RENE DUBOS ET BARBARA WARD, EXTRAIT DU RAPPORT POUR LA CONFERENCE
DES NATIONS UNIES SUR L'ENVIRONNEMENT DE STOCKHOLM, JUIN 1972.

En effet, il y a exactement 50 ans, paraissait le **rapport Meadows** qui alertait sur les limites de la croissance économique. A l'époque, en pleine Trente Glorieuses, il a eu l'effet d'une bombe et mettait en garde les dirigeants face à une croissance infinie et à la multiplication de crises, de famines ou de guerres. 50 ans plus tard, l'auteur du rapport, Dennis Meadows déclare que « les dégâts s'empilent les uns sur les autres et nous entrons dans une ère de bascule ».

Ce constat est confirmé par le dernier rapport du GIEC¹ (Groupement d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat) paru le 4 avril 2022 qui dit clairement **qu'il faut agir aujourd'hui, maintenant, tout de suite**. Des solutions existent, secteur par secteur, pour sortir de notre dépendance aux énergies fossiles et faire « notre transition » mais avant une prise de conscience des individus, des élus et un passage à l'acte sont nécessaires. Comme dans la bande-dessinée de Blain et Jean-Marc Jancovici¹, l'énergie, représentée par *Iron-Man*, donne des superpouvoirs à notre « héros » qui ne parvient plus à s'en passer (Figure 1).

¹ Jancovici-Blain, *Le Monde sans fin*, Dargaud, 2021.

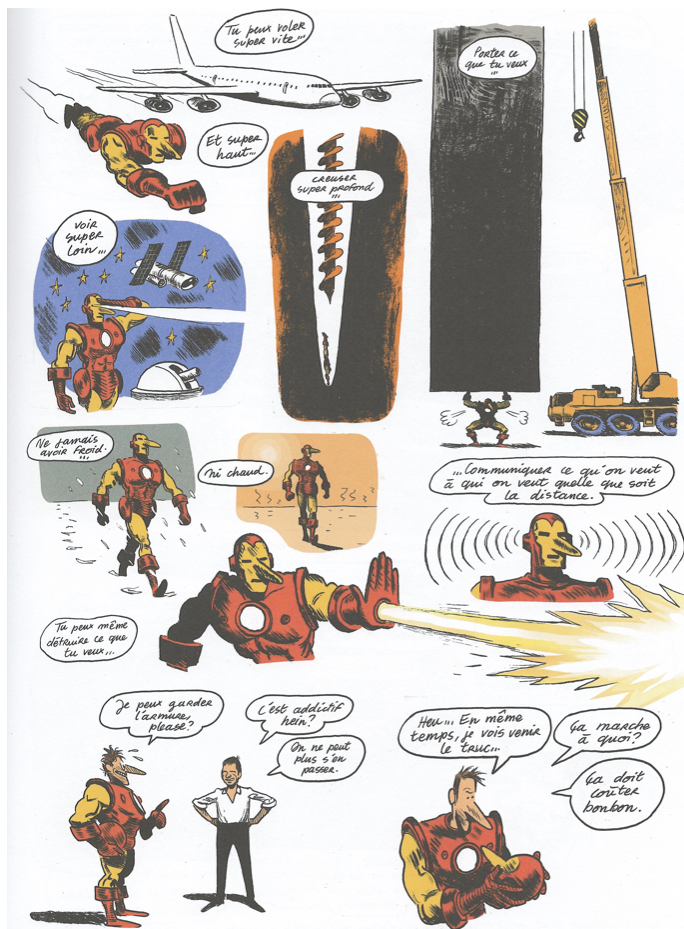


Figure 1: Extrait de la BD "Le Monde sans fin", Iron-Man et ses super pouvoirs, Jancovici-Blain, Dargaud, 2021

« L'énergie irrigue notre économie et nos modes de vie. Elle est partout grâce à un ensemble de machines qui nous permettent de l'utiliser. (...) Mais on oublie souvent que l'énergie est aussi présente derrière chaque vêtement, appareil, meuble, véhicule, bâtiment, route et pont autour de nous. (...) Chaque objet est constitué de matières premières qui ont été extraites de notre environnement grâce à des machines mues par de l'énergie, et tous ont été transportés dans des véhicules réclamant eux aussi de l'énergie ».

Cet extrait du « Plan de transformation de l'économie française »², présenté par The Shift Project au printemps 2022 explique bien l'interconnexion entre les énergies et les biens produits/consommés par et pour les humains.

Dans un contexte où les ressources deviennent toujours plus rares et plus chères, où une crise en chasse une autre, où chaque jour un nouvel événement climatique d'une intensité jamais vue se produit (ce matin, il faisait 50°C en Inde...), nos modèles économiques, financiers et sociaux

apparaissent comme de plus en plus vulnérables.

Mondialisation de la production et interdépendance des économies, dépendances aux importations (80% des médicaments de base proviennent de Chine et d'Inde), gestion à flux tendu des productions pour minimiser les stocks et ruptures, dès qu'un des maillons rompt, (secteur de l'automobile et semi-conducteurs) et allongement de la chaîne de valeur... c'est tout un système qui est remis en question. Dans « L'entreprise contributive, concilier monde des affaires et limites planétaires », Fabrice Bonnifet et Céline Puff Ardichvili³ décortiquent le modèle de l'entreprise de demain, qui contribue positivement à la société, en termes économique, sociétaux et environnementaux.

C'est ainsi que j'ai souhaité réfléchir aux impacts de la logistique urbaine, sur la Métropole du Grand Paris, décrypter cette filière complexe et protéiforme, définir ses enjeux et explorer le vivant pour imaginer une logistique urbaine plus innovante et durable.

² The shift project, *Climat, crises: Le plan de transformation de l'économie française*, Odile Jacob, 2022.

³ Fabrice Bonnifet, Céline Puff Ardichvili, *L'entreprise contributive, concilier monde des affaires et limites planétaires*, Dunod, 2021.

2. Temps et accélérations

2.1. Avec le temps...

LUNDI MATIN, 9 HEURES,

MA SEMAINE VIENT TOUT JUSTE DE COMMENCER ET JE SUIS DEJA EN RETARD...

Qui n'a jamais eu cette sensation de commencer sa semaine sur les chapeaux de roues, « en retard » ? Le 21^{ème} siècle semble placé sous le signe d'une course : une course à l'information, une course technologique, une course à la consommation, une course après le temps, ...

Le temps... Qu'est-ce que le temps ? avoir du temps, prendre son temps, ne pas voir le temps passer ou perdre son temps... il existe bons nombres d'expressions qui témoignent des perceptions très subjectives que nous avons du temps... Gilles Vernet⁴, un ancien trader devenu instituteur et conférencier, le décrit en disant « Le temps : il est là, sans être là, toujours présent mais impalpable, à la fois origine et fin de toute chose ». En effet, il accompagne chacun de nos gestes, de nos activités, il est là, en silence... Le temps passe, il ne se fabrique pas, ne se multiplie pas, ne se stocke pas, ne se renouvelle pas... Blaise Leclerc⁵ le décrit comme « une ressource non renouvelable, la plus précieuse de toute puisqu'elle est à la fois indispensable et irremplaçable ».

Les premières civilisations égyptiennes et chinoises, déjà, cherchaient à **mesurer le temps** pour organiser la société économiquement, socialement et religieusement. Les journées des paysans étaient ainsi rythmées par le lever et le coucher du soleil, les années par les lunes et les saisons qui servaient de point de repère. Puis l'homme a voulu mesurer le temps afin de le maîtriser. C'est ainsi que le temps est devenu une **donnée physique**, divisée en millénaires, siècles, années, mois, semaines, jours, heures, minutes, secondes, millisecondes, nanosecondes...

Notre **rapport au temps** a changé au fil des siècles. Yuval Noah Harari souligne dans *Sapiens* : « La Révolution industrielle fit des horaires et de la chaîne de montage le gabarit de toutes les activités humaines ».

Ainsi, nous avons tous en tête le film « Les Temps Modernes » (1936), dans lequel Charlie Chaplin joue le rôle d'un ouvrier, qui travaille à la chaîne et gâvé par une machine pour éviter « de perdre du temps », de faire des pauses et maintenir une cadence effrénée de production (Figure 2).



Figure 2: Les Temps modernes, Charlie Chaplin, 1936, internet

⁴ TEDx Talks, *Tout s'accélère* | Gilles Vernet | TEDxESSCA, 2017, <https://www.youtube.com/watch?v=TIvXy024FS0>.

⁵ Blaise Leclerc, *Apprendre à ralentir. Plaidoyer pour un monde apaisé*, Terre vivante, 2021.

Le temps, devenu mesurable, rythme nos journées, et malgré les nouvelles technologies qui permettent de « gagner du temps » (application, smartphone, GPS,...) ou qui effectuent des tâches à notre place (robots ménagers...), **nous avons l'impression de constamment en manquer**. Hartmut Rosa⁶, philosophe allemand contemporain, explique que dans nos sociétés modernes, « *plus on économise le temps, plus on a la sensation d'en manquer* ». Dans son livre *Accélération. Une critique sociale du temps* (La Découverte, 2010), il explique que les technologies « compressent l'espace ». D'une part, elles peuvent accroître le rythme de la production de biens matériels ou immatériels mais d'autre part, ces technologies prennent souvent plus de temps qu'elles n'en font gagner et entraînent ainsi une « **accélération du rythme de vie** » (Figure 3)

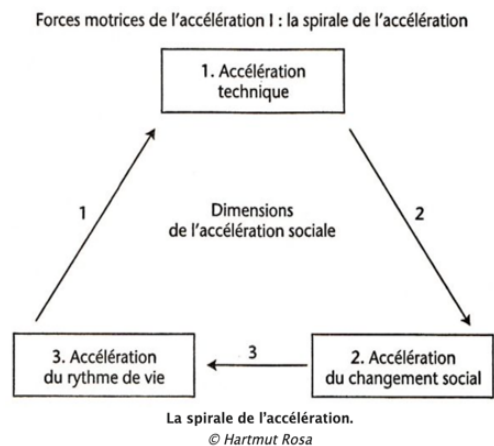


Figure 3: Spirale de l'accélération, Hartmut Rosa, 2010

En effet, grâce aux nouvelles technologies, aux innovations, nous nous déplaçons, nous communiquons, nous faisons nos courses plus rapidement, nous réduisons nos pauses. Mais au lieu de profiter de ce gain pour « buller », nous démultiplions les tâches sur ce même laps de temps (*multitasking*). Hartmut Rosa explique qu'il s'agit de l'un des grands paradoxes de nos sociétés modernes. Le progrès technique aurait dû libérer du temps mais c'est l'inverse qui s'est produit. « Le problème, c'est que puisqu'on peut produire plus rapidement, on produit plus (...). Notre rapport au temps est donc profondément lié à l'impératif de croissance. » Auparavant écrire dix lettres prenait 2 heures, désormais écrire 10 mails n'en prend qu'une. L'heure gagnée est bien souvent utilisée pour écrire 10 autres mails plutôt qu'à se détendre...

Au même titre, Etienne Klein, physicien et philosophe du temps, rappelle que **"le temps n'accélère pas**. Une seconde dure une seconde comme elle a toujours duré une seconde. Mais nous nous sommes soumis grâce à la technologie principalement à une superposition de présents multiples"⁷ et précise que « le temps semble être devenu la grande affaire des temps présents ». Puisque le temps s'écoule au même rythme qu'autrefois, il semble exister une confusion entre **temps et vitesse**. Paul Virilio, philosophe français (1932-2018), critique la « tyrannie de la vitesse ». La vitesse est une violence, dit-il, non sanctionnée, personne ne la contrôle et « gagner du temps c'est perdre le monde ». Il explique que, pendant des millénaires, l'humanité avance à la vitesse du marcheur, puis du cavalier, puis du train, puis de l'automobile, ce qui entraîne, pour Virilio, l'effacement de la distance. Il a l'intuition à l'époque qu'avec les nouvelles technologies, nous avançons vers l'ubiquité (capacité d'être partout à la fois), l'instantanéité et prophétise dès les années 1990, le télétravail, les achats en ligne, les visioconférences. Alors qu'internet était vu comme un monde qui allait relier les hommes, il semble déjà anticiper les pires travers des réseaux sociaux avec 20 ans d'avance.

Ainsi, le temps et la vitesse sont 2 composantes de notre quotidien. Cet enchaînement d'activités dans un temps réduit, donne le tournis, avec l'impression d'une quête interminable vers un objectif parfois très flou et peu mener les individus dans des situations de stress jusqu'à la saturation voire au burn out. Le temps est devenu précieux dans nos sociétés modernes et il parfois difficile de s'attribuer et de prendre son temps. Cela semble être lié à des facteurs externes mais pas que...

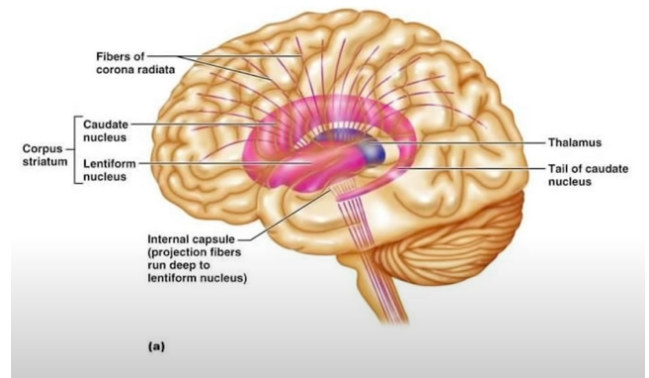
⁶ Hartmut Rosa, *Accélération. Une critique sociale du temps*, La Découverte, 2010.

⁷ Etienne Klein, « Non, le temps ne s'accélère pas », Le Huffington Post, 24 janvier 2013, https://www.huffingtonpost.fr/etienne-klein/acceleration-du-temps_b_2527092.html.

2.2. Plaisir immédiat et effort minimal : les délices de Capoue

« JE VEUX TOUT, TOUT ET TOUT DE SUITE »

L'individu court après le temps mais dans quel but ? sans doute, celui d'un sentiment d'existence accomplie. Selon Rosa, la vie moderne doit être « bien remplie » pour être jugée « bonne ». Mais cela n'est sûrement pas l'unique réponse à cette question. A mon sens, l'individu cherche également à satisfaire un besoin (rapidement).



Notre cerveau se compose de 2 parties : le *cortex cérébral* où se loge l'intelligence, la capacité d'abstraction, de coopération, de création d'outils qui nous rend différent des autres espèces, et au centre une petite partie, plus ancienne : le *striatum* (Figure 4). Ce dernier ne produit pas d'intelligence mais du désir brut et donne du plaisir. Il régule la motivation et les impulsions et intervient dans nos prises de décisions et addictions. Ce « circuit de la récompense » est activé par la libération de l'hormone du plaisir (la dopamine) stimulée par des besoins primaires pour la survie de l'espèce : manger, se reproduire, acquérir du pouvoir, étendre son territoire et acquérir de l'information.⁸ Ainsi, Sébastien Bohler, docteur en neurosciences, explique dans son livre *Où est le sens ?* (Robert Laffont, 2020) et poursuit sa réflexion dans *le Bug humain*⁹, « notre incapacité à nous modérer provient du mode de fonctionnement de ce circuit de la récompense, qui est plus puissant que les parties « raisonnables » de notre cerveau ». Ce circuit de la récompense n'est pas programmé pour se limiter mais pour en faire toujours plus. Par ailleurs, Bohler explique que le striatum intervient également pour un autre besoin de l'espèce humaine qui est l'homéostasie : minimiser l'effort lorsque, par exemple, pour changer de chaîne sur la télévision, j'utilise une télécommande pour éviter de me lever de mon canapé. Enfin, décoder de l'information dans un milieu naturel est essentiel à la survie (empreintes de prédateurs, de proies) et le striatum va là aussi jouer un rôle et récompenser avec son shoot de dopamine. En un mot, le striatum est aux commandes d'un cerveau humain toujours plus performant et réclame toujours plus de récompenses pour son action.

Même si la quête du plaisir immédiat s'explique par la physiologie de notre cerveau, Etienne Klein, cité précédemment, explique que nous sommes dans une « **crise de la patience** », et que nous sommes dans « l'ère du tout, tout de suite, maintenant ». Les accros aux nouvelles technologies, à internet, n'attachent plus de temps à la réflexion, mais tapent leurs recherches sur Google qui réfléchit à leur place et leur répond via des assistants personnels intelligents. Dans un monde d'abondance, toujours plus connecté, l'individu peut accéder à des récompenses instantanées de manière quasi illimitées grâce à internet. Les marques l'ont compris : le temps de leurs clients est précieux et la vente en ligne demande peu d'implication, peu d'effort de la part du cyberacheteur. Ainsi, les enseignes sont toujours plus innovantes pour proposer à leurs clients de nouveaux services pour satisfaire leurs « besoins ».

⁸ Blaise Leclerc, *Apprendre à ralentir. Plaidoyer pour un monde apaisé.*

⁹ Sébastien Bohler, *Le Bug humain*, Robert Laffont, 2019.

2.3. La logistique urbaine à l'ère de l'e-commerce et post-pandémie

Depuis l'apparition d'internet au début des années 1990, le commerce en ligne de produits et de services explose. En tête des sites marchands *Pureplayers* les plus consultés : Amazon (31 millions de visites par mois en moyenne en 2020 en France) qui a basé son image de marque sur son service de livraison et ses délais très courts (de quelques heures parfois).

Pureplayer: « tout en ligne » ; entreprise dont l'activité est exclusivement sur Internet (Veepee, Amazon...), ces acteurs n'ont pas de points de vente physiques..

La Fédération du e-commerce et de la vente à distance (FEVAD) a présenté, en février 2022, le dernier bilan du e-commerce en France pour 2021 (Figure 5). « Les Français ont dépensé 129 milliards d'euros sur internet (produits et services)¹⁰ », une hausse de 15,1% par rapport à 2020, ce qui correspond à 2,1 milliards de transactions. Entre 2019 et 2021, le chiffre d'affaires a augmenté de 25%. L'e-commerce impacte directement le marché du transport du colis en plein essor : 952 millions de colis ont été distribués en 2020 +6% de croissance en un an (Xerfi).

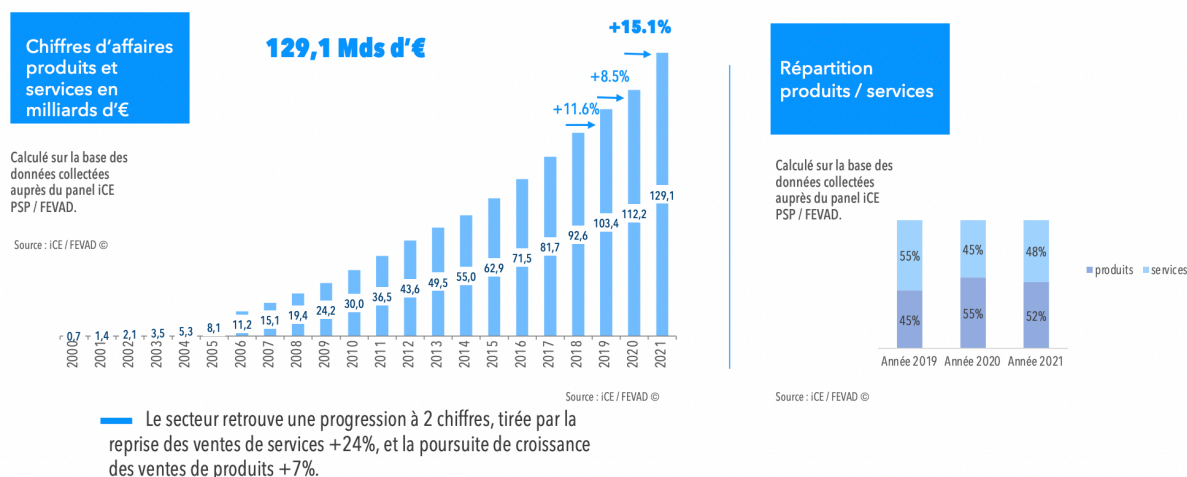


Figure 5: Chiffres d'affaires e-commerce France, FEVAD, Bilan 2021

Qui sont les cyberacheteurs ?

Pratiquement tous les âges sont représentés : 80% des internautes de 11 ans et + achètent en ligne. Les hommes et les femmes de tous âges achètent sur internet¹¹, avec une part plus importante chez les 15-64 ans et les CSP+.

¹⁰ FEVAD, « Bilan du e-commerce en France en 2021 : Les Français ont dépensé 129 milliards d'euros sur internet », *Fevad, la Fédération du e-commerce et de la vente à distance* (blog), 3 février 2022, <https://www.fevad.com/bilan-du-e-commerce-en-france-en-2021-les-francais-ont-depense-129-milliards-deuros-sur-internet/>.

¹¹ FEVAD, « Evolution des comportements d'achat - Baromètre trimestriel de l'audience du e-commerce en France – Bilan de l'année 2021 », *Fevad, la Fédération du e-commerce et de la vente à distance* (blog), 3 février 2022, <https://www.fevad.com/barometre-trimestriel-de-laudience-du-e-commerce-en-france-bilan-de-lannee-2021/>.

Quels nouveaux usages ?

La fermeture des magasins physiques durant les confinements successifs en 2020/2021 a sans aucun doute changé les **usages de certains consommateurs** (en proposant des livraisons « gratuites » et rapides, si le montant du « panier » atteint un certain montant...) et le retour en arrière semble difficile.

- Tout d'abord, la fréquence d'achat a augmenté : en 2021, il s'agissait en moyenne de près d'un achat par semaine par acheteur (Figure 7).
- La typologie de produits a évolué : ce sont les biens à la personne (mode, chaussures, hygiène et beauté) qui sont en tête des ventes, suivis des jeux/jouets, et de l'équipement de la maison. Les produits culturels sont en baisse à cause des longues restrictions sanitaires qu'a connu ce secteur.
- Le panier moyen a diminué passant ainsi de 90€ en 2011 à 59€ en 2019, les commandes sont plus petites mais plus nombreuses.
- Enfin, si 54% des cyberacheteurs disent ne pas avoir changé leurs habitudes d'achat en ligne, 38% déclarent commander davantage sur internet qu'avant le début de la crise sanitaire. (Figure 6) Parmi ces d'internautes qui commandent plus via internet, 90% d'entre eux ont transféré les achats réalisés en magasin en temps normal vers des achats en ligne en particulier pour les produits non-alimentaires.

Cette bascule de l'achat physique à l'achat en ligne s'explique par une meilleure disponibilité des produits en ligne qu'en magasin (48%) en cette période post-COVID, par l'évitement des contraintes sanitaires en magasin (46%) et enfin, pour 36% des interrogés, par habitude prise durant les périodes de confinement.

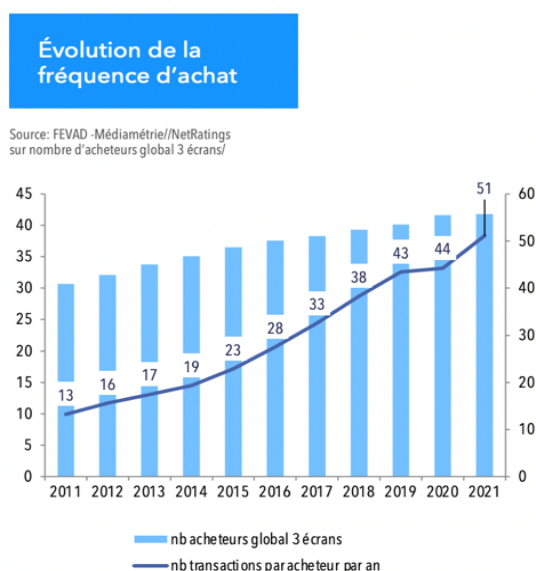


Figure 7: Fréquence d'achat en ligne, Fevad, Bilan 2021

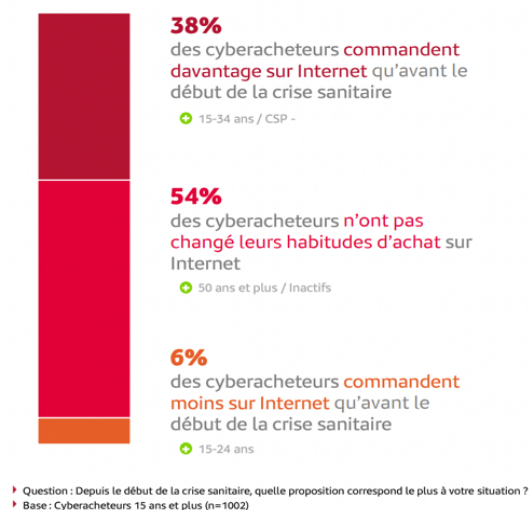


Figure 6: Comportement d'achat des cyberacheteurs, Fevad, Bilan 2021

Quels services de livraison ?

Qui dit e-commerce dit une offre de services de livraison attenante. Cette dernière s'est développée avec la croissance de la vente en ligne depuis plusieurs années, mais la crise sanitaire, les restrictions et les fermetures de certains commerces a accéléré son développement pour tous les secteurs (alimentaires et non alimentaires).

La livraison à domicile (sur un créneau court de 2 heures) semble rester le service qui séduit le plus de cyberacheteurs, la livraison dans un lieu tiers arrive en 2^{ème} position. (Figure 8)

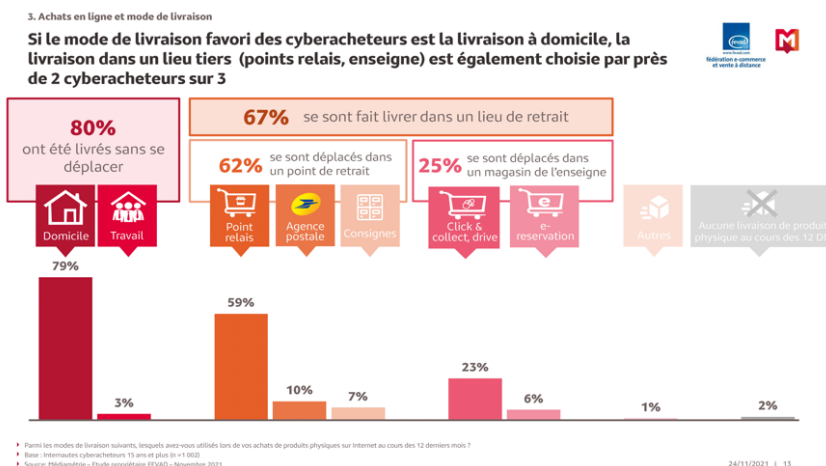


Figure 8 Baromètre e-commerce, FEVAD-Médiamétrie, Nov. 2021

La livraison à domicile (LAD) permet la livraison

de produits directement au domicile, au travail du client. La démocratisation de la digitalisation des sites marchands a entraîné une forte croissance de la LAD dans tous les secteurs, permettant au consommateur de maximiser le temps dédié aux achats contre une contrepartie monétaire (cout de livraison, surcout des articles). C'est un service qui demande peu d'effort et d'implication de la part du consommateur et les délais de livraison sont variables (H+, jour J, J+...), en fonction de l'offre commerciale de l'enseigne.

La livraison est un marché où l'offre devance la demande.

- Avant l'arrivée d'Amazon Prime Now en France (2016), la proportion de consommateurs présentant un intérêt pour la livraison le jour même (jour J) était faible (< 10 % en 2013).
- Depuis, elle intéresse près de 60 % des acheteurs en ligne (IFOP), près de 25 % l'ont utilisée, entre 20 et 25 % seraient prêts à payer 5 € de plus pour être livrés dans la journée (Metapack 2017) — ce qui reste très loin du surcoût de cette offre.
- Plus important encore, 34 % des acheteurs en ligne ont souscrit un abonnement pour un nombre illimité de livraisons (Fevad 2018). Aux Etats-Unis (2018), ils étaient 50 % pour le service d'Amazon Prime. Mais la tendance semble être lancée.

La LAD n'est pourtant pas un service « nouveau », c'est la digitalisation de l'acte d'achat qui est nouveau. Par exemple, Felix Potin au milieu du 19^{ème} siècle a imaginé « la vente sur catalogue et la livraison à domicile en proposant une multiplicité de services et de moyens de livraison qui véhiculaient sa marque¹² ». Jérôme Libeskind, expert en e-commerce et logistique urbaine, précise d'ailleurs dans son dernier livre que « la maison Félix Potin lorsqu'elle a développé la vente par correspondance, proposait au consommateur plusieurs solutions de livraison en fonction du service recherché, du prix et du délai. Elle avait ainsi fait de la livraison un outil marketing permettant de satisfaire le consommateur et de faciliter les ventes. » Ce sont exactement les mêmes problématiques que les e-commerçants rencontrent aujourd'hui et auxquels ils tentent de répondre face à des clients toujours plus exigeants et changeants.

¹² Jérôme Libeskind, *Si la logistique m'était contée (Livre 2021)*, FYP, consulté le 21 février 2022, <https://www.logicites.fr/article/si-la-logistique-meta-t-contee/>.

Le click & collect ou point de retrait est un service permettant au consommateur de récupérer sa commande près de chez lui, de son travail, sur son trajet moyennant une réduction voire la gratuité de sa livraison. Ce service peut prendre des formes diverses (Figure 9 ,Figure 11) un point de retrait (consigne, agence postale, point relais) ou le magasin de l'enseigne (click & collect/drive).

Si le client vient en voiture récupérer sa commande, ce concept s'appelle *drive*. Il en existe 4.162 actuellement en France (Source : Olivier Dauwers). Mais ce concept s'est adapté au mode de déplacement des citoyens démotorisés ou peu motorisés et prêts à payer un surplus pour gagner du temps. C'est ainsi que les **drives piétons** (200 environ dans Paris) permettent au consommateur de retirer sa commande en quelques heures, souvent à pied, dans un point de retrait dédié ou accolé à l'enseigne, automatisé (Delipop, Figure 10) ou non.



Figure 9: Préparation de commandes pour un drive alimentaire



110 m² : surface du service point de DHL situé rue de la Boétie à Paris.



Le point relais, les colis prennent de la place...

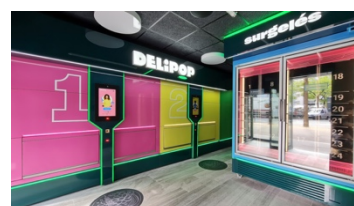


Figure 10: Delipop, point de retrait automatisé

Figure 11: Exemples de click & collect, point de retrait

Le Quick commerce est le dernier né des services dans Paris (début 2021). Il s'agit de livraisons à domicile instantanées, ultra rapides en 10 ou 15 minutes de produits alimentaires et de repas, souvent gérées par des start-ups (Cajoo, Frichti, Gorillas, Getir...). L'APUR, en février 2022, a publié son étude¹³ sur les nouvelles formes de distribution alimentaire, dopées par la crise sanitaire avec la fermeture des restaurants durant de longs mois, et décrit 2 concepts :



Figure 12: APUR, Nouvelles formes de distribution alimentaire, février 2022

Les dark kitchens c'est-à-dire des cuisines installées dans d'anciens commerces, non accessibles au public, pouvant accueillir plusieurs enseignes différentes, avec des spécialités culinaires très diverses, où les livreurs récupèrent les plats préparés, commandés sur internet, à livrer au domicile des clients. L'étude de l'APUR précise que « l'ampleur s'est accélérée avec la crise sanitaire débutée au premier trimestre de l'année 2020 ». L'APUR comptabilise seulement 25 dark kitchens dans Paris mais précise que certaines sont installées dans les communes limitrophes pour livrer Paris et sa proche banlieue facilement.

Les dark stores : le modèle propose des livraisons ultra-rapides de biens de consommation courante avec une gamme limitée (1500 à 2000 références produits). Bien entendu, là aussi la crise sanitaire a accéléré son développement : restrictions des déplacements, télétravail, école à la maison, peur de sortir liée aux risques de contamination... « En janvier 2022, plus de 80 dark stores appartenant à une dizaine d'enseignes ont été recensés sur le territoire

¹³ Apur, « Drive piétons, dark kitchens, dark stores Les nouvelles formes de la distribution alimentaire à Paris », Apur, 16 février 2022, <https://www.apur.org/fr/nos-travaux/drive-pietons-dark-kitchens-dark-stores-nouvelles-formes-distribution-alimentaire-paris>.

parisien et sa proche banlieue, répartis dans les quartiers les plus denses en population et les plus attractifs en clients potentiels ».

Ces deux concepts récents ont des impacts sur les espaces publics et privés et posent la question de la vie de quartier, de la survie des commerces de proximité, des restaurants de quartier. Les habitants des quartiers dans lesquels s'implantent les dark stores se plaignent généralement de plusieurs types de nuisances, comme mes aller et venues incessants dues aux fortes amplitudes horaires de ces lieux de stockage (entre 8h du matin et minuit, jusqu'à 2h du matin le week-end). D'autres nuisances soulevées par les riverains concernent l'occupation de l'espace public par les livreurs, les trottoirs au pied des immeubles notamment, générant parfois des attroupements de vélos, scooters et autres moyens de locomotion pour livrer les commandes. Ces regroupements engendrent également des nuisances sonores dues aux discussions entre les livreurs attendant les commandes. Une autre problématique, enfin est celle de la situation des livreurs, leurs conditions de travail stressantes (livraison avec des délais très courts) et parfois précaires liées à la nature de leurs contrats.

En conclusion, le quick commerce a été nommé, par certains journalistes, le « commerce de la paresse » puisqu'il demande une faible implication du consommateur. Personnellement, j'aime le nommer « le service palace » car le client se comporte comme dans un hôtel luxueux, en faisant appel au service de chambre, il fait un minimum d'effort, se levant à peine de son canapé pour ouvrir la porte au livreur.

Ce panel de services de livraison pour le consommateur peut être classé en fonction d'une matrice « effort effectué par le consommateur pour son achat » vs. « délai de livraison de la commande ». Ainsi, j'ai imaginé la matrice suivante (Figure 13) qui montre le positionnement des services et de l'achat magasin/e-réservation, qui, lui, demande plus d'effort, d'implication de la part du consommateur mais où la gratification est immédiate (si l'article souhaité est en stock bien entendu):

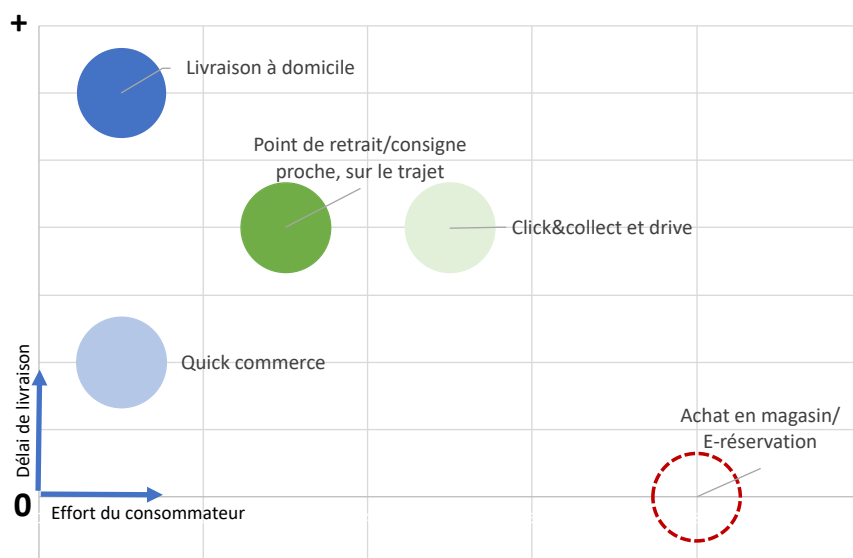


Figure 13: Matrice effort du consommateur et délai de livraison de la commande – réalisation personnelle.

Acheter dans un magasin permet au client d'avoir une expérience agréable qu'il ne pourrait avoir devant son écran. Mais cet argument semble perdre de son effet sur les clients adeptes des livraisons instantanées. Ce nouvel écosystème de la livraison et tout particulièrement le quick commerce pose la question du besoin du consommateur d'une livraison instantanée vs. son impact environnemental et social, point qui sera abordé ultérieurement dans ce mémoire.

Quelles attentes des cyberacheteurs ?

Les cyberacheteurs ont des attentes aux services de livraison proposés par les marchands. Les leviers d'achat sur internet sont les suivants :

Les clients semblent attacher une grande importance à la *rapidité* de la livraison. Comme indiqué un peu plus haut, en 2013, moins de 10% d'entre eux souhaitaient être livré le jour J. Mais les e-marchands ont réussi à créer une « nouvelle norme » en livrant les commandes toujours plus rapidement comme le fait Amazon. C'est ainsi que la proportion est passé de 10 à 60% en 5 ans. Au-delà du délai, la *fiabilité*, le *respect de la promesse* de livraison est un critère important pour les clients, c'est-à-dire être livré à temps, à l'heure au bon endroit.



Lors du bilan 2021, la Fevad a précisément analysé les critères de choix des clients pour un site d'achat en ligne : le prix du produit et celui de la livraison restent le critère essentiel (+60%), tout comme les conditions de retours et de remboursement. A noter que 30% des articles commandés sur internet sont renvoyés par le client, contre 8% pour le commerce classique. Face à ce casse-tête logistique de la gestion des retours, les conditions se durcissent : Zara facture désormais ce service.

3. Achats en ligne et mode de livraison

Le critère budgétaire reste essentiel pour les cyberacheteurs, que ce soit pour le produit acheté, la livraison, ou encore les retours

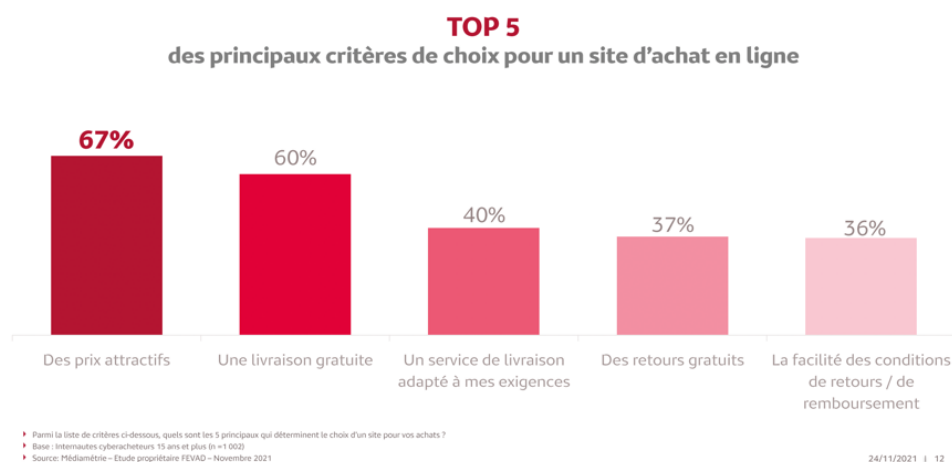


Figure 14: Critères principaux d'achat en ligne, Fevad, Bilan 2021

Au-delà des critères financiers, de plus en plus de cyberacheteurs montrent un intérêt croissant pour des livraisons éco-responsables et l'engagement RSE des enseignes. C'est ce que montre une étude IFOP pour Star Service en 2021 :

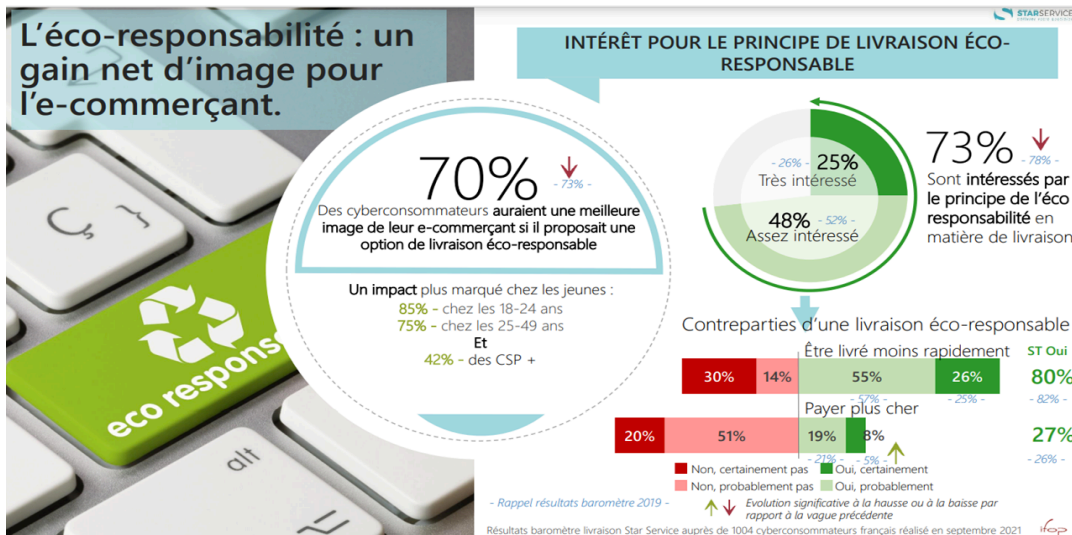


Figure 15: Etude IFOP pour Star Service, 2021

Ainsi, la Fevad constate lors du bilan 2021, que les cyberacheteurs considèrent que les enseignes sur Internet ont amélioré leur politique RSE en particulier dans la gestion des emballages.

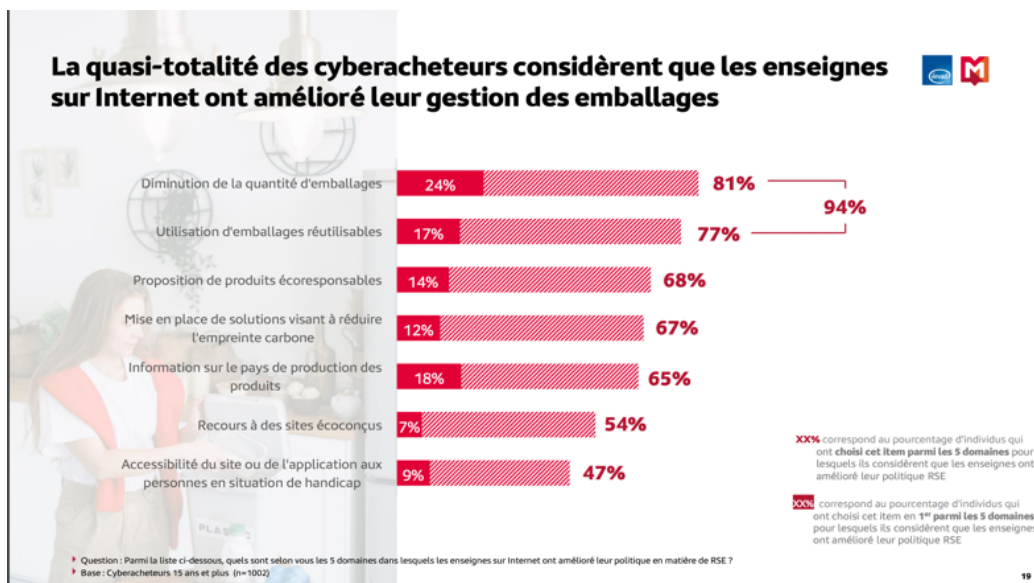


Figure 16: Politique RSE, Bilan 2021, Fevad

En conclusion, en période postpandémie, les changements de comportement d'achat des Français semblent bien amorcés avec de nouveaux usages comme l'immédiateté de la livraison qui demande une forte réactivité et flexibilité du e-commerçant et du transporteur. C'est l'enjeu principal pour respecter la promesse client. Le consommateur est toujours plus volatil, à la recherche des meilleurs prix et d'une livraison « gratuite » ou à cout réduit. Ces services du « toujours plus et toujours plus vite » (instant gratification) l'incitent donc à démultiplier ses commandes, engendrant ainsi plusieurs livraisons pour un même destinataire final et une multiplicité de points de livraison. Les e-commerçants y contribuent eux aussi fortement : dans un souci d'efficacité logistique et de réduction de leurs stocks, ils expédient parfois pour une même commande plusieurs colis de leurs plateformes de préparation situées aux 4 coins de la France. Enfin, pour compléter l'image du e-commerce et de son impact sur le nombre de livraisons, on ne peut occulter les flux de retours de produits du client vers le marchand, qui créent des mouvements de marchandises supplémentaires et impactent l'environnement.

L'évolution générale du e-commerce que je viens de décrire engendre une fragmentation des flux de marchandises et une intensification du transport de marchandises dans l'espace urbain, où se concentrent les activités économiques et les consommateurs. Ces flux de commandes s'ajoutent aux flux de marchandises préexistants à destination des commerces, restaurants, hôtels, chantiers etc. C'est pourquoi la **logistique urbaine**, le dernier maillon de la chaîne logistique globale, prend une importance croissante pour acheminer des produits du bout du monde au coin de la rue.

La logistique urbaine, c'est quoi ?

Il existe plusieurs termes lorsqu'il s'agit d'expliquer « la logistique en ville » : parfois nommée « logistique du dernier kilomètre », ce terme désigne le dernier segment de la chaîne de livraison d'une commande, depuis un centre de distribution ou d'un magasin, jusqu'au client final en zone plus ou moins dense.

Mon champ de recherche s'applique au milieu le plus dense, la ville, c'est pourquoi je lui préfère le terme plus générique de « logistique urbaine » qui intègre bien entendu le dernier kilomètre, voire le dernier mètre. La logistique urbaine se définit comme « l'art d'acheminer dans les meilleures conditions les flux de marchandises qui entrent, sortent et circulent dans la ville. Elle consiste à mieux organiser les flux de marchandises sur un territoire urbain et à en réduire les externalités négatives induites. Elle permet d'accompagner l'évolution de ces flux, en tenant compte notamment de la transformation du commerce » (Cerema¹⁴).

Dès lors qu'il y a circulation et transport de marchandises de/dans ou vers un espace urbain, il y a une logistique urbaine. Longtemps ignorée car considérée comme relevant du domaine privé, la logistique urbaine est un concept né au cours des années 1990 et porté, entre autres, par les travaux de Laetitia Dablanc, Directrice de Recherche Université Gustave Eiffel/IFSTTAR. Jérôme Libeskind décrit, dans son dernier livre "Si la logistique m'était contée", 12 histoires qui permettent de mieux comprendre l'évolution du commerce et de la livraison urbaine du 18^{ème} et 19^{ème} siècle en France et à l'étranger. J'ai tout particulièrement apprécié :



Figure 17: Livraison au départ du BHV, Paris, 1970

- *Eugène Plouchart*, employé des PTT, qui invente la comodalité en utilisant les boîtes aux lettres pour collecter le courrier et le livrer rapidement grâce au métro parisien,
- *Felix Potin* qui était le précurseur de l'omnicanalité et des services client : le magasin physique était à l'époque un point de vente, un point de retrait et d'expédition des livraisons,
 - *Léon Mougeot*, Sous-Secrétaire à l'Administration des Postes, met en place un réseau logistique optimisé, basé sur la collecte et la distribution, il réduit la pénibilité au travail des facteurs en leur donnant des vélos et normalise les adresses postales pour augmenter la productivité et réduire la non-qualité.

¹⁴ Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement, établissement public à caractère administratif placé sous la tutelle conjointe du ministre de la transition écologique et solidaire, et du ministre de la Cohésion des territoires

Ainsi au travers de ces quelques exemples tirés du passé, nous comprenons que la logistique urbaine est essentielle pour le bon fonctionnement de la ville, pour l’approvisionnement des commerces, des entreprises et des habitants. D’ailleurs, Jérôme Libeskind débute son livre en écrivant : “il n’y a pas de ville sans logistique”.

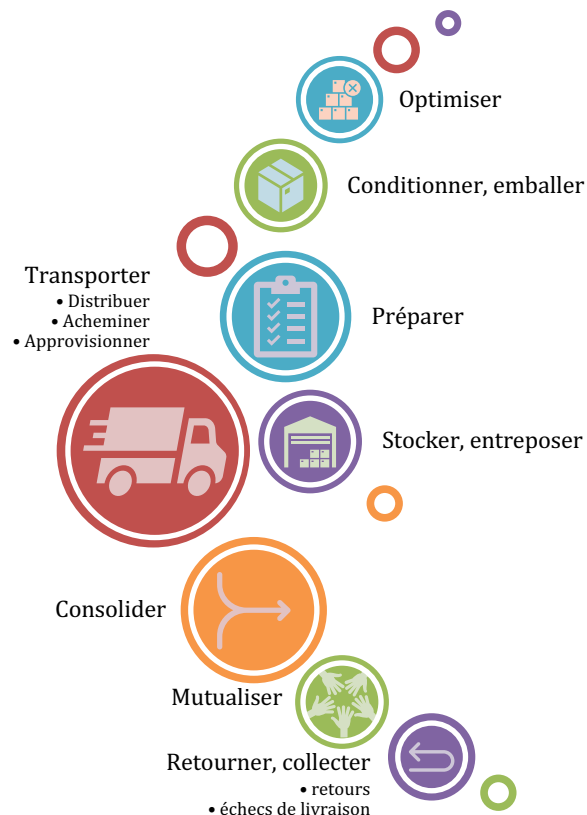
Trois catégories de flux de marchandises se distinguent :



Les achats en ligne peuvent, eux-mêmes, être divisés, en 2 catégories :

- Les commandes dites « parcel » (petits colis qui s’apparentent à de la messagerie)
- Les commandes de produits volumineux et lourds (meubles, électroménager...)

Dans ce mémoire, je vais me focaliser sur les achats en ligne « parcel » de particuliers dans la Métropole du Grand Paris.



Les fonctions de la logistique urbaine sont multiples et (Figure 18) contribuent fortement à l’activité d’une ville. Elle est visible tous les jours dans les rues des centres urbains. Camions de livraison (thermiques ou « propres »), livreurs, à pied, en vélo (cargo, avec remorque), en scooter etc. tous partagent le même espace dans l’unique but de satisfaire leurs clients.

Emmanuel Delannoy, lors de l’interview que nous avons mené dans le cadre de ce mémoire, précisait « *Je trouve que la logistique urbaine est visible mais qu’elle est en voie de banalisation et d’invisibilisation avec l’utilisation de camionnettes blanches sans logo, d’un livreur parfois intérimaire, l’économie de plate-forme amène cela* ». Ce sujet sera repris dans les enjeux de la logistique urbaine.

Figure 18: Fonctions de la logistique urbaine, réalisation personnelle

Une filière protéiforme, complexe et dynamique

La logistique urbaine est **protéiforme** par la diversité des activités et des acteurs, d'où sa complexité. Il faut en réalité considérer *plusieurs logistiques* (restauration, petits commerces, grande distribution, santé, industries, déchets...). À chacune de ces filières correspond un niveau de service (délai et respect des délais) et un niveau de complexité technique (température, volumes, sécurité, horaires...). Il existe donc DES logistiques urbaines.

La logistique urbaine se caractérise par une atomisation des **acteurs** avec des intérêts et des fonctions très hétérogènes :

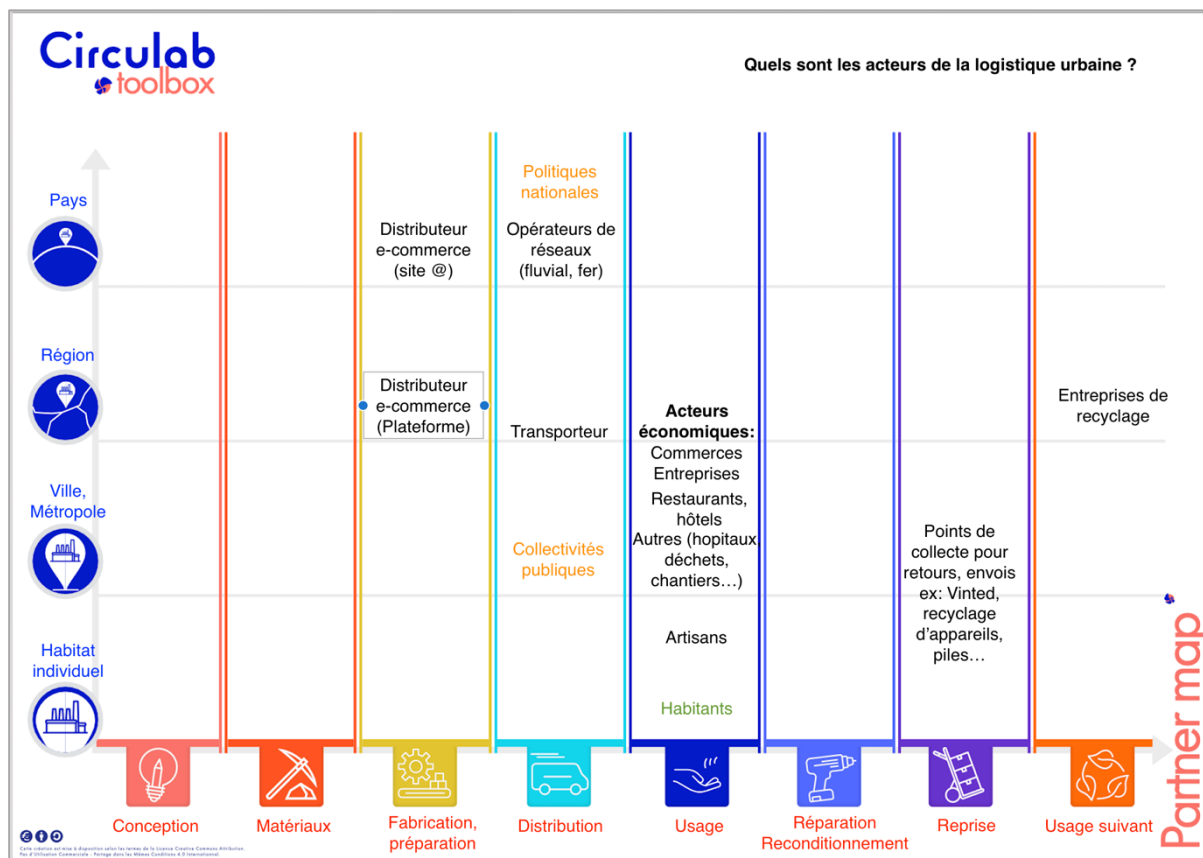


Figure 19: Acteurs de la logistique urbaine avec Partner map, Circulab, réalisation personnelle

En noir, les acteurs économiques et autres services de gestion urbaine

En vert, les consommateurs finaux

En orange, les pouvoirs publics qui exercent un pouvoir réglementaire agissant sur le foncier, le bâti, les véhicules, la circulation

Quelques mots concernant les acteurs de la logistique urbaine en lien avec l'e-commerce énoncés dans la Partner Map (Figure 19) ci-dessus :

- Les **politiques publiques** s'intéressent de manière croissante à la logistique urbaine. Le transport de marchandises longtemps ignoré est désormais au cœur des réflexions. Rapports rendus au Ministère des Transports, programmes (InterLud), réglementations, la logistique urbaine devient un enjeu majeur des politiques publiques nationales ou locales
- Les **e-commerçants** : le leader du e-commerce Amazon détient la première place du classement des sites marchands en France, suivi par Cdiscount et la FNAC. Le chinois Alibaba gagne chaque année des parts de marché, tout comme Vinted et leBonCoin. Une évolution qui confirme le formidable développement du marché de la seconde main. Parmi le Top 10, 7 sites sont des acteurs français (Fevad¹⁵, 2021).
- Les **opérateurs de réseaux** : eux aussi mettent en avant les avantages d'utiliser le fleuve ou le réseau ferroviaire pour fluidifier la circulation des marchandises dans la ville. Par exemple, Franprix achemine depuis 2012 des produits alimentaires jusqu'au centre de Paris 45 caisses mobiles transportées sur la Seine et déchargées sur des camions à quelques pas de la Tour Eiffel.
- Les **transporteurs de colis**, qui ne cessent de s'adapter sur un marché transformé par le développement du e-commerce. Il existe des opérateurs classiques comme la Poste (Chronopost), des expressistes (DHL, Fedex, UPS...), des **spécialistes de points retrait** (Relais Colis, Mondial Relais) mais aussi des spécialistes de la logistique urbaine (Star Service, Cogépart, Amazon Logistics...) et quelques start-ups qui souhaitent une part du gâteau
- Les **habitants et consommateurs** : comme indiqué dans le chapitre 1, ils démultiplient leurs achats en ligne d'années en années.



Figure 20: Déchargement des caisses mobiles Franprix dans Paris, HAROPA Ports-de-Paris

Il est intéressant de noter que tous ces acteurs utilisent des modes de transport de la marchandise très différents : un poids lourd (PL), un véhicule utilitaire léger (VUL), thermique, électrique, au gaz, un vélo, cargo, à remorque, ou même à pied...

La logistique urbaine s'appuie sur des **réseaux** constitués d'entrepôts logistiques, en charge de la préparation des commandes, installées à la périphérie en raison d'un foncier plus

¹⁵ FEVAD, « Classement FEVAD 2022 des sites e-commerce en nombre de clients - Fevad, la Fédération du e-commerce et de la vente à distance », 11 janvier 2022, <https://www.fevad.com/classement-fevad-2022-des-sites-e-commerce-en-nombre-de-clients/>, <https://www.fevad.com/classement-fevad-2022-des-sites-e-commerce-en-nombre-de-clients/>.

accessible et un cout de transport faible (Figure 21). Les exigences du marché et l'augmentation du prix des carburants entraînent un changement : livrer des produits en moins de 2 heures ou le jour même nécessite d'être au plus près des consommateurs.



Figure 21: Schéma simplifié de la chaîne logistique du e-commerce et de la logistique urbaine (service de livraison à domicile), réalisation personnelle de facilitation graphique

Cette logistique de distribution du e-commerce vise un client urbain à 70%. C'est pourquoi certains e-commerçants utilisent leurs magasins physiques, situés au cœur des villes, pour préparer et expédier les commandes client. D'après ecommercemag.fr, 20% des retailers utilisent les stocks des magasins pour faire du ship from store¹⁶ et cela représente entre 10% et 20% du e-commerce français en 2020. Ces magasins génèrent ainsi des flux de marchandises supplémentaires qui s'ajoutent aux flux préexistants dans les milieux urbains : pour achalander leurs rayons mais aussi pour expédier les commandes clients préparés.

L'autre approche est de réintégrer la logistique urbaine dans les villes et les métropoles ainsi il existe de plus en plus d'initiatives comme des espaces logistiques urbains, des hôtels logistiques qui allient fonctions logistiques et services aux citoyens (ex : Hôtel logistique de Chapelle Internationale à Paris : terminal ferroviaire, commerces, bureaux, écoles, terrain de sport –annexe 11.2)

¹⁶ « Les chiffres clés du ship-from-store », <https://www.ecommercemag.fr/>, consulté le 2 mai 2022, https://www.ecommercemag.fr/Thematique/logistique-1222/Infographies/Les-chiffres-cles-ship-from-store-343653.htm#&utm_source=social_share&utm_medium=share_button&utm_campaign=share_button.

Le système sur lequel se base la logistique urbaine est caractérisé d'une part, par sa souplesse pour satisfaire une demande *élastique* et répondre à l'immédiateté dans un environnement contraint (forte concurrence, congestion urbaine, pression des espaces logistiques en zone dense, contraintes client...). Et d'autre part, il est caractérisé par sa précarité car les coûts liés à la livraison urbaine sont importants et les marges faibles avec une forte concurrence d'entreprises qui font plus ou moins appel à la sous-traitance, à l'auto-entrepreneuriat, pour la partie purement logistique (préparation de commandes, gestion des stocks...) ou la partie transport.

Mais elle représente un enjeu pour l'économie, l'emploi et le dynamisme d'un territoire : le marché de la livraison urbaine en France est estimé à **20 milliards d'euros et plus de 150 000 emplois directs**¹⁷. Faciliter la logistique urbaine est donc essentiel pour soutenir l'activité économique locale et urbaine.

Innovations et réglementation

La logistique a été bouleversée par le développement du commerce en ligne depuis les années 2000, elle y joue un rôle central. La logistique urbaine est un secteur en pleine transformation et en pleine croissance. Lors du World Economic Forum de janvier 2020, le rapport "The Future of the Last-Mile Ecosystem"¹⁸ - Transition Roadmaps for Public and Private Sector Players a été publié. Dans ce document, il a été estimé que « **la demande de livraison du dernier kilomètre devrait augmenter de 78% à l'échelle mondiale d'ici 2030** ».

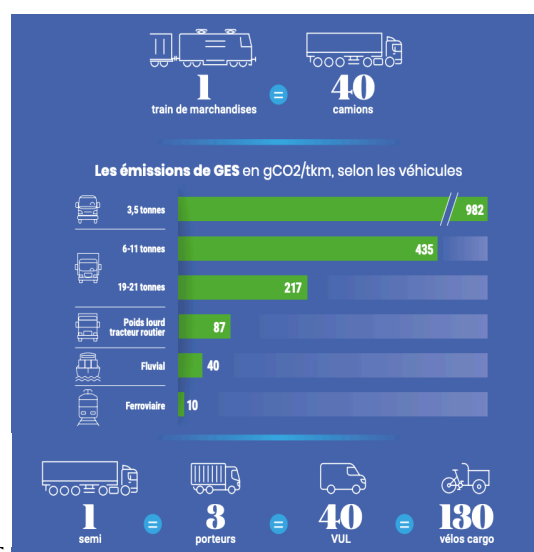
C'est dans ce contexte que de nombreuses solutions pour la livraison du dernier kilomètre et du dernier mètre sont développées comme la cyclo-logistique, les drones, les véhicules électriques/autonomes, les offres de services de livraisons (au travail, dans des consignes, dans des points de retrait multi-enseignes automatisés...), les plateformes urbaines...

La **cyclo-logistique** est sans aucun doute la grande gagnante ces dernières années en matière de transport de marchandises, et tout particulièrement depuis la crise sanitaire de la Covid. Jérôme Libeskind¹⁹ lui consacre d'ailleurs tout un chapitre dans son livre : Suzanne Trébis en 1929 gagne la course des porteurs de journaux à vélo à Paris, Aimé Olivier (1840-1919) qui a co-développé le vélocipède pour en faire un vélo à usage professionnel (biporteurs, triporteur, cargo-cycle, remorques...). « Pour être efficace, (la cyclo-logistique) doit utiliser le matériel le plus adapté à la géographie du territoire concerné, aux distances réalisées et aux charges transportées ».



Figure 23: Livraison en vélo cargo, internet

Figure 22: Emissions de GES par type de véhicules et équivalence d'import, France
Logistique février 2022



¹⁷ Oliver Wyman, « Legendes Logistiques urbaines »

¹⁸ World Economic Forum, « Future of the last mile ecosystem », 2020, https://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_the_last_mile_ecosystem.pdf.

¹⁹ Jérôme Libeskind, *Si la logistique m'était contée* (Livre 2021).

Elle bénéficie par ailleurs d'un plan national pour son développement (mai 2021) : « la cyclo-logistique est une solution propre, rapide et qui demande peu d'espace logistique urbain (espace dédié à la logistique en ville), adaptée à une grande partie des besoins de livraison en ville. (...) Un vélo cargo triporteur possédant une caisse de 1 500 L émet 85 % de CO² en moins qu'un véhicule thermique de la même capacité. »²⁰



Figure 24: solutions de livraison du dernier kilomètre/dernier mètre, World Economic Forum, Janvier 2020

D'autres solutions de « moyens » de livraison telles que les **drones ou les véhicules autonomes** dans les rues des villes sont créées mais elles pourraient créer davantage de trafic et de congestion, c'est pourquoi leur utilisation semble limitée. Par ailleurs, la réglementation est très stricte, particulièrement à Paris. Dès 2014, le ministère de la Défense s'était opposé aux livraisons par drones. Malgré quelques tests effectués par exemple par DPD Groupe dans des zones difficiles d'accès ou rurales, livrer des colis des zones denses avec des drones n'est pas possible à l'heure actuelle, les autorités ne prenant aucun risque.

Pour ce qui est des robots autonomes qui livrent les consommateurs, ils sont confrontés à l'aménagement de l'espace urbain (trottoirs, obstacles...) mais aussi à la foule, aux piétons et autres mobilités (trottinettes, vélos...) et sont très peu acceptés par le public.

En revanche, les solutions concernant les **hubs de distribution et les points de retrait** mono ou multi-enseignes, au cœur des villes, semblent être des solutions efficaces pour tous : le distributeur, le client, la ville et la planète. Ils permettent la livraison mutualisée en un point, la collaboration entre distributeurs dans le cadre d'une collaboration privé-public. Fabien Nonnez, Global Business development Leader Supply Chain chez IKEA que j'ai interviewé m'a partagé quelques projets dont celui d'un hub urbain multi-distributeurs à Zurich en Suisse, d'un véhicule autonome servant de consigne « sur roues »...

La logistique urbaine inspire tellement, qu'un programme de l'Union européenne nommé LEAD²¹ (Low emission adaptable delivery) développe plusieurs projets dans 5 villes européennes pour expérimenter de nouvelles solutions, de nouveaux modèles dans des environnements urbains publics-privés. En France, [France Mobilités](#) référence des solutions de

²⁰ Ministère de la transition écologique, « Plan national pour le développement de la cyclo-logistique », Ministère de la Transition écologique, 2021, <https://www.ecologie.gouv.fr/plan-national-developpement-cyclo-logistique>.

²¹ « Low-Emission Adaptive last mile logistics supporting "on Demand economy" through digital twins | LEAD Project | Fact Sheet | H2020 | CORDIS | European Commission », consulté le 13 mai 2022, <https://cordis.europa.eu/project/id/861598/fr>.

mobilités pour la logistique urbaine et un rapport s'intitulant « logistique urbaine durable»²², a récemment été remis au Gouvernement (21 octobre 2021) pour mettre en avant son importance mais aussi les nuisances qu'elle occasionne et qui seront détaillées dans le prochain chapitre.

Toutes ces initiatives cherchent également à répondre aux contraintes réglementaires, établies par les villes, qui sont de plus en plus fortes et croissantes issues entre autre de la loi LOM, qui prévoit que les autorités organisatrices de la mobilité peuvent « *organiser ou contribuer au développement des services de transport de marchandises et de logistique urbaine, en cas d'inexistence, d'insuffisance ou d'inadaptation de l'offre privée, afin de réduire la congestion urbaine ainsi que les pollutions et les nuisances affectant l'environnement* »

Ces contraintes réglementaires peuvent être horaires ou spatiales. Certains accès sont limités sur une plage horaire définie par un arrêté. Spatialement, l'espace de la Métropole du Grand Paris est régi par une zone à faibles émissions (ZFE) qui a pour but de faire baisser les émissions de polluants pour améliorer la qualité de l'air. Paris a été l'une des premières villes de France à mettre en place des ZFE dès 2015. Ainsi la circulation des véhicules les plus polluants dans un périmètre défini est limitée (Figure 25) avec pour objectif 100% des véhicules propres en 2030 dans la MGP.

En septembre 2018, MGP a signé un **pacte logistique** urbain avec 47 partenaires publics et privés dont les 4 actions sont : optimiser les flux et les livraisons (harmonisation des règlements de voirie, espaces mutualisés), favoriser la transition vers des véhicules à faibles émissions et silencieux, valoriser l'intégration des fonctions logistiques dans l'urbanisme et enfin, le *consom'acteur*, un maillon facilitateur de la chaîne logistique.



Figure 25: Périmètre de la ZFE Métropole du Grand, Paris

Pour accompagner ces changements à la fois techniques mais aussi des métiers, le programme InTerLUD²³ a été mis en place dans le but de créer ou de renforcer les espaces de dialogue entre les acteurs publics et économiques. Il vise à engager en 3 ans, 50 **chartes de logistique urbaine** dans toute la France.

²² Anne-Marie Idrac, Anne-Marie Jean, Jean-Jacques Bolzan, « Logistique urbaine durable - mission LUD pour le Gouvernement », 2021, https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/210716_LUD_Rapport%20final.pdf.

²³ « Programme Innovations Territoriales et Logistique Urbaine Durable - InTerLUD - Interlud », consulté le 12 juin 2022, <https://www.interlud.green/>.

La Métropole du Grand Paris et la logistique

Dans ce mémoire, je souhaite me focaliser sur la Métropole du Grand Paris (MGP) qui est une intercommunalité dense et urbaine, regroupant 131 communes et 7,2 millions d'habitants sur 814 km². La métropole du Grand Paris concentre un quart des emplois de bureau de France et plus d'un emploi sur deux y est un emploi de bureau, souvent statut cadre²⁴. La métropole est administrée par le conseil métropolitain du Grand Paris, composé de conseillers métropolitains élus.

Une métropole d'un point de vue administratif est « un établissement public de coopération intercommunale (EPCI) qui associe plusieurs communes, d'un seul tenant et sans enclave, dans le but d'élaborer et de conduire un projet d'aménagement et de développement économique, écologique, éducatif, culturel et social de leur territoire ».



Figure 26: Carte Métropole du Grand Paris, Paris.fr

²⁴ « Plus d'un emploi sur deux est un emploi de bureau dans la métropole du Grand Paris - Insee Analyses Ile-de-France - 124 », consulté le 26 avril 2022, <https://www.insee.fr/fr/statistiques/4983799>.

Dans la MGP, **90% des marchandises sont transportées par la route** jusqu'au cœur de la capitale, approvisionné par des entrepôts installés à proximité ou au sein de zones urbanisées. C'est le royaume du « tout camion ».

D'après l'Institut d'aménagement et de l'urbanisme dans son étude « la Logistique, une fonction vitale » (2018), 200 millions de tonnes de marchandises sont transportées par an de/ou vers l'Ile-de-France. Mais ce tonnage me semble peu intéressant sachant que ce sont les *produits pondéreux* (matériaux de construction, déchets, produits pétroliers, minerais et produits agro-alimentaires) qui constituent 2/3 des tonnages et qui utilisent majoritairement la Seine et ses 500km de voies navigables.

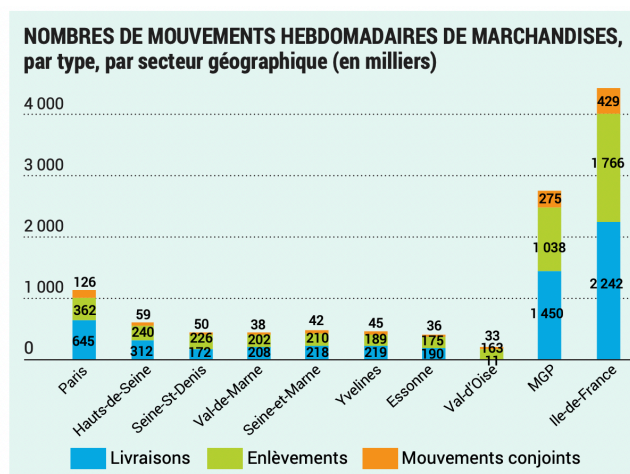
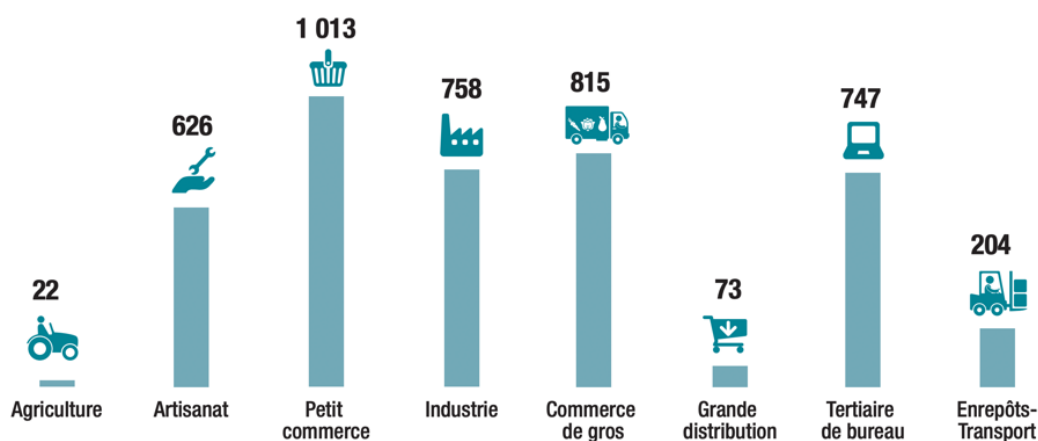


Figure 27: Mouvements hebdomadaires, Atlas des Grandes Fonctions Métropolitaines, APUR, 2018

Il est ainsi plus pertinent d'analyser les *mouvements* (livraisons, enlèvements) dans la Métropole. L'IAU estimait que :

- **54% des mouvements** sont engendrés par le commerce de détail, de gros, la grande distribution et le tertiaire
- **4,3 millions de livraisons et enlèvements** de marchandises ont lieu chaque semaine en Ile-de-France, Ces mouvements se concentrent pour 62 % dans le périmètre de la Métropole du Grand Paris avec près de 2,8 millions de mouvements hebdomadaires, et pour 26 % dans Paris intra-muros avec environ 1,1 million de mouvements hebdomadaires.

Les mouvements hebdomadaires selon les activités en Île-de-France (en millier)



© IAU idF 2018, 123rf/leremy
sources : TMV IDF 2015, LAET, IAU idF

Figure 28: Mouvements par activité (en milliers/semaine), « La logistique, une fonction vitale », Institut d'aménagement et d'urbanisme IDF, 2018

Ainsi, les entrepôts génèrent le plus grand nombre de mouvements. Mais les commerces de proximité, qui sont plus nombreux, absorbent à eux seuls un quart des mouvements de marchandises en Île-de-France.

C'est dans le cœur de l'agglomération que les mouvements de marchandises sont les plus intenses. C'est en effet dans ce périmètre que se concentrent à la fois les activités économiques et la population. C'est dans la zone dense que se concentrent les mouvements liés à la livraison du dernier kilomètre qui prennent plus fréquemment la forme de tournées, plutôt que de traces directes, permettant ainsi de diminuer les kilomètres parcourus.

MOUVEMENTS DE MARCHANDISES EN ILE-DE-FRANCE

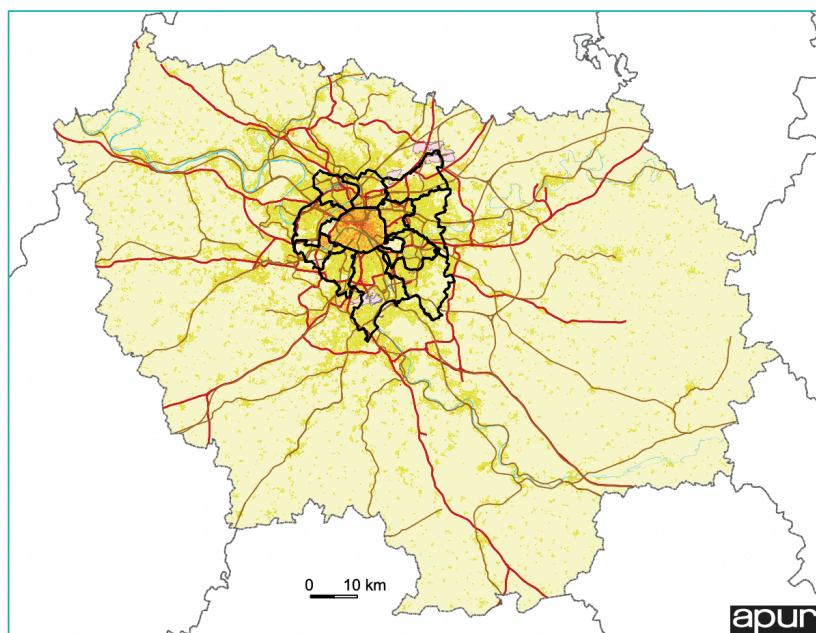


Figure 29: Mouvements de marchandises en IDF, Atlas des Grandes Fonctions Métropolitaines, APUR, 2018

Intensité logistique

Nombre de mouvements hebdomadaires (réception et enlèvements)

Nombre de mouvements (réception, émission)

- Inférieur à 121
- 121 à 500
- 501 à 1 000
- Supérieur à 1 000

- Zones d'activités
- Espaces verts
- Voies principales
- Voies ferrées
- Département
- Commune
- Eau
- Carroyage Insee 200 x 200 m

Source : SIRENE 2009, FRETURB

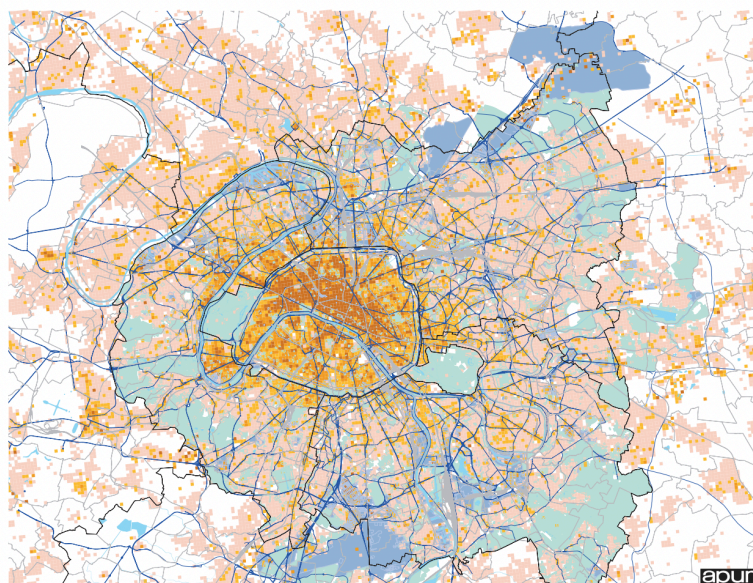


Figure 30: Nombre de mouvements hebdomadaires, « Logistique urbaine : vers un schéma d'orientation logistique parisien » APUR, 2014

Dans l'Atlas des grandes fonctions métropolitaines²⁵, juin 2017, l'Atelier Parisien d'Urbanisme (APUR) montre qu'il y a plus de livraisons que d'enlèvements (53% pour MGP, 57% pour Paris Intramuros) dans la MGP, mais qu'au contraire les enlèvements sont plus nombreux dans les départements de la Grande Couronne où se situent les entrepôts logistiques qui préparent les commandes.

Les effets négatifs et enjeux de la logistique urbaine

La logistique urbaine est aujourd'hui au cœur d'injonctions contradictoires : elle doit assurer des livraisons toujours plus rapides, sûres et écologiques, dans un monde aux ressources limitées et soumis à des incertitudes aussi fortes que celle de l'arrivée d'une pandémie, de l'inflation, d'une guerre aux portes de l'Europe. Jérôme Libeskind écrit : « La livraison urbaine est efficace, mais elle n'est pas efficiente. Elle génère des **externalités négatives**, des effets sur la ville, ses activités économiques et ses habitants ».

Externalités négatives :
Situation dans laquelle un agent économique provoque, par son activité, des effets négatifs sur la société.

Comme expliqué dans le chapitre 1, l'acte d'achat en ligne se banalise, le panier moyen est plus faible engendrant ainsi une démultiplication des flux de marchandises aux multiples effets. Parlons tout d'abord, du **trafic et de la congestion** de la Métropole du Grand Paris. Même si les embouteillages ont toujours existé dans la capitale, ils se situent désormais sur le périphérique et les grands axes entrants de la capitale.

L'indice de trafic 2021 TomTom²⁶ a constaté un niveau de congestion pour l'agglomération parisienne de 36% (temps supplémentaire pour un trajet), l'équivalent de 144 heures perdues dans les embouteillages par an par automobiliste et par chauffeur ! (Figure 31) Paris se classe ainsi à la première place des villes congestionnées en France et à la 37^{ème} place au monde (contre la 42^{ème} place en 2019).



Figure 31: Trafic sur le périphérique parisien, internet

D'après Laetitia Dablan²⁷, la livraison directe au consommateur, qui s'est fortement accrue avec l'explosion du e-commerce, entrainerait une *addition nette de mobilité en ville*, car elle ne s'accompagnerait pas forcément de la diminution équivalente de la mobilité des particuliers pour leurs achats. Le commerce en ligne aurait donc augmenté le nombre de véhicules de livraison dans les zones urbaines.

Dablan indique également que les livraisons représentent désormais **20% de la circulation en Ile-de-France** et 25% à Paris et se répartissent de la manière suivante :

²⁵ APUR, « Atlas des Grandes Fonctions Métropolitaines – Logistique », juin 2017, 100.

²⁶ « France traffic report | TomTom Traffic Index », consulté le 15 mai 2022, https://tomtom.com/en_gb/traffic-index/france-country.

²⁷ Laetitia DABLANC et al., « Observatory of Strategic Developments Impacting Urban Logistics », Research Report (IFSTTAR - Institut Français des Sciences et Technologies des Transports, de l'Aménagement et des Réseaux, janvier 2017), <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01627824>.

- **50%** des flux sont liés aux **ménages** (déplacement d'achat par les particuliers et **livraisons aux particuliers**)
- 40% aux activités économiques tous secteurs confondus
- 10% à la gestion urbaine (déchets, BTP, déménagements...)

En clair, les véhicules de livraison s'ajoutent au trafic déjà existant (transport individuel, collectif) sur les routes de la Métropole avec une forte concentration sur certaines plages horaires (8h-9h30, 17h30-19h). D'ailleurs c'est ce que confirme Mario Martins, Directeur de la Supply Chain chez CMP, un grossiste de la distribution, lors de notre entretien : « *90% du volume de marchandises passe le matin, tout le monde veut être livré avant 11 heures* ». Ce pic d'activité quotidien pose donc problème tant dans l'organisation en amont des commandes, que sur l'utilisation de la flotte de véhicules, de chauffeurs et de leurs conditions de travail. CMP se questionne justement sur le lissage de l'activité mais précise que « *livrer en direct, au départ d'une plateforme logistique un client, est moins cher qu'en indirect, si départ en fin d'après-midi. Il faudra un stockage intermédiaire supplémentaire, un trajet plus long parfois à plus de 100 km de Paris pour renvoyer la marchandises le lendemain matin. C'est incohérent et aurait encore plus d'impact sur les émissions de GES* ».

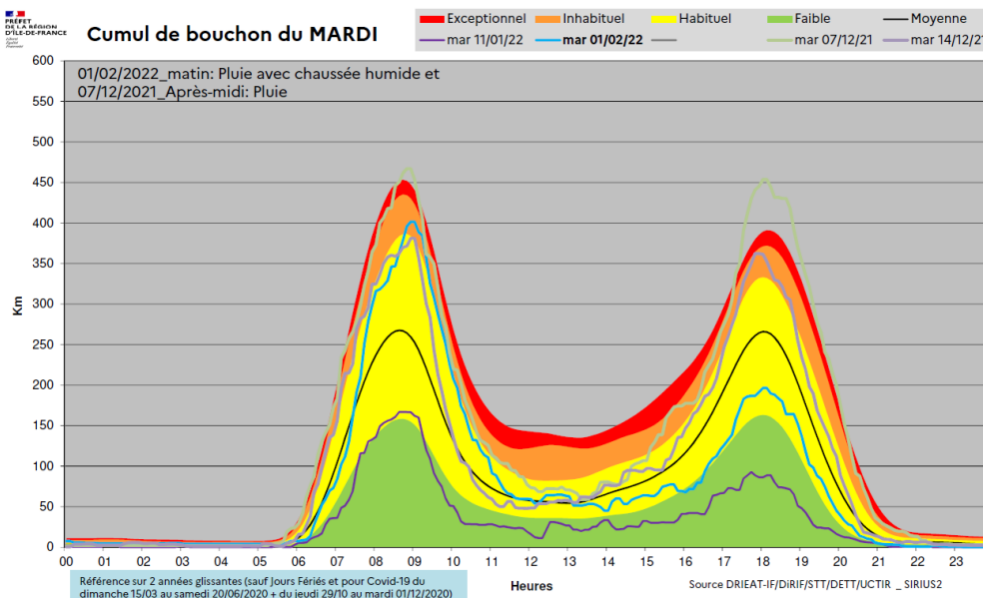


Figure 32: Cumul des bouchons par tranche horaire un mardi à Paris, Sytadin

Ainsi, la logistique urbaine participe à cette congestion du fait de la circulation mais aussi du manque de **places de stationnement** : dans Paris, 2 livraisons sur 3 sont effectuées en dehors d'une place de stationnement, en double-file (Figure 33) soit parce qu'elle est occupée ou mal positionnée, ce qui ralentit la circulation mais aussi l'opération de livraison ou d'enlèvement, en toute sécurité pour les livreurs et autres usagers. D'ailleurs, la Sécurité routière dans son bilan 2021²⁸, précise que la mortalité piétonne est due à 25% à un choc avec un véhicule utilitaire ou poids lourd et est par conséquent un facteur d'accidentologie important.

²⁸ Sécurité routière, « Bilan 2021 de la sécurité routière | Observatoire national interministériel de la sécurité routière », consulté le 3 juin 2022, <https://www.onisr.securite-routiere.gouv.fr/etat-de-l-insecurite-routiere/bilans-annuels-de-la-securite-routiere/bilan-2021-de-la-securite-routiere>.

Figure 33: Déchargement en double file et trafic du matin (9h30), boulevard Beaumarchais, Paris, photos personnelles



Une des conséquences de cette congestion est la **pollution atmosphérique** (Figure 34). A Paris, le transport de marchandises est responsable 10 à 20 % du trafic²⁹ et génère 25 % du CO₂, 30 % des oxydes d'azote et 50 % des particules fines. D'après Santé publique France, ces particules fines sont responsables de 6.000 morts prématurés par an dans la MGP. En milieu urbain les échanges de marchandises reposent très majoritairement sur les modes de transport routier : poids lourds, véhicules légers et parfois, deux roues motorisés. Même si les progrès des motorisations et le renouvellement des flottes (électriques, GNV...) contribuent à réduire ces émissions de GES, cette décarbonisation n'est pas assez rapide et ce tout particulièrement dans la Métropole du Grand Paris où 71% des véhicules fonctionnent au diesel (d'après l'étude TomTom).

Illustration 10. Impact du trafic de marchandises sur la qualité de l'air (% du total des effets)

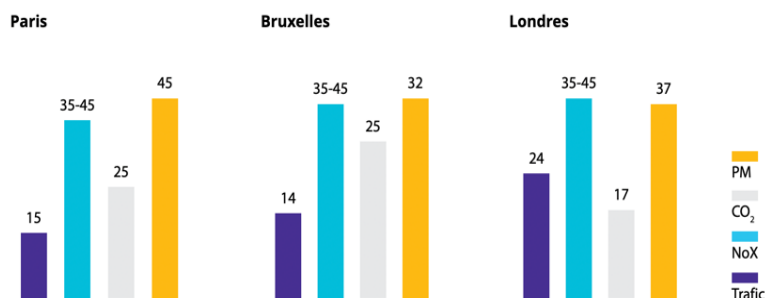


Figure 34: Impact du trafic de marchandises sur la qualité de l'air, Ademe, 2015

Au trafic et à la pollution de l'air, s'ajoute les **nuisances sonores** du fait du bruit généré par la circulation des véhicules et par les opérations de livraisons et d'enlèvements, en particulier sur les grands axes routiers et le périphérique parisien.

En Ile-de-France, d'après un rapport de la DRIEA datant de 2011³⁰, environ $\frac{3}{4}$ des habitants se déclarent gênés par le bruit quotidiennement, les résidents de Paris étant les plus touchés. Au-delà des questions de confort, le bruit impacte la santé physique (troubles auditifs, du sommeil...) et psychologique (stress, anxiété...) des habitants, et plus particulièrement des populations les plus fragiles (enfants, seniors, patients hospitalisés, en convalescence...). La logistique urbaine contribue à cette pollution sonore mais fait des efforts pour réduire les

²⁹ ADEME, « Engagement volontaire en faveur de la logistique urbaine », La librairie ADEME, 2018, <https://librairie.ademe.fr/mobilite-et-transport/887-engagement-volontaire-en-faveur-de-la-logistique-urbaine.html>.

³⁰ Marissa PLOUIN Benoit PETIT et de Michel RUDY, « Bruit dans la ville » (Direction régionale et interdépartementale de l'Équipement et de l'Aménagement d'Ile-de-France), consulté le 7 avril 2022, https://www.driea.ile-de-france.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Le_bruit_dans_la_ville_2011_cle2c6b6a.pdf.

impacts de la livraison. C'est ainsi que la Ville de Paris fait appel à des associations comme *Certibruit* qui rassemblent des acteurs de la logistique urbaine et de la distribution pour valoriser les efforts pour des livraisons silencieuses la nuit et réduire le fret le jour.

Au-delà de ces externalités négatives, c'est le modèle du e-commerce en lui-même qui entraîne **la réduction de l'efficacité logistique**. Ce modèle se base sur 3 facteurs : internet, les moyens de paiement en ligne et le service de livraison qui est le maillon de la logistique le plus coûteux. Le dernier kilomètre représente 1 % de la distance, mais 25 % des coûts de la chaîne logistique globale [Cerema, 2015].

L'immédiateté de la livraison a alors un impact d'autant plus fort sur l'efficacité de la filière puisque les camions à moitié vides quittent les plateformes de préparation de commande pour garantir la promesse client d'une livraison rapide (Figure 35). Les faibles taux de remplissage des



Figure 35: Véhicule de livraison, Plate-forme Logistique Gennevilliers

camions, les voyages retour « à vide », les retards liés au trafic et aux embouteillages, les échecs de livraison (client absent à destination), les commandes splittées en plusieurs colis pour un même client, les emballages surdimensionnés par rapport à l'article expédié, les retours et reprises dus au changement d'avis du client, les accès difficiles dans les centres-urbains etc. sont autant de facteurs qui réduisent l'efficacité de la logistique urbaine.

Par ailleurs, d'après le rapport « Pour un développement durable du commerce en ligne » de France Stratégies³¹, publié en février 2021, « *le développement du e-commerce contribue à accroître l'empreinte carbone de la France* ». La différence entre le commerce physique et l'e-commerce est faible en ce qui concerne l'approvisionnement des produits puisqu'ils proviennent généralement des mêmes pays/lieux de production. C'est la distribution des colis du commerce en ligne par contre qui détermine la différence d'émission de gaz à effet de serre entre autre. Le niveau de remplissage des véhicules de transport et le type de motorisation en sont les déterminants majeurs.

Par ailleurs, la ville prend de plein fouet l'évolution croissante des livraisons du e-commerce. Auparavant les villes résidentielles généraient des flux de déplacement des personnes vers leur travail et vers les lieux de consommation. Dorénavant, c'est une dynamique inverse qui s'opère : c'est la consommation qui vient sur le lieu de résidence, de travail et de loisirs.

50% des produits commandés viennent de loin (Afilog, 2020) mais en même temps l'espace public est contraint, les villes ne sont pas complètement prêtes pour accueillir ces « nouveaux flux » de marchandises et les pressions réglementaires sont croissantes dans les agglomérations.

Assurer une livraison rapide et fiable, dans les temps, nécessite une bonne **intégration dans le tissu urbain** et un rapprochement du barycentre de consommation. Or l'institut Paris Région montre qu'en Ile-de-France :

- En 1974, la distance moyenne entre un dépôt de messagerie (petit colis) et le cœur de Paris était de **6,3 km**
- En 2010, elle était de **18,1 km**

³¹ Gilles Bon-Maury, Julien Fosse, et Vivien Guérin, « Pour un développement durable du commerce en ligne-France Stratégies », 2021, 318.

- Entre 2010 et 2017, 81% des surfaces de +10.000 m² (nouveaux dépôts logistiques) sont en Grande Couronne dont les 2/3 sont au-delà de la Francilienne (**+25 km** de Paris).

Entre 1974 et 2010, les agences de messagerie ont quitté la capitale pour se multiplier en périphérie à cause d'une forte pression foncière dans Paris et sa proche banlieue (Figure 37). Ce *phénomène de desserrement* a allongé la distance de livraison jusqu'au cœur de Paris et a mécaniquement augmenté les flux et les nuisances associées.

Pour alimenter ces agences gérées par les transporteurs, les e-commerçants ont installé des plateformes logistiques gigantesques, en charge des préparations de commandes, au-delà de la Francilienne sur des terres agricoles, forestières fertiles, accélérant l'artificialisation des sols, en particulier en Seine-et-Marne ou le Val d'Oise (Figure 36).



Figure 36: Plateforme logistique de Conforama à Tournan-en-Brie de 177.500 m²

L'IMMOBILIER LOGISTIQUE DANS LA METROPOLE DU GRAND PARIS

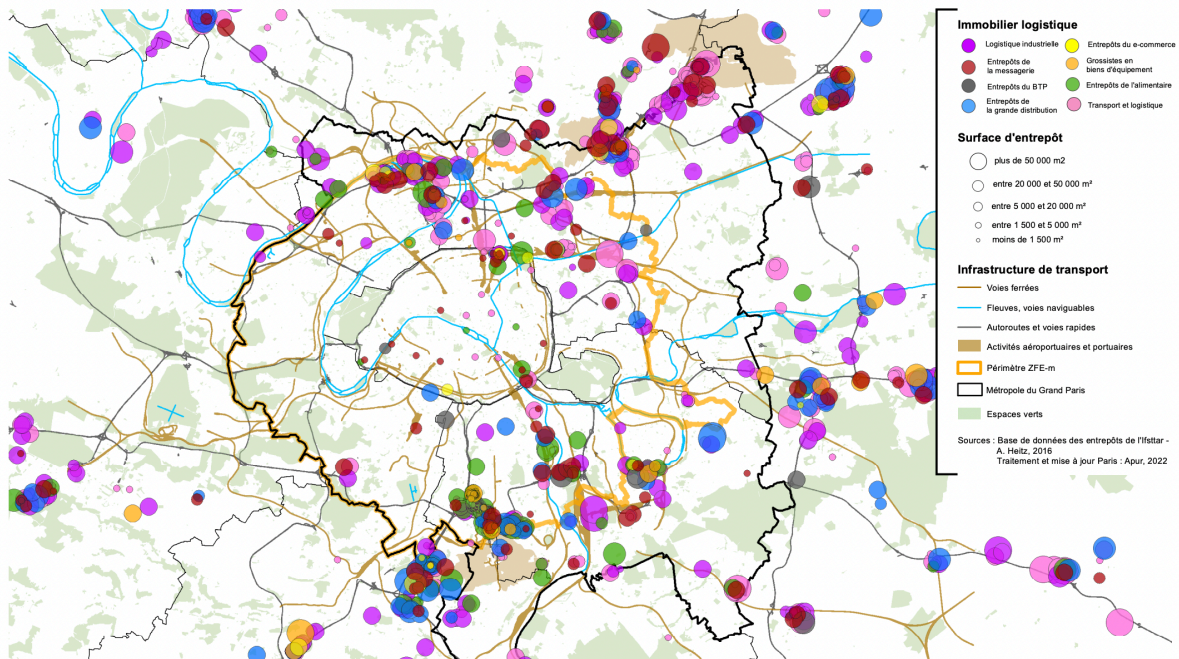


Figure 37: l'immobilier logistique dans la Métropole du Grand Paris, APUR, avril 2022

L'e-commerce et la logistique urbaine entraînent une pollution indirecte dont les effets ne sont pas à négliger. La **gestion des emballages** des produits livrés pose problème : selon l'Ademe, en France, 55 % des emballages sont jetés - 10 % finissent dans la poubelle des ordures ménagères - et seulement 35 % sont conservés. Sachant que chaque Français reçoit en moyenne 15 colis par an...

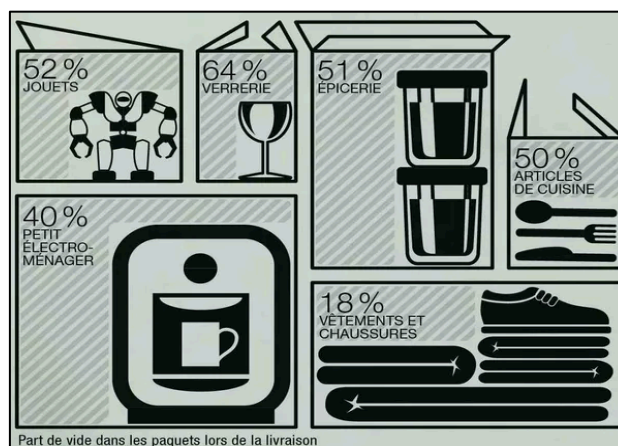


Figure 38: Espace vide transporté en moyenne dans les emballages, DS Smith & Forbes Insight, 2018

DS Smith en 2018 avec Forbes Insights a mené une étude sur « l'économie de l'espace vide »³² dans les emballages des produits importés et ceux vendus en ligne. Le constat est clair : Le gaspillage est plus important sur route, lors de l'acheminement des produits vendus sur internet depuis des hubs logistiques jusqu'au client final. La part de vide est très variable en fonction des catégories de produits expédiés : de 18% pour des vêtements et des chaussures, à 64% pour des produits en verre (souvent rempli de papier ou de polystyrène) en raison de cartons surdimensionnés (Figure 38). Ainsi la réduction du vide dans les emballages aurait un impact positif sur l'environnement (baisse des émissions de CO2) mais également sur l'efficacité de la chaîne et plus précisément de la logistique urbaine assurant ainsi un taux de remplissage des camions plus élevé. Avec l'augmentation du prix des matières premières du carton, de l'énergie... ceci est d'autant plus crucial.



Enfin d'un point de vue social, la logistique en général et la logistique urbaine, du dernier kilomètre, en particulier est un **secteur dynamique, générateur d'emplois** (1 emploi sur 10 au sein d'une aire urbaine) qui contribue à l'attractivité territoriale. Malheureusement elle est confrontée à plusieurs difficultés et risques. Tout d'abord par ce que le métier de livreur est un métier faisant souvent appel à des contrats précaires/intérim, avec de fortes amplitudes horaires et une pénibilité du travail réelle, pour une rémunération faible.



En sus, l'activité de livreur, et en particulier pour les livraisons instantanées de -2 heures (200.000 livraisons par semaine dans le Grand Paris) apparaît comme un métier à risque³³ dès lors qu'ils interviennent sur l'espace public (en vélo, à pied...). La cohabitation entre les véhicules utilitaires, les mobilités douces, les piétons et autres usagers de la voirie (transports collectifs...) est difficile et parfois accidentogène, surtout lorsque les conditions météorologiques sont défavorables. Tous ces facteurs qui rendent les conditions de travail des livreurs difficiles, en sus du poids de la charge à livrer, entraînent une faible attractivité de la profession qui a des difficultés pour recruter.

³² DS Smith, Forbes Insight, « L'économie de l'espace vide », 2018, <https://blog.dssmith.com/hubfs/France/DSSP%20Livres%20blanc%20-%20Empty%20Space%20-%20FR.pdf?hsCtaTracking=aa107a38-c286-4e8f-9a55-9189d9b0850d%7Cf33049eb-eb61-4dee-a5cd-754ae259a96b>.

³³ Usbek & Rica, « L'uberisation met en danger la vie des travailleurs », consulté le 17 mai 2022, <https://usbeketrica.com/fr/article/l-uberisation-met-en-danger-la-vie-des-travailleurs>.

Ci-dessus les enjeux et objectifs de la logistique urbaine du e-commerce que j'ai identifié en fonction de 4 acteurs :

Enjeux de la logistique urbaine du e-commerce		Objectifs		
<i>(ce que je gagne, ce que je perds en tant que...)</i>		<i>(Dans quel but...)</i>		
 <p>Client :</p>	Son temps	Profiter de la vie, Éviter les achats "corvée" Recevoir sa commande		
	Maintenir une qualité de vie en ville	Vivre sainement, au calme Améliorer la qualité de l'air		
		Réduire son impact environnemental		
	Considération sociale	Satisfaction, plaisir Être reconnu		
		Faire partie d'un groupe		
	Déchets et emballages	Gérer les déchets		
 <p>Transporteur :</p>	Profitabilité	Baisser les couts Rentabilité Survie économique pour maintenir l'emploi, les investissements... Créer un réseau		
		Optimiser le transport (pas de voyage à vide, chasser l'air, chemin le plus court, le plus rapide...)	Transport efficient Taux de remplissage maximum Réduire l'impact environnemental	
			Assurer un service, une performance	Livrer un client Tenir les délais Réduire les échecs de livraison
				Permettre la flexibilité
	Efficacité énergétique	Baisser les couts Transporter davantage Utiliser de nouvelles énergies		

Enjeux de la logistique urbaine du e-commerce		Objectifs
<i>(ce que je gagne, ce que je perds en tant que...)</i>		<i>(Dans quel but...)</i>
 <p>Transporteur :</p>	Se rapprocher du client final	Accéder au foncier
		Réduire les distances parcourues/réseau
		Réduire l'impact environnemental
		Réduire les coûts
	Réputation « marque employeur » et bonnes conditions de travail	Recruter, fidéliser les collaborateurs
	Efficacité organisationnelle	Baisser les coûts
 <p>E-commerçant/ le chargeur :</p>	Conquérir des parts de marché	Satisfaire ses clients
		Accroître ses ventes
	Fidéliser ses clients	Être profitable
	Sensibiliser les clients	Réduire l'impact environnemental (délai plus long, disposition à attendre, emballage...)
		Accroître la part de transports multimodaux, déjà existants
	Produire	Baisser l'utilisation de matière
		Baisser les coûts
		Assurer la production et matières premières
	Satisfaction client	Protéger la commande du client
	Rentabilité	Réduire les flux retours de marchandises et leurs impacts financiers, environnementaux


Enjeux de la logistique urbaine du e-commerce		Objectifs
<i>(ce que je gagne, ce que je perds en tant que...)</i>		<i>(Dans quel but...)</i>
 <p>Politiques publiques:</p>	Améliorer la qualité de vie dans la ville, une ville apaisée	Meilleure utilisation de l'espace urbain Réintroduire la logistique en ville (foncier) Création d'un réseau
	Décarboner les modes de transport de marchandises et d'individus	Assurer la qualité de l'air et réduire les nuisances sonores et architecturales
	Faciliter la coopération entre les acteurs	Comportement collectif Travailler ensemble Diversité d'acteurs
	Attractivité et dynamisme du territoire	Maintenir des emplois Former Attirer des individus
	Assurer l'accessibilité pour tous en toute sécurité	Attirer des individus Aménagements répondant aux besoins actuels et futurs (stations avitaillement, formations...)
	Partager la voirie entre/avec tous les acteurs	Fluidifier les flux Réduire la congestion
	Définir un cadre juridique cohérent et évolutif	Réduire l'empreinte de la logistique (congestion)
	Résilience du réseau	Créer une gouvernance
	Assurer l'accessibilité pour tous en toute sécurité	Attirer des individus Aménagements répondant aux besoins actuels et futurs (stations avitaillement, formations...)
	Partager la voirie entre/avec tous les acteurs	Fluidifier les flux Réduire la congestion
	Définir un cadre juridique cohérent et évolutif	Réduire l'empreinte de la logistique (congestion)
	Résilience du réseau	Créer une gouvernance

Tableau 1: Enjeux de la logistique urbaine, réalisation personnelle

Cette liste n'est pas exhaustive mais sera la base du travail de recherche de solutions bio-inspirées.

En conclusion, la logistique urbaine apporte son lot d'effets sur la ville, ses acteurs économiques et ses habitants : pollution atmosphérique, sonore, congestion... et l'e-commerce y contribue fortement avec la démultiplication des colis, de l'air transportée, des produits renvoyées pour changement d'avis du client etc.

L'état de l'art présenté dans ce second chapitre permet d'aboutir à un certain nombre de constats et d'enjeux qui sont la base de ma recherche dans le vivant qui sera détaillée dans les chapitres suivants.

Dans « IL EST 5 HEURES, PARIS S'ÉVEILLE »

je retrace, le vécu des livreurs et d'un client attendant sa commande, passée en ligne. Ce récit est inspiré de mon expérience sur le terrain à suivre des livreurs dans leur tournée de livraison. Il s'agit certes d'une livraison de produits plus volumineux que de petits colis mais à travers ce court récit, j'explique les difficultés rencontrées quotidiennement par les chauffeurs-livreurs dans et autour de Paris. Congestion, absence de places de stationnement, retard cumulé au fil des courses, poids des colis à livrer et furtif contact avec le client...

« IL EST 5 HEURES, PARIS S'ÉVEILLE »

« Enfin ! le fauteuil de bureau SEAT est à nouveau en stock... ouf ! » Je me précipite sur mon téléphone pour le commander. Et comme la livraison est payante, j'en profite pour ajouter le bureau qui trouvera parfaitement sa place dans mon appartement de 35m². Depuis que mon entreprise m'accorde 3 jours de télétravail par semaine, il faut bien que je m'équipe ! « 250 euros au total..., ça va c'est raisonnable. La livraison est payante ? euh ?! D'habitude quand je commande sur Amazon c'est gratuit...pff ! ». Mais le bureau et le fauteuil que j'ai choisi me plaisent tellement, allez je les commande. Prochain créneau de livraison : vendredi dans 2 jours entre 13h-15h, parfait je serai chez moi de toute façon. Ça y est, c'est le grand jour : ma livraison doit arriver sur les coups de 13 heures [enfin je l'espère...].

Vendredi matin, deux livreurs chargent dans leur camion [qui marche au diesel], article par article, les meubles à livrer dans leur tournée de la journée. Au total, 1,2 tonnes, soit presque 150 articles, pour 15 clients au cœur de Paris. Il est 5 heures du matin au Port de Gennevilliers. Sur les quais, un froid glacial s'engouffre dans l'entrepôt. Mais pas le temps de prendre un café pour se réchauffer, il faut prendre la route avant les premiers bouchons sur l'A86 pour respecter le premier créneau de livraison de 8 heures. Le client attend sa bibliothèque, son meuble TV et son nouveau bureau... l'effet télétravail sans doute.

Mohamed et Régis sont des livreurs expérimentés et connaissent bien la Métropole du Grand Paris. Aujourd'hui, ils parcourront 40 km, certes ça peut paraître peu mais en ville les distances sont plus courtes, les arrêts plus fréquents qu'en banlieue. Encore 2 kilomètres et ils seront arrivés chez leur premier client, Mr Dutronc. Ouif, il est 8h 05, le créneau de livraison est respecté. Mohamed prévient le client par téléphone en attendant que Régis scrute les places de livraisons dans la rue. Pas de chance, elles sont toutes prises. Impossible de garer le camion de livraison ! il décide de se mettre en double-file en « warning », juste le temps de livrer... Mr Dutronc est descendu dans la rue pour accueillir les livreurs mais comme il habite au 4^{ème} étage sans ascenseur, Mohamed et Régis s'empressent de décharger les 3 articles, de les faufiler dans la cage d'escalier et de les porter dans son salon. Dans la rue, les voitures bloquées derrière le camion, s'impatientent et klaxonnent. Mohamed fait constater l'état général des colis au client. Tout est bon, il émarge le bulletin de livraison. Pas de temps à perdre, un rapide « au revoir et bonne journée » et les livreurs descendent à toute allure les escaliers. Bien entendu les automobilistes bloqués vocifèrent après les deux livreurs qui s'empressent de repartir pour leur prochaine livraison. Il est 8h30. Direction le 11^{ème} arrondissement, rue Saint Sabin. D'après le GPS, Mohamed et Régis seront chez leur deuxième client dans 40 minutes [pour 5 km...] – la place de la Bastille est bouchée ! Ils connaissent bien Paris : aux heures de pointe, à l'heure des écoles, il est difficile de circuler surtout avec un camion de livraison. Encore 2 km, et le même rituel : appel de la cliente et stationnement du camion. La rue de la destination est une voie à accès limité. Il est 9h passé et il est trop tard, la rue est fermée pour les livraisons, impossible d'accéder à l'immeuble de la cliente. Les livreurs décident donc de trouver une place de livraison dans une rue parallèle. Ils devront porter les meubles sur 150 mètres, au 5^{ème} étage [avec un petit ascenseur]. Un canapé, une table basse, un matelas, un lit bébé, une commode et plusieurs accessoires emballés dans un sac kraft... Les livreurs sont agacés car aucune information sur la restriction horaire de la rue ne leur avait été donnée. Finalement, ils vont mettre près d'une heure pour cette livraison, et en sus les verres à vin commandés par la cliente sont cassés et les poignées de sa commode manquent... Grrr ! la cliente prend soin de noter ces avaries sur le bordereau en se plaignant auprès de Mohamed, Régis, lui, prend de l'avance et redescend vers le camion. Les 2 livreurs sont en retard de 20 minutes désormais, pas le temps de souffler, les voilà repartis pour une livraison à 3 km de là. Puis ils enchainent d'autres livraisons avant d'arriver chez moi. Il est 13h45... le créneau est respecté, je suis soulagée, j'ai une visioconférence qui commence dans 15 minutes. Mohamed et Régis m'appellent pour me prévenir de leur arrivée. Au même moment je reçois une notification sur mon téléphone, ils sont à 500 m. J'apprécie cet appel, mais s'ils font cela avec tous les clients ils doivent être bien fatigués le soir en rentrant chez eux, en plus du trafic, des charges portées... Ding, dong. C'est eux. Je leur ouvre la porte d'entrée. Après un furtif « Bonjour », « 2 colis », « Très bien ! leur répondis-je ». Je m'assure que les colis sont intacts, un rapide gribouillis en guise de signature et les voilà réparti... leur journée n'est pas finie !

3. Designer un écosystème pour une logistique urbaine bio-inspirée

Entre la plate-forme logistique, qui prépare la commande, et le client, il y a **la ville** : « un milieu physique et humain où se concentre une population qui organise son espace en fonction du site et de son environnement, en fonction de ses besoins et de ses activités propres et aussi de contingences notamment socio-politiques³⁴. »

C'est un milieu complexe qui peut être comparé à un écosystème. C'est pourquoi, j'ai souhaité explorer l'espace urbain et ses enjeux comme un écosystème dans lequel la logistique opère. C'est pour changer de regard que j'ai créé un parallèle entre la ville, la logistique urbaine et le vivant, qui, lui, tous les jours acheminent, déplacent des flux de matières.

3.1. L'espace urbain, un écosystème en mutation

La ville est un milieu dense avec une forte densité de population (21.064 habitants/km² à Paris), dans lequel se concentrent les activités humaines. C'est pourquoi la ville, au-delà de ses limites physiques, peut être considéré comme un **écosystème** c'est-à-dire « un ensemble formé par une communauté d'êtres vivants en interaction (biocénose) avec son environnement (biotope). Les composants de l'écosystème développent un dense réseau de dépendances, d'échanges d'énergie, d'information et de matière permettant le maintien et le développement de la vie » (Wikipédia).

L'image de la ville a subi des évolutions importantes ces 30 dernières années : elle est passée d'une représentation positive à une symbolique négative. La ville est confrontée à de **multiples enjeux**.

Aujourd'hui, plus de 50% de la population mondiale habite dans une ville, en France, c'est 80 % de la population (90 % à l'horizon 2050³⁵). Cela signifie qu'il y a plus de citadins que de campagnards en France !

Pour la Métropole du Grand Paris, la population dépasse les **7 millions habitants** en 2019³⁶, une personne sur six vit dans l'unité urbaine de Paris et une sur quatre dans une unité urbaine de plus de 200 000 habitants (hors celle de Paris, en Ile-de-France)³⁷.

Mais comment expliquer une telle attractivité pour le milieu urbain parisien ?

Ainsi, en parcourant l'histoire de la Paris, j'ai pu constater que, de tout temps, elle a attiré des populations, tel un aimant. Depuis le haut Moyen-Âge, Paris s'est construit autour de la Seine (Figure 39). La Seine est la veine de la ville et la mère nourricière de ses habitants : elle nourrit en poisson, abreuve le bétail, fait prospérer l'agriculture, amène les marchandises et les richesses et est source de revenu grâce aux taxes perçues.

Cette attractivité se traduisait par l'accroissement de la population et engendraient des flux de marchandises plus importants qui empruntaient principalement le fleuve pour approvisionner Paris : bois, fruits, légumes, céréales...

³⁴ Wikipédia, « Ville », in *Wikipédia*, 31 mai 2022, <https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Ville&oldid=194138282>.

³⁵ Sénat, « Villes du futur, futur des villes : quel avenir pour les villes du monde ? », consulté le 28 avril 2022, <http://www.senat.fr/rap/r10-594-1/r10-594-14.html>.

³⁶ APUR, « Note n°207 - 2 165 423 habitants à Paris au 1er janvier 2019 », janvier 2022, 8.

³⁷ « Toujours plus d'habitants dans les unités urbaines - Insee Focus - 210 », consulté le 26 avril 2022, <https://www.insee.fr/fr/statistiques/4806684>.

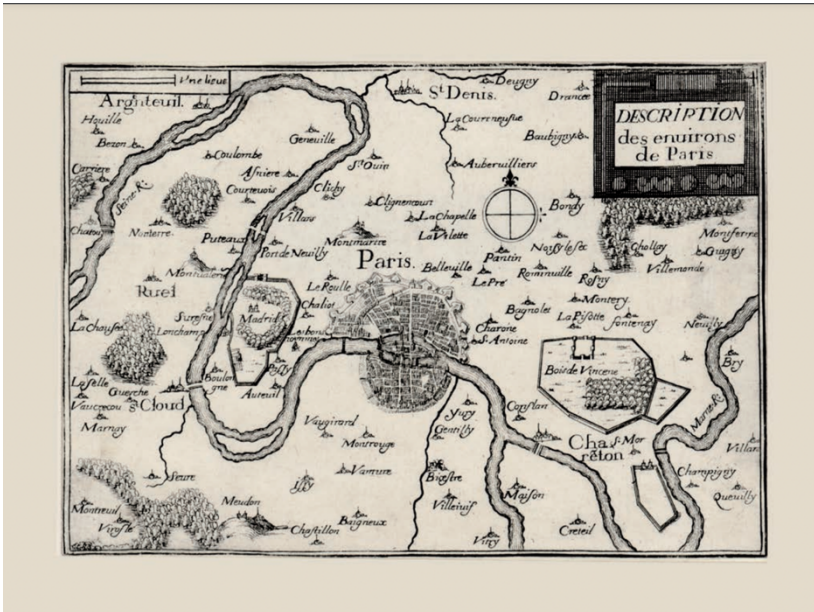


Figure 39: Carte de Paris, Frans Hogenberg, 1590

Au cœur de la capitale se trouvait la source d’approvisionnement alimentaire principale de Paris et de ses environs : les Halles. C’est ainsi qu’Émile Zola leur consacre un roman, *Le Ventre de Paris*, dans lequel il décrit avec force la débauche d’odeurs, de couleurs et de bruits divers de ces halles, tel un témoignage de l’activité intense, des embouteillages incroyables dont la capitale était déjà « victime ».

Au fil des siècles, outre la fonction d’approvisionnement, la Métropole du Grand Paris regroupe désormais de multiples autres fonctions « urbaines » comme se loger, travailler, commercer, produire, se former, se divertir, se cultiver, se détendre, faire du sport, se soigner, pratiquer une religion, administrer, se déplacer, se nourrir, se protéger... attirant ainsi massivement des provinciaux en Ile-de-France (Figure 40).

Ce phénomène d’urbanisation explique Pierre Vermeren³⁸ s’accompagne d’un phénomène de concentration de la production de richesses dans de très grandes agglomérations et à l’éviction des classes moyennes et populaires des centres urbains : c’est ce qu’il appelle le phénomène de **métropolisation**. Il la décrit comme le “fruit, en France comme aux États-Unis et en Angleterre, de la désindustrialisation et de l’abandon de l’économie productive”, qui conduit à la séparation des hommes selon leur fonction dans la création de richesses et de celle des milieux sociaux, qui vivaient auparavant côte-à-côte.

En un mot, dans les plus grandes villes de France comme Paris, la richesse est produite par des cadres supérieurs, des populations “nomades” à savoir étudiants, touristes, expatriés. A contrario, les classes moyennes et populaires sont assignées à la “France périphérique”, en banlieue, ce qui conduit, selon Vermeren, à des crises sociales majeures (Gilets jaunes...). Cette métropolisation s’accompagne également par des dégâts écologiques. Dans les métropoles, où le béton est roi, les infrastructures sont démultipliées pour satisfaire les urbains et assurer le fonctionnement et l’approvisionnement de la métropole. Ainsi, il explique que la métropolisation est une impasse et qu’il est temps d’avoir une vision « plus équilibrée de l’aménagement du territoire ».

³⁸ Pierre Vermeren, *L’impasse de la métropolisation*, Gallimard, 2021, <https://fr.fr1lib.org/book/16991127/d36b2d>.

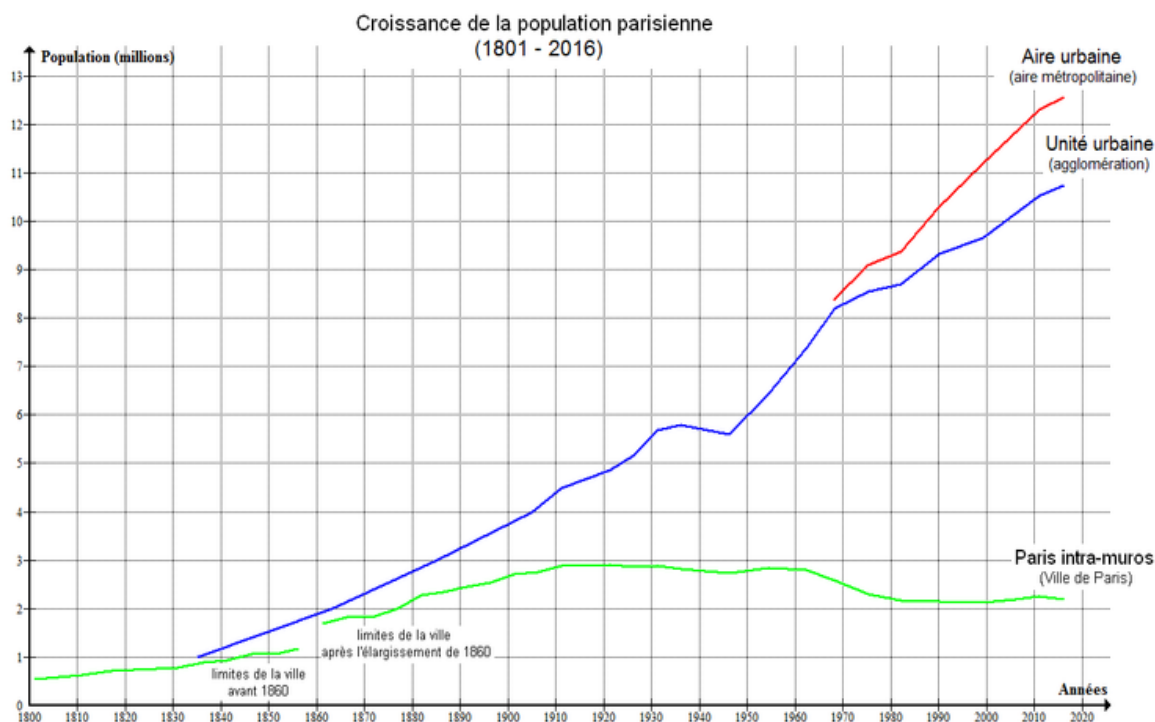


Figure 40: Évolution de la population parisienne comparée intra-muros, agglomération et aire urbaine depuis 1800, INSEE

Aujourd'hui, même si le **phénomène d'urbanisation** observé au début du XX^{ème} siècle a tendance à ralentir dans Paris intra-muros et s'accroît à un rythme légèrement plus faible (+0,3%/an) sur le territoire de MGP depuis quelques années, les flux de marchandises arrivent dans l'espace urbain, qui n'est pas toujours calibré pour recevoir ces flux qui s'intensifient tant d'un point de vue spatial que d'un point de vue temporel. L'approvisionnement des centres urbains est spatialement éclaté et temporairement contraint par des livraisons sur des créneaux horaires précis et respectés (émergence des offres de livraison rapides voire ultra rapides, quick commerce...).

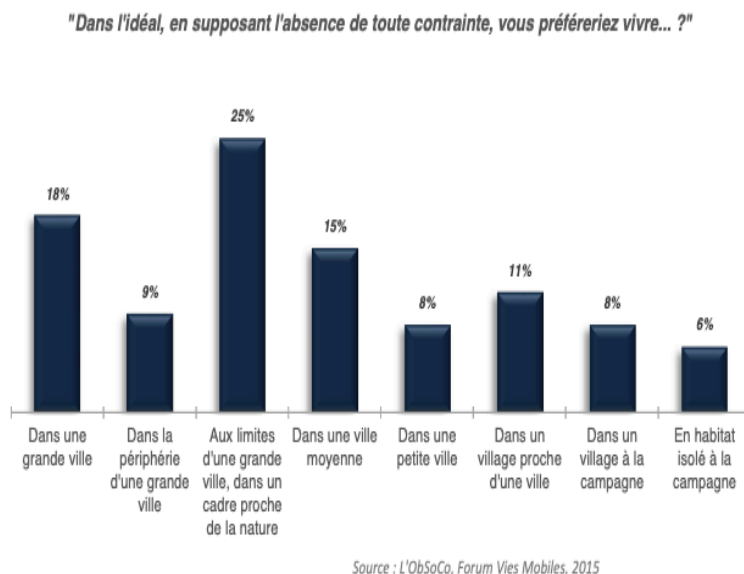
Jean-Michel Genestier³⁹, conseiller délégué à la logistique métropolitaine du Grand Paris explique que « le manque d'anticipation des changements de mode de consommation est la principale explication de nos difficultés ». La ville « historique » n'a pas anticipé les évolutions logistiques et le fret du XXI^{ème} siècle... L'essor des livraisons entraîne ainsi des changements structurels importants qui nécessitent de placer la logistique au cœur des villes.

C'est pourquoi la MGP est face à un défi tels que **l'adaptation des infrastructures** de transport, de logement, de culture aux besoins actuels et futurs des usagers mais aussi de préserver **la qualité de vie des habitants** pour éviter les « migrations urbaines ». En effet, 17% des habitants de la MGP⁴⁰ avaient quitté leurs appartements étroits pendant les confinements successifs de la crise COVID. Ces départs urbains montrent bien un certain malaise qui risque de s'accroître avec le réchauffement climatique et l'augmentation des températures dans les centres urbains.

³⁹ urbaparis, *Logistique urbaine - Grand Paris*, 2019, <https://www.youtube.com/watch?v=MCHHIAqcE88>.

⁴⁰ « Paris va-t-il vraiment se vider de ses habitants ? », www.rtl.fr, consulté le 30 mai 2022, <https://www.rtl.fr/actu/debats-societe/paris-va-t-il-vraiment-se-vider-de-ses-habitants-7900042065>.

L'étude Descarrega & Moati⁴¹, montre que vivre dans une grande ville est loin de faire l'unanimité (Figure 41). Seuls 18% désignent la grande ville comme un lieu de vie idéal. 9% évoquent la périphérie d'une grande ville et 25% les limites d'une grande ville, dans un cadre proche de la nature. Les jeunes sont les plus nombreux à désigner la grande ville comme le lieu de vie idéal. Cet attrait pour la grande ville diminue progressivement avec l'âge jusqu'à 45 ans où il se stabilise et remonte même légèrement après 65 ans.



Enfin, Michel Le Van Quen⁴² dans son livre « Cerveau et Nature » explique que « le confinement a aiguisé notre conscience de ce qui compte le plus à nos yeux et aussi d'un tas de petits riens que nous jugions, à tort, dénués d'importance », comme la Nature.

Figure 41: Etude Descarrega & Moati, 2015

Face à ce constat, d'une population urbaine croissante, d'un développement du e-commerce impliquant des nouveaux aménagements urbains dans une métropole comme celle du Grand Paris, et d'un certain mal-être des habitants, je m'interroge sur comment le vivant pourrait inspirer des écosystèmes urbains pour les rendre plus durables, pour une *ville apaisée*.

3.2. La bio-inspiration pour designer un écosystème urbain vivant

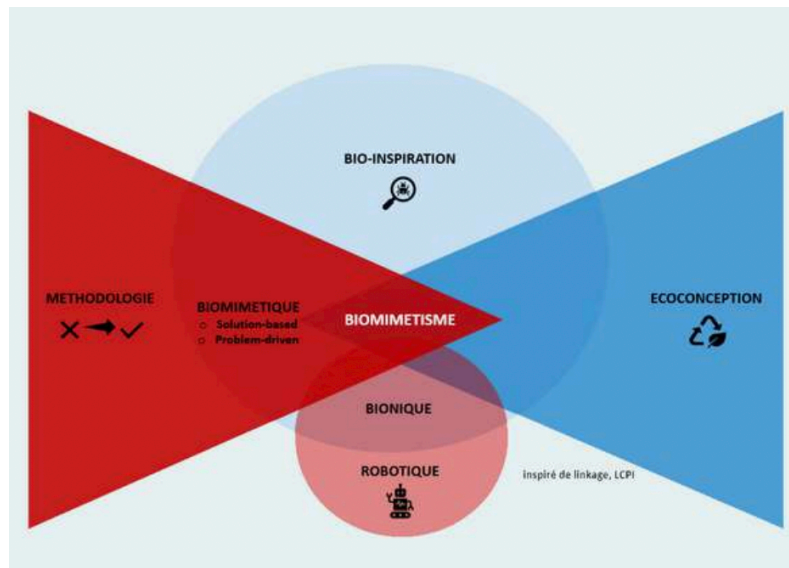
Comme dans nos villes chaque jour, le vivant assure la mobilité de milliards d'espèces, transporte, collecte, mutualise des flux de matière, communique et collabore dans des environnements sous contraintes. Depuis 3,8 milliards d'années, le vivant développe des stratégies d'adaptation, de Recherche & Développement par essais-erreur. Les biologistes de tous horizons mettent en lumière la capacité des êtres vivants à minimiser les distances à vide, à emprunter les chemins les plus optimaux, à perfectionner des systèmes de rangement, à organiser l'espace et à économiser leur énergie... toutes ces fonctions qui résonnent également en logistique urbaine. S'inspirer du vivant pour en transposer les principes et les processus éprouvés en matière d'ingénierie humaine, dans le cadre d'un développement durable en meilleure harmonie avec l'environnement et soutenable sur le long terme, s'appelle **le biomimétisme**.

Le biomimétisme (du grec bio signifiant *vie* et mimesis, imitation) est défini par l'Organisation internationale de normalisation (ISO TC 266-ISO 18458, Figure 42) comme une « philosophie et approches conceptuelles interdisciplinaires prenant pour modèle la nature afin de relever les défis du développement durable (social,

⁴¹ Descarrega B. et Moati P, « Modes de vie et mobilité – Une approche par les aspirations. Phase quantitative Rapport de recherches du Forum Vie Mobiles. », 2016, <https://docplayer.fr/213676210-Modes-de-vie-et-mobilite.html>.

⁴² Michel Le Van Quyen, *Cerveau et Nature, Pourquoi nous avons besoin de la beauté du monde*, Flammarion, 2022.

environnemental et économique) ». Ainsi plutôt que d'être considérée comme une ressource, le vivant devient à la fois **un modèle et un mentor**.



Définition retenue par l'écosystème (ISO NF 18458)

BIO-INSPIRATION : Approche **créative** basée sur l'**observation** des systèmes biologiques.

BIOMIMÉTIQUE : Coopération **interdisciplinaire** de la biologie et de la technologie ou d'autres domaines d'innovation dans le but de résoudre des **problèmes pratiques** par le biais de l'analyse fonctionnelle des systèmes biologiques, de leur abstraction en modèles et du transfert et de l'application de ces modèles à la solution.

BIOMIMÉTISME : **Philosophie** constituée d'approches conceptuelles interdisciplinaires prenant pour modèle la nature afin de relever les **défis de développement durable** (social, environnemental et économique). (1)

Figure 42: Schéma expliquant la sémantique autour du biomimétisme, normes ISO, Myceco, 2021

Janine Benyus⁴³, scientifique américaine, est connue pour ses travaux sur le biomimétisme. Dans son livre « *Biomimicry : Innovation Inspired by Nature* », elle développe la théorie selon laquelle les êtres humains devraient répliquer le « *génie de la nature* » dans la conception des objets et des systèmes, et ce de façon durable.

Gauthier Chapelle⁴⁴, ingénieur agronome et docteur en biologie français et élève de Janine Benyus au début des années 2000, donne des exemples dans son livre « *Le vivant comme modèle, pour un biomimétisme radical* » (Albin Michel). « Dans sa recherche de durabilité, le biomimétisme, façon *biomimicry*, classe les innovations inspirées du vivant en 3 niveaux : celles qui relèvent de la forme, celles qui relèvent des matériaux et des procédés, et enfin le *biomimétisme écosystémique* », écrit-il.

⁴³ Benyus, Janine, *Biomimétisme: Quand la nature inspire des innovations durables*, Rue de l'Echiquier, 2002.

⁴⁴ Gautier Chapelle et Michèle Decoust, *Le Vivant comme modèle: Pour un biomimétisme radical*, Albin Michel, 2015.

En effet, l'approche biomimétique peut tirer son inspiration des modèles biologiques à de multiples échelles (depuis les microorganismes jusqu'aux écosystèmes) et distingue ces 3 niveaux, en fonction de ce qui est imité dans le vivant :

- *Copier les formes et structures* pour concevoir des produits alliant esthétique, élégance, efficacité, fonctionnalité... c'est le niveau le plus connu mais aussi le moins efficace pour ce qui est de la recherche de la durabilité. Gauthier Chapelle parle ainsi de « gains marginaux en durabilité » (Figure 43)

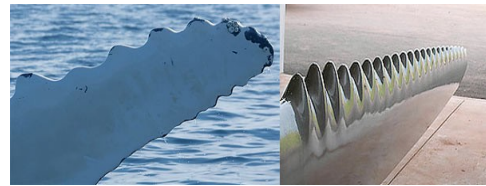


Figure 43: les pales d'éoliennes de WhalePower, inspirées de nageoires de la baleine à bosse

- *Comprendre et imiter les matériaux et procédés naturels :* faire les choses comme le ferait la nature : production douce, zéro déchet, chimie verte⁴⁵. C'est un niveau plus complexe à comprendre et transposer. Pour Gauthier Chapelle, il s'agit « d'un des domaines d'évolutions les plus prometteurs pour les prochaines décennies » (Figure 44).



Figure 44: Des plantes pour la chimie verte, *Nature = Futur*

- *S'inspirer du fonctionnement des écosystèmes :* créer des systèmes en équilibre dynamique. C'est le niveau le plus complexe qui permet des applications plus organisationnelles et systémiques. Pour y parvenir, le fonctionnement du vivant est souvent analysé selon les « 16 principes du vivant » de MB Hoagland et B. Dodson (repris par J. Benyus). Pour Gauthier Chapelle, ils sont « à la fois un code de conduite des êtres vivants, un outil de diagnostic puissant par rapport à la durabilité de toute innovation et une inépuisable source de créativité » (Figure 45).

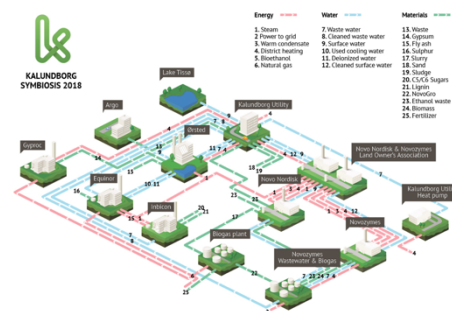


Figure 45: Kalundborg Symbiosis au Danemark, un cas de symbiose industrielle du traitement des déchets

C'est en découvrant cette approche lors de mon Master Nature inspired design à l'ENSCI-les Ateliers que j'ai souhaité faire le parallèle entre la logistique urbaine, la ville dans laquelle elle opère et ce *biomimétisme écosystémique*. Une ville peut être comparée à un **écosystème** vivant tel qu'une forêt ou un récif corallien dans lequel différentes espèces interagissent, échangent des flux de matières, d'énergie, d'informations. Les écosystèmes sont composés de plusieurs espèces dont les interactions diverses (symbiose, mutualisme, compétition...) engendrent les *services écosystémiques* qui leur permettent de se régénérer, de maintenir les conditions favorables à la vie.

⁴⁵ Nature=Futur ! La chaîne de la bio-inspiration, *Des plantes pour la chimie verte*, 2019, <https://www.youtube.com/watch?v=N9rVSa4nX7o>.

Le concept de **services écosystémiques** (Figure 46) est né dans les années 2000 et renvoie à la valeur (monétaire ou non) des écosystèmes, voire du vivant en général, puisque le vivant fournit à l'humanité des biens et services nécessaires à son bien-être et à son développement.

Ils sont classés en 4 catégories :

- Services **de support** ou **de soutien** : Ce sont les services nécessaires à la production des autres services, c'est-à-dire qui créent les conditions de base au développement de la vie sur Terre (Formation des sols, production primaire, air respirable, etc). Leurs effets sont indirects ou apparaissent sur le long terme.
- Services **d'approvisionnement** ou **de production** : Ce sont les services correspondant aux produits, potentiellement commercialisables, obtenus à partir des écosystèmes (Nourriture, Eau potable, Fibres, Combustible, Produits biochimiques et pharmaceutiques, etc).
- Services **de régulation** : Ce sont les services permettant de modérer ou réguler les phénomènes naturels (Régulation du climat, de l'érosion, des parasites, etc).
- Services **culturels** : Ce sont les bénéfices non-matériels que l'humanité peut tirer des écosystèmes, à travers un enrichissement spirituel ou le développement cognitif des peuples (Patrimoine, esthétique, éducation, religion, etc).

Prenons l'exemple de la pollinisation par les insectes pollinisateurs, un service essentiel pour notre alimentation ; si l'homme devait réaliser ce « service » par lui-même, le coût s'élèverait « entre 2 et 5 milliards d'euros par an en France »⁴⁶. Le WWF a quant à lui calculé que le coût économique du déclin de la biodiversité dans 140 pays s'élèverait à 479 milliards de dollars d'ici 2050⁴⁷.

Sans ces services, la production agricole et industrielle ne serait tout simplement pas possible mais avec le changement climatique, la perte de la biodiversité, ces services interdépendants sont



Figure 46: Services écosystémiques adaptés du Millenium Ecosystem Assessment de 2005, WWF

⁴⁶ Le Monde, « Le service rendu par les pollinisateurs évalué entre 2 et 5 milliards d'euros par an en France », *Le Monde.fr*, 24 novembre 2016, https://www.lemonde.fr/planete/article/2016/11/24/le-service-rendu-par-les-pollinisateurs-evalue-entre-2-et-5-milliards-d-euros-par-an-en-france_5037563_3244.html.

⁴⁷ « Un nouveau rapport du WWF révèle que le déclin de la nature coûterait près de 500 milliards de dollars par an d'ici 2050 | WWF France », consulté le 8 juin 2022,

fragilisés et un certain déséquilibre s'opère au sein des écosystèmes.

C'est le constat fait par France Stratégies⁴⁸ dans son rapport « *Pour un développement durable du commerce en ligne* » en février 2021. L'artificialisation des sols avec l'installation de gigantesques plateformes logistiques destinées au commerce en ligne « conduisent à des effets environnementaux locaux majeurs » : destruction de la biodiversité microbienne, destruction des écosystèmes locaux, déstockage de carbone lors du décapage superficiel des sols, riches en matière organique, aggravations des phénomènes de ruissellement etc.

Comme l'expliquent Fabrice Bonnifet et Céline Puff-Ardichvili dans « *L'entreprise contributive* », ces coûts exorbitants sont situés dans des espaces temps différents, aujourd'hui versus dans 30 ou 50 ans, mais la victime est « *une seule et même personne : le citoyen* ». Or l'humain a toujours cherché à contrôler le vivant et « *cet horizon est notre malédiction* » (Alain Damasio, Les Furtifs, 2019).

Emmanuel Delannoy explique d'ailleurs, lors de notre entretien, que « *l'être humain ne vit pas à côté du vivant, il fait partie de l'écosystème et est en interaction permanente avec lui* ». En effet, l'homme n'est ni maître, ni possesseur du vivant mais ses impacts sont responsables « sans équivoque » du réchauffement climatique, qui provoque "des changements rapides dans l'atmosphère, les océans, la cryosphère et la biosphère » (rapport du GIEC ⁴⁹ août 2021). Comme le montre le graphique des 17 objectifs de développement durable définis par les Nations Unies (Figure 47), tous sont interconnectés entre eux et s'imbriquent dans la biosphère.

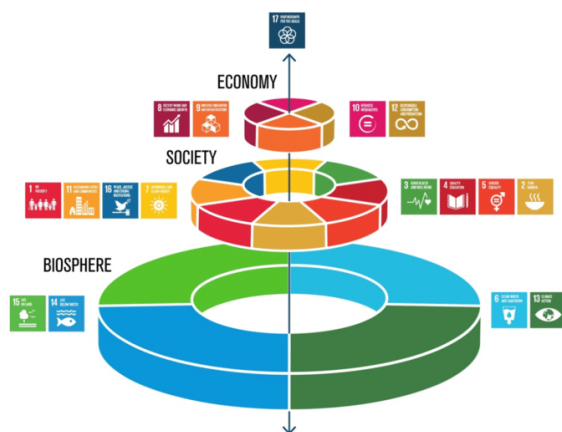


Figure 47: Objectifs de développement durable, ONU

Pour conclure, la ville est un écosystème comparable à ceux existants dans le vivant qui fait face à de nombreux enjeux et dans lequel des flux de matière, d'énergie et d'informations sont échangés, transportés tous les jours. Ce constat invite à utiliser la bio-inspiration comme une approche systémique et holistique et définir de nouveaux imaginaires. L'intérêt principal de cette recherche est d'explorer le vivant en lien avec les enjeux de la logistique urbaine dans le but de trouver des idées et solutions bio-inspirées, à des échelles différentes, qui pourraient désigner ainsi un nouvel écosystème inspiré du vivant.

<https://www.wwf.fr/vous-informer/actualites/un-nouveau-rapport-du-wwf-revele-que-le-declin-de-la-nature-couterait-pres-de-500-milliards-de>.

⁴⁸ Bon-Maury, Fosse, et Guérin, « Pour un développement durable du commerce en ligne France Stratégies ».

⁴⁹ Groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat

4. Problématique et hypothèses

Lors de ma carrière professionnelle, j'ai géré des projets en lien avec la logistique de distribution. La logistique urbaine est un secteur qui m'est moins familier mais qui m'intéresse beaucoup, par sa complexité, son importance pour l'espace urbain et pour le cadre de vie de ses acteurs. C'est ainsi que j'ai débuté ma réflexion autour de ce mémoire par une recherche étymologique des mots-clefs du secteur de la logistique dans le *Dictionnaire Historique de la Langue Française* d'Alain Rey⁵⁰ (Annexe 11.1). Le sens premier du mot « logistique » est un terme initialement utilisé dans le domaine militaire, et qui s'applique dans le domaine de l'industrie depuis la Révolution industrielle et l'avènement du « lean » et de la production efficace. En poursuivant mes investigations, j'ai également découvert une relation entre les mots *logistique*, *organisation* et *organe*... ce qui m'a amené à m'interroger sur une organisation d'inspiration *organique* versus une organisation d'inspiration *mécanique* de la logistique urbaine... en clair, un changement de paradigme de s'interroger sur les parallèles possibles entre humain et non humain en matière de gestion des flux.

Avec une population urbaine grandissante, un développement croissant du e-commerce, une raréfaction des ressources spatiales, énergétiques et humaines, la logistique urbaine est sous tension. Elle est à l'intersection de multiples enjeux : économiques, environnementaux et sociaux. Pour concilier les intérêts multiples et l'ensemble des contraintes d'efficacité et d'optimisation de la logistique urbaine, il s'agit de comprendre dans ce mémoire *dans quelles mesures le vivant peut inspirer des solutions de logistique urbaine ?* afin de créer un écosystème durable, résilient, dans lequel les fonctions permettent un certain équilibre et la réduction des externalités négatives... pour une *ville apaisée*.

Ainsi ma problématique est la suivante :

Comment créer une logistique urbaine, inspirée du vivant, pour la rendre innovante et durable ?

L'innovation peut être considérée comme organisationnelle, low tech, d'une part, et technologique, d'autre part, mais devra tenir compte de la durabilité de la solution.

Par durabilité, j'entends pérennité des ressources, compatible avec les besoins des générations futures, « la pérennité de la Terre, ce vaste ensemble qui nous garde vivants, nous tous, humains et autres espèces, depuis si longtemps » (Gauthier Chapelle).

C'est ainsi, que je me suis posée un certain nombre de questions :

- *Comment la logistique urbaine peut-elle être économe en énergie et optimisée ses capacités comme le fait le vivant ?*
- *Comment le vivant transporte-t-il des flux de matières durablement ?*
- *Quelle organisation met-il en place ?*
- *Comment le vivant stocke ? mutualise ?*
- *Comment le vivant régule la vitesse ? gère le temps ?*
- *Comment le vivant traite les « déchets » ?*
- *Comment le vivant crée des écosystèmes résilients ?*
- *Comment se font les échanges d'informations dans le vivant ? Communication ? système d'alertes ?*
- *Quels comportements utilisent le vivant pour économiser de l'énergie, des ressources... ?*
- *Comment le vivant adopte des changements de comportement ?*

⁵⁰ Alain Rey, *Dictionnaire Historique de la Langue Française*, Le Robert, 2011.

Suite à l'état de l'art et la définition de la problématique, j'ai émis les hypothèses suivantes :

Hypothèse 1 : « Au fil de l'eau... »

Si l'e-commerce continue de progresser de +10% par an dans les années à venir, si la population urbaine continue de croître, si les contraintes réglementaires continuent à se renforcer, alors les flux de marchandises et toute la logistique urbaine sera encore plus sous pression. La demande de livraison sera croissante et les effets qu'elle a sur la ville et la logistique également. Augmentation du nombre de véhicules dans l'espace urbain, donc d'embouteillages, cohabitation difficile entre tous les usagers de la voirie, concentration des activités de livraisons et d'enlèvement sur certaines tranches horaires...

Lors du World Economic Forum en 2020, cette demande de livraison de commerce électronique a été évaluée à « 36 % de véhicules de livraison supplémentaires dans les centres-villes d'ici 2030, entraînant une augmentation des émissions et des embouteillages sans intervention efficace. Sans intervention efficace, les émissions urbaines du dernier kilomètre et les embouteillages sont en passe d'augmenter de plus de 30 % dans les 100 premières villes du monde. »

Hypothèse 2 : « La ville raisonnée »

Le second scénario imaginé est celui de la ville raisonnée : une ville dans laquelle le vivant a repris une place importante, où les habitants bénéficient de la bonne qualité du cadre de vie, ceci se traduisant par un air de qualité, une économie locale, une fluidité du trafic des individus et des marchandises... Ainsi en prenant l'exemple de la voirie, la route et le trottoir, j'ai imaginé cette ville avec des innovations urbaines bio-inspirées

Hypothèse 3 : « La ville technologique »

Le dernier scénario est plus technologique. La ville serait ultra-connectée, pilotée par la data omniprésente : capteurs, caméras collecteraient des données pour une meilleure planification des ressources humaines, spatiales et énergétiques. Cette ville serait un « showroom », tous les achats se feraient en ligne avec un service de livraison dans des points de retrait automatisés, ou à domicile par des véhicules autonomes circulant sur la voirie. Les modes de transport d'individus et de marchandises seraient décarbonés, les espaces urbains rentabilisés au maximum

5. Méthodologie

5.1. L'approche design et biomimétique

Pour effectuer ce travail de recherche autour de la logistique urbaine inspirée du vivant, j'ai mis en pratique la méthodologie design et biomimétique, enseignée lors du Master Nature Inspired design à l'ENSCI-les Ateliers.

Le **processus biomimétique** décrit dans la thèse de Pierre-Emmanuel Fayemi⁵¹ intitulée « *Innovation par la conception bio-inspirée : proposition d'un modèle structurant les méthodes biomimétiques et formalisation d'un outil de transfert de connaissances* », se base sur le modèle de processus biomimétique problem-driven unifié (Figure 48). Le processus itératif se subdivise en 2 phases : la première se concentre sur le problème et la transition de la technologie à la biologie (étapes 1 à 4) et la seconde sur la solution et la transition de la biologie vers la technologie (étapes 5 à 8). Ce modèle m'a permis de définir des étapes dans ma réflexion et mon exploration sur un sujet complexe comme la logistique urbaine. C'est ainsi que j'ai pu m'en servir comme d'un guide pour plusieurs des étapes décrites ci-dessous (de 1 à 6 en particulier).

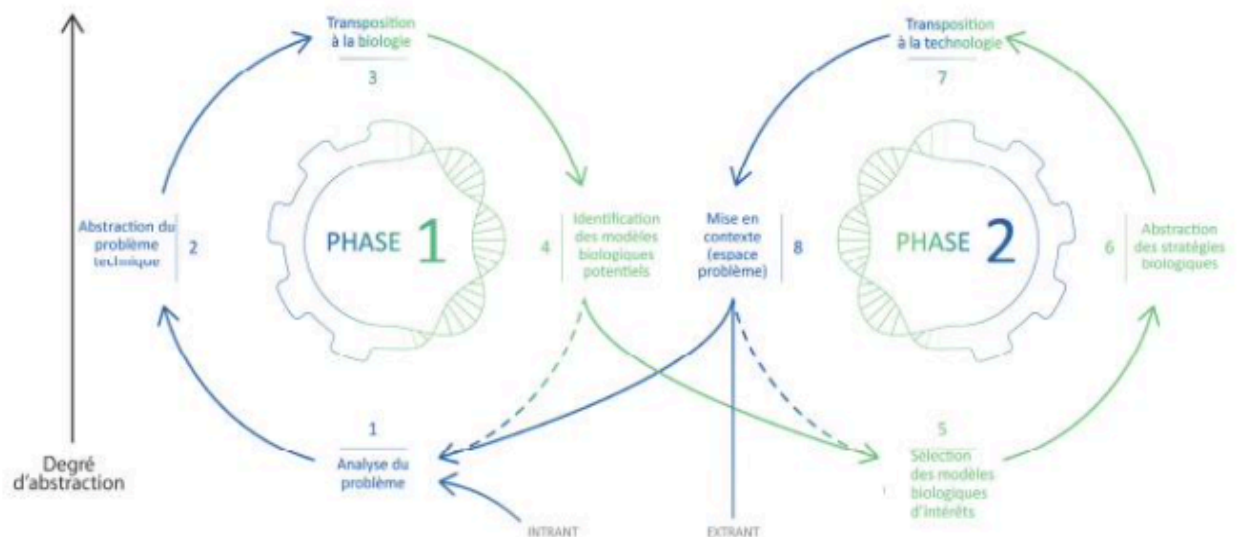


Figure 48: Modèle de processus biomimétique problem-driven unifié, Thèse Pierre-Emmanuel Fayemi, 2017

Il existe 2 approches théoriques de la biomimétique d'après Fayemi et Anneline Letard, qui se différencient par leur point de départ (Figure 49) :

- soit *solution based* :
décrire le processus de développement biomimétique au sein duquel la connaissance d'un système biologique est le point de départ de la conception
- soit *problem driven* :
chercher à résoudre un problème d'ordre pratique avec comme point de départ un problème identifié, ce qui est le cas de ce mémoire.

⁵¹ Pierre-Emmanuel Fayemi, « Innovation par la conception bio-inspirée : proposition d'un modèle structurant les méthodes biomimétiques et formalisation d'un outil de transfert de connaissances » (s. d.), <https://www.theses.fr/2016ENAM0062>.

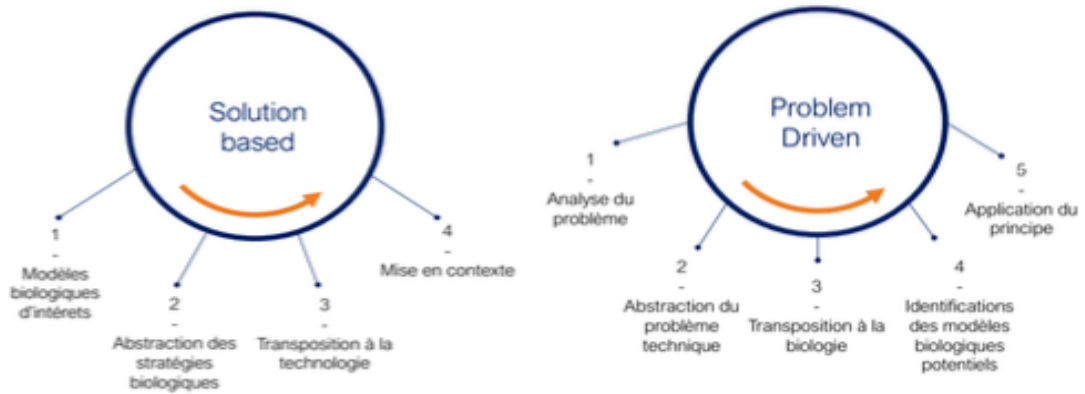


Figure 49: Processus biomimétiques de résolution de problème, Anneline Letard

L'approche design complète l'approche biomimétique précédemment. Elle sert de base à une démarche biomimétique en design, en considérant le vivant comme une partie prenante intégrant le processus de conception. De cette façon, l'approche biomimétique est intégrée aux phases de définition, d'idéation et de test. Je me suis inspirée des 2 premières étapes pour effectuer le travail de recherche de ce mémoire.

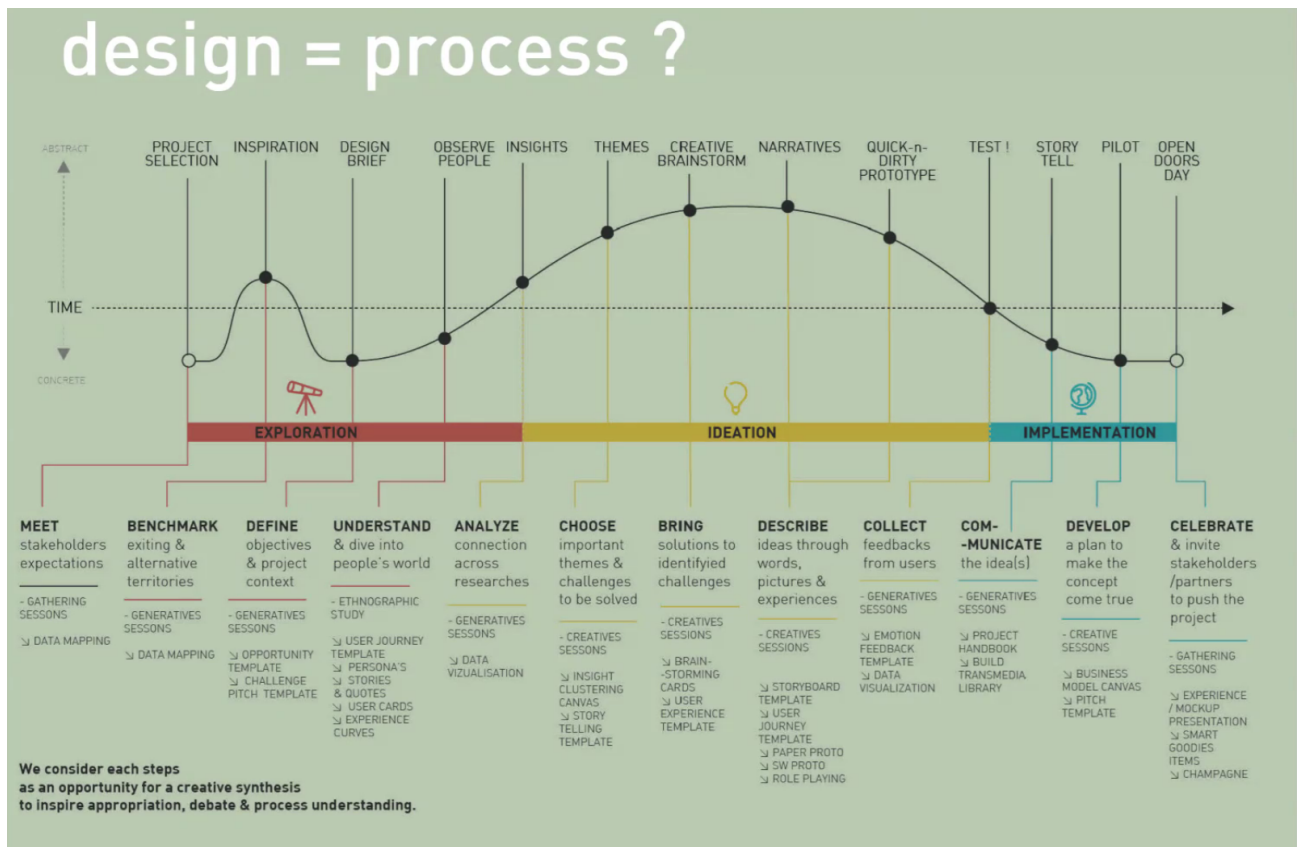


Figure 50: Design process, Simon d'Henin, 2021

5.2. L'approche systémique

La logistique urbaine étant complexe, j'ai utilisé **l'approche systémique** (Ludwig von Bertalanffy, *General System Theory*, 1937) qui est une méthode d'analyse, d'appréhension de la complexité non linéaire. Il s'agit de comprendre le système dans sa totalité : les parties prenantes, les interactions etc. afin d'identifier les logiques de complémentarité des éléments du système et de pouvoir identifier des pistes de solutions.

Le système se décompose en 3 échelles : le système, le sous-système et le super système, classification qui sera utilisée pour structurer les solutions bio-inspirées (Figure 51 et Figure 52).



Figure 51: Méthode de l'iceberg, réalisation personnelle

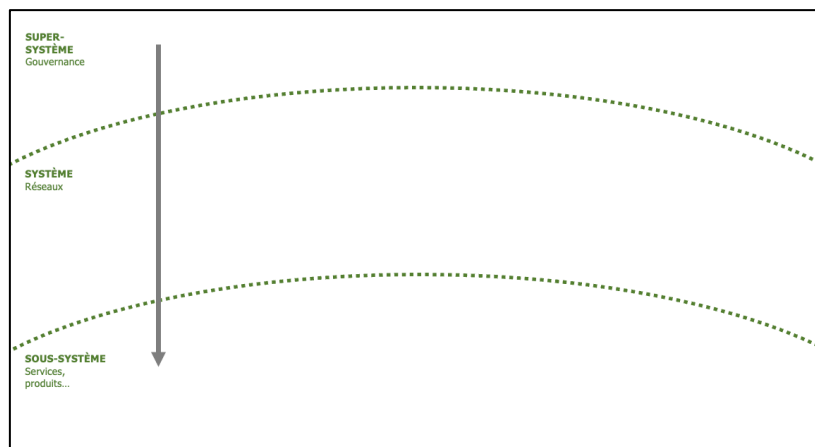


Figure 52: Schéma de classement des systèmes, réalisation personnelle

5.3. La collecte des données qualitatives et quantitatives

Les interviews ont été menées en 2 phases. La première afin de faire l'état de l'art le plus exhaustif possible sur la *logistique urbaine et du e-commerce* aujourd'hui et ses enjeux. C'est ainsi que j'ai interviewé :

Acteurs de la logistique urbaine et e-commerce :

- Jérôme Libeskind, expert e-commerce et logistique urbaine, Fondateur de Logicités
- Elsa Le Vann, économiste des transports, Fondatrice ELV Mobilités
- Fabien Nonnez, Global Business development Leader Supply Chain chez IKEA
- Mario Martins, Supply Chain Manager CPM
- Ahmed Chaieb, CEO et Fondateur Box2Home

Designers et « Permaéconomiste » :

- Emmanuel Delannoy, Consultant, Formateur en permaéconomie, Co-directeur Cultures Permanentes
- Matthew Marino, designer de service, Fondateur User Studio
- Alix Ternynck, Responsable Innovation chez Intermarché

Lors de mes fouilles biologiques, j'ai exploré en particulier *les abeilles, les fourmis et les récifs, la forêt*. C'est ainsi que j'ai contacté :

Biologistes et conférencier :

- Nicolas César, Maître de conférences en ethnoentomologie
- Jérôme Fournier, spécialiste des espèces ingénieuses marines, CNRS
- Thomas Ruys, spécialiste du castor, CNRS
- Pierre Gérard, sylvomimétisme

Synthèse des entretiens avec les acteurs de la logistique urbaine et du e-commerce :

Les acteurs et spécialistes de la logistique urbaine interrogés ont tous confirmés les **difficultés à opérer des livraisons** en milieu urbain (trafic, réglementations etc.) avec un volume de commandes en forte augmentation (e-commerce) d'une part et d'autre part, un marché du transport qui se tend. Certains transporteurs, avec l'augmentation du prix du carburant et la guerre ukrainienne, font le choix de privilégier le fret (longue distance) à la logistique urbaine, plus couteuse et plus complexe.

Les transporteurs et chargeurs interrogés travaillent activement à des **solutions de livraisons décarbonées**. IKEA par exemple livre Paris avec des véhicules électriques, livre à vélo depuis l'ouverture du magasin de La Madeleine d'abord avec Olvo puis avec Carton Plein. D'autres projets sont en cours comme une plate-forme multi-acteurs/retailers à Zurich en partenariat avec l'Université. Le challenge de la logistique urbaine pour les chargeurs et les transporteurs, c'est le **foncier** ! Fabien Nonnez expliquait pour le projet de Zurich, c'est compliqué de trouver un consortium et donc une collaboration public-privé est absolument vital pour ce type de projet. Mais avec des temporalités longues...

IKEA, tout comme CPM (grossistes, import-export) réfléchissent à **l'internalisation de la prestation de transport**, car le marché est très tendu par manque de chauffeurs, de véhicules, de demandes croissantes en transport. Par ailleurs, la data est une variable très importante pour l'organisation et l'optimisation des tournées. CPM souhaite une meilleure qualité des données en particulier sur le dernier kilomètre mais la multitude de transporteurs, le faible investissement dans les outils de tracking rend cela difficile pour le moment. Cette situation s'aggrave lorsqu'il s'agit de transporteurs autoentrepreneurs qui utilisent des **plateformes collaboratives** pour réaliser la prestation. Le monde du transport sur le dernier kilomètre fait appel à de la sous-traitance (en moyenne +30% des effectifs chez IKEA). Elsa Le Vann précisait que les métiers de la LU, qui prennent des risques quotidiennement n'étaient pas valorisés (absence de professionnalisation, de formations, salaires bas...) ce qui alimentait une certaine précarité.

En ce qui concerne les **règlementations**, les acteurs expliquaient qu'elles étaient très vite impopulaires comme les ZFE. Avec la loi Climat, 33 nouvelles villes en France se sont ajoutées aux ZFE existantes mais cette solution est compliquée à mettre en place, d'après Jérôme Libeskind. Il trouve que la solution italienne de droit d'accès au centre-ville en fonction de critères (autres que celle de la motorisation) fonctionne mieux et cette mesure est moins impopulaire. Les chartes urbaines ne fonctionnent pas, d'après Jérôme. Elles sont relativement faciles à faire signer mais elles sont très difficiles à mettre en place (cf. Interlud : 5 villes tests et aucune ne l'a mise en place à ce jour). Les chargeurs et transporteurs souhaitent une **concertation** plus étroite, une **collaboration** avec les autorités, des politiques publiques mieux **coordonnées** (131 arrêtés différents sur MGP) et un **cadre clair défini** par les collectivités publiques **applicables à tous** renforçant l'équité concurrentielle. Certains transporteurs s'engagent dans une démarche durable en renouvelant leur flotte mais ce surcôt est en leur défaveur lors d'appels d'offres.

Enfin, tous ont souligné l'importance de **sensibiliser le consommateur** à l'impact environnemental de leurs achats en ligne et de l'importance « de l'éduquer ». Jérôme Libeskind précise que la livraison éco-responsable peut être un service sollicité par le client mais uniquement si l'e-marchand, les transporteurs et le consommateur avancent ensemble ! Le chargeur, même s'il souhaite livrer de manière plus responsable, avoue que c'est le marché qui pilote l'offre (livraison instantanée par exemple) et qu'il faut faire évoluer les mentalités.

Les transporteurs sont également très attentifs aux initiatives comme celle **d'Amazon en matière de logistique urbaine**. Les recherches permanentes de solutions innovantes dans ce secteur, comme les micro-hubs (petits entrepôts de centre-ville, associés à des modes de livraison décarbonés, véhicules utilitaires électriques Stellantis) confirme l'importance croissante dans la stratégie du géant américain qui cherche à définir de nouveaux « standards » comme pour la livraison gratuite qui est devenu Amazon Prime aujourd'hui. Jérôme Libeskind en tant qu'expert précisait qu'il existe une tendance marquée pour la seconde main, les biens reconditionnés (Back market, Vinted) – il y a selon lui une logistique à créer (fiabiliser la qualité du produit). En conclusion, il soulignait que l'e-commerce doit faire sa révolution pour devenir irréprochable.

Autres sources :

Pour compléter ces interviews, j'ai bien entendu lu des thèses, des ouvrages, visionner des vidéos, écouter des podcasts parlant de mon sujet. J'ai également participé à différentes conférences, tables-rondes dans le cadre du salon SITL en septembre 2021 autour de l'organisation des Jeux Olympiques 2024 dans MGP avec JM. Genestier entre autre, autour de la sensibilisation des consommateurs aux achats faits en ligne avec L. Dablanc, Hervé Street (Star Service) et Jérôme Libeskind.

5.4. Les outils et méthodes d'analyse

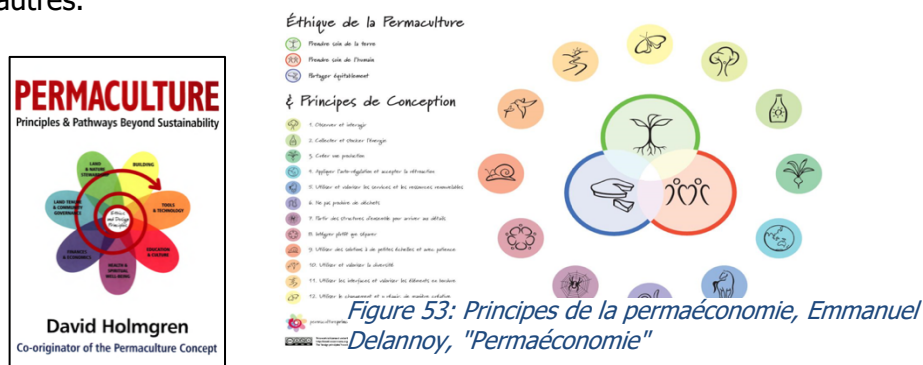
Le BiomimeTree (annexe 11.4) est un outil qui aide à la prise de décision et qui liste certains outils de l'approche biomimétique, classés en 4 catégories (les outils qui m'ont été utiles durant le travail de recherche uniquement) :

1. Outils d'analyse :

Lors de mon travail d'analyse j'ai étudié le contexte grâce à de nombreuses lectures et aux **interviews** avec les acteurs et spécialistes de la logistique urbaine et les biologistes. J'ai utilisé entre autre le **Biomim+ canva** (annexe 11.5), développé par le *Ceebios* et *l'institut des Futurs souhaitables*, afin de structurer ma pensée et les *Principes du vivant* et ceux de la *Permaéconomie* pour évaluer la situation.

- MB Hoagland et B. Dodson ont défini les **Principes du Vivant** (annexe 11.6), une sorte de cahier des charges du vivant, repris par J. Benyus dans ses ouvrages, qui peuvent également être utilisés comme un instrument de mesure et/ou des principes de conception, permettant aux concepteurs d'identifier de nouvelles voies d'amélioration de leur projet d'étude tout en intégrant une dimension soutenable
- Janine Benyus en 2011 présente **10 stratégies** (annexe 11.6) tirées de l'observation du processus de sélection naturelle et adoptées par tous les écosystèmes naturels. Ces stratégies sont passées à travers l'épreuve du temps et ont donc fait leur preuve au cours de l'évolution du vivant depuis plusieurs millions d'années. Ces stratégies se résument en « 10 commandements » qui pourraient être appliqués en ingénierie, en design.
- Les **12 Principes de la permaculture**⁵², définis par David Holmgren, appliqués à l'économie par Emmanuel Delannoy devenant **les principes de la permaéconomie**⁵³ (annexe 11.6) qui reposent sur modèles économiques intégrant les externalités des activités. Il s'agit d'outils permettant d'évaluer une solution, une situation et dont chaque principe peut s'enrichir des autres.

Bill Mollison et David Holmgren développent le concept de "Permaculture" au milieu des années 70 en Australie. Objectif est une culture permanente tant l'aspect social et éthique leur semblait essentiel pour qu'un système soit durable. Ainsi l'éthique se base sur 3 piliers: prendre soin de la terre, prendre soin de l'humain et partager équitablement.



⁵² David Holmgren, *Permaculture. Principes et pistes d'action pour un mode de vie soutenable*, Rue de l'Echiquier, 2014.

⁵³ Emmanuel Delannoy, « Permaéconomie », *Permaéconomie*, consulté le 7 juin 2022, <http://permaeconomie.fr/>.

Les Principes du vivant ont également inspiré un [jeu de cartes](#), co-conçu par HEP Education, le Ceebios et l'Institut des Futurs souhaitables. Il permet de sensibiliser au biomimétisme et accompagner les démarches d'innovation responsable en entreprise. C'est ainsi que j'ai repris ces principes, plus génériques, mais qui sont une déclinaison de ceux définis initialement par Hoagland & Dodson et J. Benyus.

Les principes du vivant

LA VIE S'AUTO-ORGANISE

LA VIE UTILISE LES DÉCHETS COMME RESSOURCES

LA VIE S'AUTO RÉPARE

LA VIE REND DES SERVICES ÉCOSYSTÉMIQUES

LA VIE S'ORGANISE GRÂCE À L'INFORMATION

LA VIE NE SUREXPLOITE PAS SES RESSOURCES

LA VIE EST RÉSILIENTE

LA VIE SE STRUCTURE GRÂCE AU PROCESSUS D'ÉVOLUTION

LA VIE SE CONSTRUIT PAR ADDITION

LA VIE CHOISIT ENTRE ADAPTÉ ET ADAPTABLE

LA VIE FIXE LE CARBONE

LA VIE SE DÉVELOPPE SOUS FORME DE SYSTÈMES CLOS... MAIS OUVERTS

LA VIE MISE SUR LA COOPÉRATION ET LA SYMBIOSE

LA VIE SE SYNCHRONISE

LA VIE ADAPTE SA FORME À LA FONCTION

LA VIE MISE SUR LA DIVERSITÉ

LA VIE A DES CYCLES ADAPTATIFS

Les principes du vivant

LA VIE REND DES SERVICES ÉCOSYSTÉMIQUES

Les services écosystémiques sont les avantages que nous tirons des écosystèmes. Ils sont classés en trois catégories : les services d'approvisionnement (aliments, fibres, bois, médicaments), les services de régulation (climat, qualité de l'air, eau, pollinisation) et les services culturels (loisirs, éducation, santé mentale). Ces services sont essentiels à notre bien-être et à notre survie.

La Vie s'auto-organise

La vie s'auto-organise à partir de molécules simples qui interagissent entre elles pour former des structures plus complexes. Ce processus est guidé par des lois physiques et chimiques, et permet à la vie de se créer et de se maintenir sans intervention extérieure.

La Vie utilise les déchets comme ressources

La vie ne crée pas de déchets, elle les transforme en ressources. Les déchets d'un organisme deviennent les ressources d'un autre, créant ainsi un cycle continu de matière et d'énergie.

La Vie s'auto-répare

La vie possède la capacité de se réparer elle-même en cas de dommages. Elle utilise des mécanismes de réparation pour remplacer les parties endommagées et maintenir son intégrité.

La Vie rend des services écosystémiques

Les écosystèmes fournissent de nombreux services essentiels à la vie humaine, tels que la purification de l'eau, la pollinisation des cultures, la régulation du climat et la production d'oxygène.

La Vie s'organise grâce à l'information

La vie utilise l'information pour s'organiser et fonctionner. L'information est stockée dans des molécules comme l'ADN et est transmise de génération en génération.

La Vie ne surexploite pas ses ressources

La vie ne surexploite pas ses ressources, elle les utilise de manière durable. Elle possède des mécanismes de régulation qui empêchent l'épuisement des ressources.

La Vie est résiliente

La vie est capable de résister et de se remettre de perturbations. Elle possède des mécanismes de défense et de réparation qui lui permettent de survivre dans des environnements changeants.

La Vie se structure grâce au processus d'évolution

La vie se structure et évolue grâce au processus d'évolution. Les organismes qui sont mieux adaptés à leur environnement survivent et se reproduisent, tandis que ceux qui ne le sont pas disparaissent.

La Vie se construit par addition

La vie se construit par addition de nouvelles parties. Elle possède des mécanismes de croissance et de développement qui lui permettent de devenir de plus en plus complexe.

La Vie choisit entre adapté et adaptable

La vie choisit entre être adaptée à son environnement ou adaptable à des changements. Elle possède des mécanismes de régulation qui lui permettent de maintenir son équilibre.

La Vie fixe le carbone

La vie fixe le carbone à partir de l'atmosphère. Elle utilise des processus biochimiques pour transformer le dioxyde de carbone en matière organique.

La Vie se développe sous forme de systèmes clos... mais ouverts

La vie se développe sous forme de systèmes clos, mais elle est ouverte à son environnement. Elle échange de la matière et de l'énergie avec son environnement.

La Vie mise sur la coopération et la symbiose

La vie mise sur la coopération et la symbiose pour survivre. Elle possède des mécanismes de communication et de collaboration qui lui permettent de fonctionner en groupe.

La Vie se synchronise

La vie se synchronise avec son environnement. Elle possède des mécanismes de régulation qui lui permettent de maintenir son rythme biologique.

La Vie adapte sa forme à la fonction

La vie adapte sa forme à la fonction. Elle possède des mécanismes de régulation qui lui permettent de maintenir son équilibre.

La Vie mise sur la diversité

La vie mise sur la diversité pour survivre. Elle possède des mécanismes de régulation qui lui permettent de maintenir son équilibre.

La Vie a des cycles adaptatifs

La vie a des cycles adaptatifs qui lui permettent de survivre. Elle possède des mécanismes de régulation qui lui permettent de maintenir son équilibre.

2. Outils de transfert :

- Développée par Biomimicry 3.8, la **taxonomie du biomimétisme** (annexe 11.8) est une classification hiérarchisée et constitue une ontologie fonctionnelle organisant le vivant selon un ensemble de fonctions et de principes génériques. Cette ontologie permet de spécifier dans un langage formel les concepts d'un domaine et leurs relations (Gruber, 1993)



Figure 54: Taxonomie, Biomimicry 3.8

3. Outils d'application :

- **Ask Nature**⁵⁴ 2008 est une base de données relatives à la bio-inspiration. S'articulant autour de la taxonomie du biomimétisme et en « open source », elle a pour but d'identifier et de fournir de la connaissance sur une fonction, un phénomène biologique et des pistes d'applications de concepts inspirés du vivant

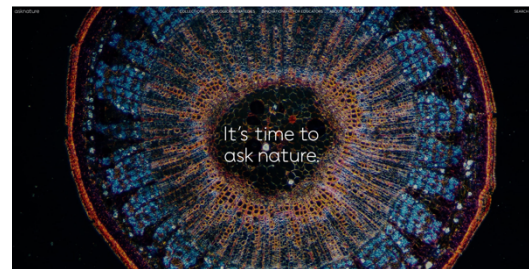


Figure 55: Ask nature, internet

- **Interviews** avec les biologistes

4. Outils d'abstraction :

- Les « **5 pourquoi ?** » (Annexe 11.7) : outil permettant d'identifier les causes à un problème en posant la question « pourquoi ? » de manière consécutive

Voici les outils que j'ai utilisé lors des étapes de mes recherches :

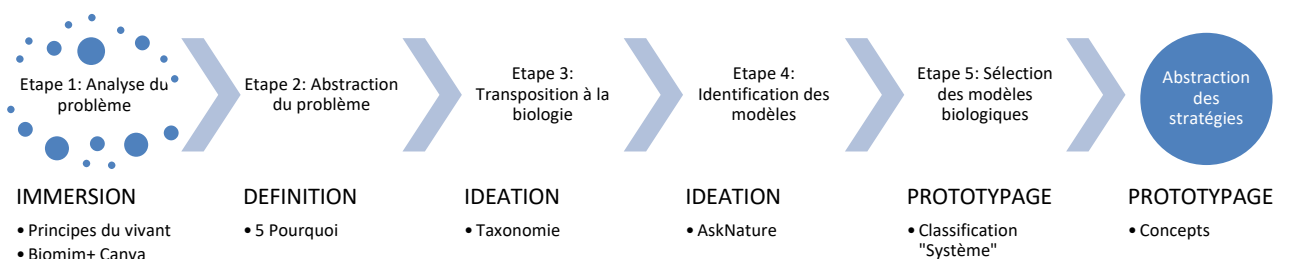


Figure 56: Design de la recherche, réalisation personnelle

⁵⁴ « Innovation Inspired by Nature — AskNature », consulté le 22 mai 2022, <https://asknature.org/>.

6. Les résultats de la recherche

6.1. Les modèles biologiques inspirant l'écosystème de la logistique urbaine

Sur la base des enjeux et objectifs de la logistique urbaine du e-commerce énoncés précédemment, j'ai exploré des modèles biologiques me permettant d'imaginer des solutions bio-inspirées pour le transport de marchandises, les services et les infrastructures en ville.

Le tableau (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**) reprend tout d'abord, les enjeux et objectifs de la logistique urbaine définis précédemment, du point de vue de 4 principales parties prenantes de cet écosystème et des éléments les influençant (start-ups, la recherche et développement des entreprises, Figure 57). Ensuite, j'ai identifié la réponse du vivant à ces enjeux en m'inspirant des Principes du vivant et de la Permaéconomie (C), j'ai fait l'abstraction des fonctions biologiques (D), j'ai défini des modèles biologiques (E) et enfin, j'ai décliné des solutions bio-inspirées (F)

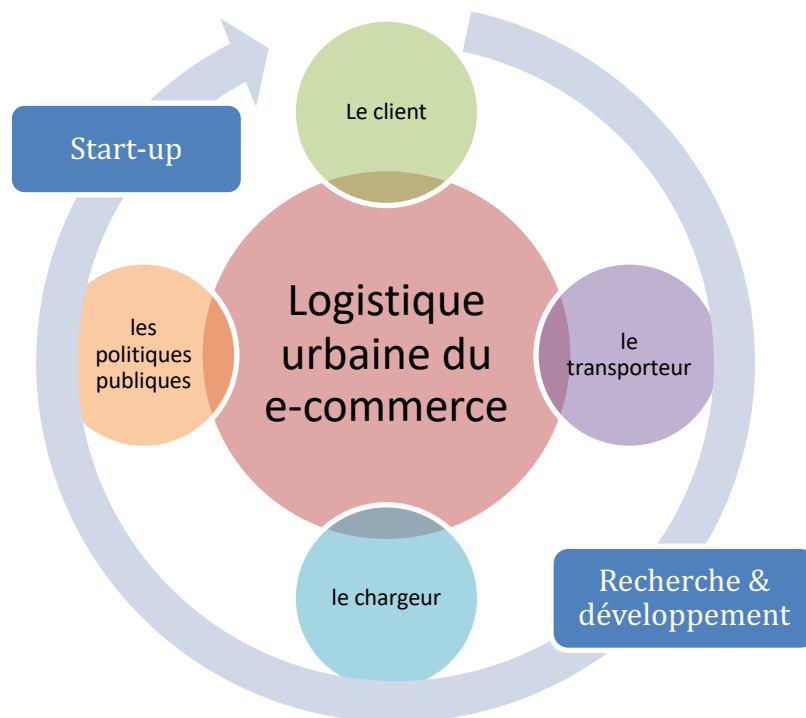



Figure 57: Schéma des acteurs de la logistique urbaine du e-commerce, réalisation personnelle

Pour effectuer mes recherches biologiques, j'ai dans un premier temps fait un brainstorming autour du transport de matières dans le vivant afin d'identifier les espèces potentiellement intéressantes à étudier (annexe 11.9). Dans un second temps, j'ai contacté quelques biologistes des espèces ou écosystèmes que je souhaitais étudier plus en profondeur : chez les insectes sociaux, les fourmis et les abeilles et le castor, et pour les écosystèmes, le récif et le forêt. C'est ainsi que j'ai rencontré Nicolas Césard, Jérôme Fournier, Thomas Ruys et Pierre Gérard qui m'ont à leur tour partagé leurs connaissances et des lectures complémentaires. Fortement inspirés des insectes sociaux (abeille, fourmi), mes modèles biologiques sont extraits pour certains du monde végétal, des micro-organismes dans lesquels j'ai trouvé des fonctions et des stratégies intéressantes, à des échelles différentes.

Résultat des recherches

(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)
Enjeux de la logistique urbaine <i>(ce que je gagne, ce que je perds en tant que...)</i>	Objectifs <i>(Dans quel but...)</i>	Réponse du vivant à ces enjeux (Principes du vivant, Permaéconomie)	Fonctions biologiques	Modèles biologiques	Solutions bio-inspirées
Son temps	Profiter de la vie, Éviter les achats "corvée"	Le vivant organise grâce à l'information	Économiser	Abeilles ⁵⁵	Service de livraison par abonnement de produits achetés régulièrement
Maintenir une qualité de vie en ville	Recevoir sa commande	Le vivant rend des services écosystémiques	Distribuer	Crépis de Nîmes	Livraison collaborative (voisin...), consigne dans la copropriété
Client :	Vivre sainement, au calme	Prendre soin de la terre et des hommes, utiliser des solutions lentes à petites échelles, la vie ne surexploite pas ses ressources	Se nourrir	Abeilles	Ressource à proximité du lieu de vie, local
	Améliorer la qualité de l'air		Respirer		
	Réduire son impact environnemental			Se déplacer	Pomme de pin
Considération sociale	Satisfaction, plaisir	Le vivant est interconnecté et interdépendant	Reproduire	Fourni	« Acheter local », c'est génial !
	Être reconnu		Apprendre		« Faire soi-même », c'est trop bien !
	Appartenir à un groupe		Imiter		> Changer le comportement
Déchets et emballages	Gérer les déchets	Le vivant recycle tout ce qu'il utilise et le transforme en ressource, le vivant fonctionne en cycle	Recycler	Douglas (arbre mort) & la forêt	Consigne, reconditionnement, recyclage, réutilisation, « ritualiser » cet usage chez soi (emplacement à prévoir)

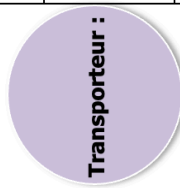
⁵⁵ « Mathieu Lihoreau | BEHAVIOURAL AND COGNITIVE ECOLOGY LAB », consulté le 5 juin 2022, <http://www.mathieu-lihoreau.com/>.

Enjeux de la logistique urbaine (Ce que je gagne, ce que je perds en tant que...)	Objectifs (Dans quel but...)	Réponse du vivant à ces enjeux (Principes du vivant, Permaéconomie)	Fonctions biologiques	Modèles biologiques	Solutions bio- inspirées
Profitabilité 	Baisser les couts Rentabilité Survie économique pour maintenir l'emploi, les investissements... Créer un réseau	Le vivant rend des services écosystémiques, le vivant se développe sous forme de systèmes clos mais ouverts	Économiser Optimiser Maintenir la communauté	<i>Termites, mycorhize</i>	Réseau et positionnement des infrastructures de LU en ville, interactions entre le réseau urbain et la périphérique
Optimiser le transport (pas de voyage à vide, chasser l'air, chemin le plus court, le plus rapide...)	Transport efficient Taux de remplissage maximum Réduire l'impact environnemental	Le vivant optimise plutôt que maximise, le vivant est économe en énergie, le vivant s'organise grâce à l'information	Massifier Adapter/modifier Optimiser Naviguer Distribuer	<i>Bourdor⁵⁶, fourmi rousse abeille et ruche</i>	GPS, chemin le plus court, livraison uniquement si taux de remplissage est atteint, passage moins fréquent > délai plus long
Assurer un service, une performance	Livrer un client Tenir les délais Réduire les échecs de livraison	Le vivant rend des services écosystémiques	Se déplacer Distribuer Disperser	<i>Crépis de Nîmes</i>	Livraison collaborative (voisin, au point de retrait...) -conditions: pas de 2. Présentation du colis

⁵⁶ Alexandre Dore et al., « How do bees move across the landscapes? », *The Project Repository Journal* 12 (31 janvier 2022): 76-79, <https://doi.org/10.54050/PRJ1218299>.

Enjeux de la logistique urbaine (Ce que je gagne, ce que je perds en tant que...)	Objectifs (Dans quel but...)		Réponse du vivant à ces enjeux (Principes du vivant, Permaéconomie)	Fonctions biologiques	Modèles biologiques	Solutions bio-inspirées
Transporteur :	Permettre la flexibilité	Satisfaire les clients	La vie choisit entre adapté et adaptable (être très efficace ou flexible), le vivant mise sur la coopération et la symbiose, le vivant est résilient	Coévolution Coopérer	<u>amibe</u>	Se regrouper avec d'autres acteurs pour assurer les livraisons (pics) Service gagnant-gagnant (auto-école qui transporte des biens ou des personnes)
		Rapidité de création de réseaux (sous-traitance du service)				
		Assurer la résilience du réseau, système		Adapter/modifier	<i>Cardamine hirsute</i>	Adapter les matériels, contenant, alléger, chasser l'air.
	Efficacité énergétique	Baisser les coûts	L'énergie dans le vivant est renouvelable et s'inscrit dans un métabolisme efficient, le vivant ne surexploite pas ses ressources	Économiser de l'énergie Déplacer	<i>Gui</i>	Utiliser les capacités de transport existantes (Internes/externes)
		Transporter davantage				
		Utiliser de nouvelles énergies				

Enjeux de la logistique urbaine (Ce que je gagne, ce que je perds en tant que...)	Objectifs (Dans quel but...)		Réponse du vivant à ces enjeux (Principes du vivant, Permaéconomie)	Fonctions biologiques	Modèles biologiques	Solutions bio-inspirées	
Se rapprocher du client final	Accéder au foncier	Réduire l'impact environnemental Réduire les coûts	Le vivant mise sur la coopération et la symbiose, la diversité	Coopérer Maintenir la communauté	Ruche, lanice <i>coquillega</i> (<i>citricapitopie</i>)	Plateforme/hub multi acteurs, multifonctions, proposant de nouveaux services aux habitants (salle de sport, crèche...)	
	Réduire les distances parcourues/réseau						
	Réduire l'impact environnemental Réduire les coûts	Économiser Distribuer		Abeille et ruche	Livraison décarbonées (vélo-cargo, à pied...)		
Réputation « marque employeur » et bonnes conditions de travail	Recruter, fidéliser les collaborateurs	Le vivant mise sur la diversité	Le vivant mise sur la diversité	Maintenir la communauté Coopérer	Fourmi coupeuse de feuilles	Relation gagnant-gagnant Exosquelettes	
Efficacité organisationnelle	Baisser les coûts						
	Assurer la croissance	Le vivant s'autoorganise, optimise plutôt que maximise, le vivant organise par information, le vivant se synchronise	Le vivant organise grâce à l'information	Stocker	Fourmi rousse	Destination couverte par un seul prestataire (urbxy)	
							Baisser les coûts
	Collecter						Rainures des feuilles
	Utiliser la donnée pour organiser, optimiser (Intelligence artificielle)	Le vivant organise grâce à l'information	Le vivant organise grâce à l'information	Communiquer Informar Mutualiser	Ruche	Base de données, data (IA) permettant de prédire et calculer % échecs à la livraison (en fonction de la taille du colis et BAL, absences du destinataire, trafic...), des trajets les plus courts etc.	
							Assurer la croissance
							Calculer Apprendre



Enjeux de la logistique urbaine (Ce que je gagne, ce que je perds en tant que...)	Objectifs (Dans quel but...)		Réponse du vivant à ces enjeux (Principes du vivant, Permaéconomie)	Fonctions biologiques	Modèles biologiques	Solutions bio-inspirées
<div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; width: 40px; height: 40px; display: flex; align-items: center; justify-content: center; margin: 0 auto;"> <p style="margin: 0; font-weight: bold; text-align: center;">E- commerçant/ le chargeur :</p> </div>	Conquérir des parts de marché	Satisfaire ses clients Accroître ses ventes	Le vivant a des cycles adaptatifs	Maintenir la communauté Communiquer	Blaireau	Accueillir les clients (événements, magasins) leur faire vivre /proposer une offre de services, une expérience différente
	Fidéliser ses clients	Être profitable	Le vivant mise sur la diversité	Maintenir la communauté, <u>se reproduire</u>	Blaireau	Accueillir les clients (événements, magasins) leur faire vivre /proposer une offre de services, une expérience différente
	Sensibiliser les clients	Réduire l'impact environnemental (délai plus long, disposition à attendre, emballage...) Accroître la part de transports multimodaux, déjà existants	Le vivant fixe le carbone (transforme une contrainte en opportunité), il utilise des solutions lentes à petite échelle et utilise l'existant Le vivant se construit par addition	Économiser Réguler Assembler	Gui	Utiliser le fluvial (la Seine), le fer (métro, RER, train, tram), combiner les flux d'individus et de marchandises
	Rentabilité	Réduire les flux retours de marchandises et leurs impacts financiers, environnementaux	Le vivant ne sépare pas les flux	Économiser		Sous condition, payant, effet de seuil, Partenariat ?
Satisfaction client	Protéger la commande du client	Protéger la commande du client	Le vivant utilise ce qui est abondant, le vivant recycle ce qu'il utilise	Protéger	Graine de coco, escargot violet	Emballage réutilisable, biodégradable, Compostage

Enjeux de la logistique urbaine (Ce que je gagne, ce que je perds en tant que...)	Objectifs (Dans quel but...)	Réponse du vivant à ces enjeux (Principes du vivant, permacéonomie)	Fonctions biologiques	Modèles biologiques	Solutions bio-inspirées
Améliorer la qualité de vie dans la ville, une ville apaisée	Meilleure utilisation de l'espace urbain Réintroduire la logistique en ville (foncier) Création d'un réseau	Le vivant mise sur la coopération et la symbiose, Le vivant s'approvisionne localement	Collaborer Coopérer Maintenir la communauté Adapter/modifier	Fourmi coupeuse de feuilles, bourdon	Ville du quart d'heure, proximité des activités humaines, réseau d'infrastructures de LU en ville
Décarboner les modes de transport de marchandises et d'individus	Assurer la qualité de l'air et réduire les nuisances sonores et architecturales	Le vivant adapte sa forme à la fonction, il se métamorphose	Respirer	Oiseau utilisant les vents pour planer	Mobilités douces,
Faciliter la coopération entre les acteurs	Comportement collectif Travailler ensemble Diversité d'acteurs	Le vivant se synchronise, est interconnecté et interdépendant et s'autoorganise, le vivant mise sur la coopération et la symbiose	Ne pas faire de bruit Communiquer Coopérer par auto-organisation Coordonner les activités Mutualiser	Atténuation acoustique du papillon (bruit, vibrations) Signaux acoustiques/chimiques Essaim abeilles ⁵⁷ , fourmi de feu	Matériau acoustique Intelligence collective, innovation organisationnelle...
	Maintenir des emplois	Le vivant rend des services écosystémiques, il mise	Maintenir la communauté	Hermelle (récif), castor	Transformer 1 activité peu valorisée en 1 activité

Politiques Publiques :

⁵⁷ JL Deneubourg, « Individuellement les insectes sont bêtes, collectivement, ils sont intelligents... », *Le temps*, 2011.

Attractivité et dynamisme du territoire	Former	sur la diversité et la coopération et la symbiose	Coopérer	de services structurante à forte valeur ajoutée, métier qualifié
	Attirer des individus			
Enjeux de la logistique urbaine <i>(Ce que je gagne, ce que je perds en tant que...)</i>	Objectifs <i>(Dans quel but...)</i>	Réponse du vivant à ces enjeux (Principes du vivant, Permaéconomie)	Fonctions biologiques	Solutions bio-inspirées
	Assurer l'accessibilité pour tous en toute sécurité	Le vivant mise sur la diversité, il adapte ses formes aux fonctions	Maintenir la communauté	Création d'un lieu de production, tiers lieu, lieu de formation, hub logistique... > cf. stage Logicités, appel à idée Aggralim.
Partager la voirie entre/avec tous les acteurs	Fluidifier les flux	Le vivant se synchronise, optimise grâce à l'information, adapte ses besoins aux ressources disponibles	Réguler	Utiliser le réseau sous terrain pour le flux de marchandises (métro, RER) - adapter les infrastructures pour le transport de biens (wagons, accès...), gestion dynamique des espaces publics
	Réduire la congestion		Massifier	
Définir un cadre juridique cohérent et évolutif			Optimiser	Cohérence des arrêtés municipaux, effets de seuil
	Réduire l'empreinte de la logistique (congestion)			
Résilience du réseau	Créer une gouvernance	Le vivant est résilient, s'autorépare	Réguler	Prise de décision bio-inspirée
			Adapter/modifier	

Politiques Publiques :

Figure 58: Tableau de synthèse des solutions bio-inspirées répondant aux enjeux de la logistique urbaine, réalisation personnelle

Synthèse des recherches

J'ai noté plusieurs points communs entre la trentaine de modèles que j'ai étudié. Le vivant est économe en énergie, il utilise des solutions lentes à petites échelles, certaines **conditions** doivent être réunies pour que l'activité s'opère. La pomme de pin ouvre ses écailles et libère ses graines pour se disperser uniquement lorsque les conditions sont les meilleures. Par temps humide, les écailles se referment en attendant une météo plus clémente (Figure 58).

L'abeille, par exemple, quitte la ruche les jours où le nectar et le pollen sont abondants, où les températures extérieures sont supérieures à 11°C, par contre, les jours de pluie, elle reste à l'abri et économise son énergie. Transporter de la matière sous conditions m'inspire une offre de service de livraison plus « vertueuse ». Le premier critère serait le taux de remplissage du véhicule de livraison et non comme aujourd'hui le délai de livraison (parfois ultra rapide en quelques minutes, heures). Ainsi le client serait prêt à attendre sa livraison. Ce concept sera développé à titre d'exemple dans en 6.3.

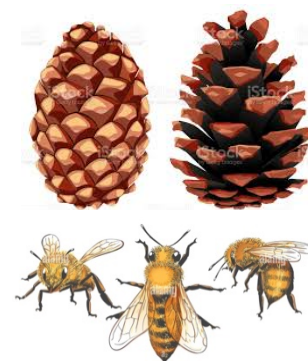


Figure 58: Pomme de pin et abeille, internet

D'autres espèces végétales comme le crépis de Nîmes (Figure 59) ont développé une **double stratégie** pour se reproduire particulièrement en milieu urbain : une graine plumeuse qui vole facilement et une graine plus lourde. Grâce à cette double stratégie inspirée du pissenlit, des solutions pour réduire les échecs de livraison pourraient être imaginées : la livraison « collaborative », chez le voisin par exemple ou tout simplement le changement des règles de livraison indiquant que le colis est présenté une seule fois au domicile du client et qu'en cas d'absence, il sera déposé dans un point relais, une consigne aux alentours.

Dans l'écosystème de l'abeille, la ruche joue un rôle central : c'est à la fois l'habitat des abeilles (protection de la colonie), un lieu de reproduction, un lieu d'échanges (informations), un lieu de fabrication (du miel, de la cire), un lieu de collecte (nectar et pollen, miel pour l'apiculteur). Il y a également une certaine **chronotopie** : la prise en compte simultanée des dimensions temporelles, *chronos*, et spatiales, *topos* pour repenser nos lieux en mutualisant les besoins ou en hybridant les usages. Ce **hub** de flux d'énergie, de matière et d'informations peut inspirer une *plate-forme de logistique urbaine* multifonctions (similaire aux hôtels logistiques).



Crépis de Nîmes

Crepis sancta

Observer:
dispersion, reproduction

Mot(s) clé(s) & fonctions :
distribuer, adapter, se déplacer

Comprendre :

- C'est une espèce de plante sauvage parente au pissenlit qui pousse en abondance dans les villes.
- Elle a la particularité de produire 2 types de graines:
 - Une majorité de *graines plumeuses*, au sommet de la fleur, pouvant se disperser au vent (e)
 - Et une minorité de *graines plus lourdes* sur les côtés (r)

Multipliant ainsi ses chances de reproduction au loin et au près

- Les grosses graines ont 1,5 fois plus de chances de donner une nouvelle plante que les graines plumeuses qui vont aller plus loin et rencontrer surtout du bitume.
- En réponse à une urbanisation croissante, la plante a adopté un **mode de dispersion par proximité** plutôt que par dissémination.



S'inspirer :

- Réduction des échecs de livraison
- Livraison collaborative
- Réseau de voisinage
- Résilience d'un réseau, d'un système

A retenir:

- Adaptation rapide à un nouvel environnement
- Développement de 2 stratégies complémentaires pour augmenter ses chances

Figure 59: Fiche biologique "Crépis de Nîmes", réalisation personnelle

Les abeilles et autres bourdons sont intéressants également lorsqu'on parle de **cyclicité** de l'activité de butinage qui commence 2-3 heures après le lever du soleil et fini tard avant le coucher du soleil. Ce schéma constaté inspire déjà les acteurs de la logistique qui utilisent des données historiques pour prédire leurs activités et tenter de lisser les pics. Néanmoins en s'inspirant du vivant, il me semble intéressant d'imaginer une **base de données « dynamique et intelligente »** pour optimiser les étapes de la chaîne de la logistique urbaine (tournées de livraison organisées en fonction des échecs de livraison passés), aider à la prise de décision (si le trafic change, modification de mes tournées de livraison en temps réel) et faciliter la gestion dynamique de l'espace urbain (réservation d'une place de livraison). D'autre part, l'emplacement de la ruche est également choisi en fonction de certaines conditions : environnement, ensoleillement mais aussi **positionnement dans le « réseau »**. Les termites positionnent leur monticule souterrain uniformément sur le territoire pour maximiser la productivité à l'échelle de l'écosystème. Cette distribution spatiale ordonnée se retrouve dans l'écosystème de la forêt : les arbres-mère sont des connecteurs importants qui collaborent avec le réseau fongique/mycorhizien, avec les arbres plus jeunes et les arbres « partenaires » (d'une autre essence). Si les arbres-mère sont coupés, les connexions sont perdues et le réseau est déséquilibré (Figure 60). On peut alors imaginer des réseaux plus *résilients* en transposant cette approche.

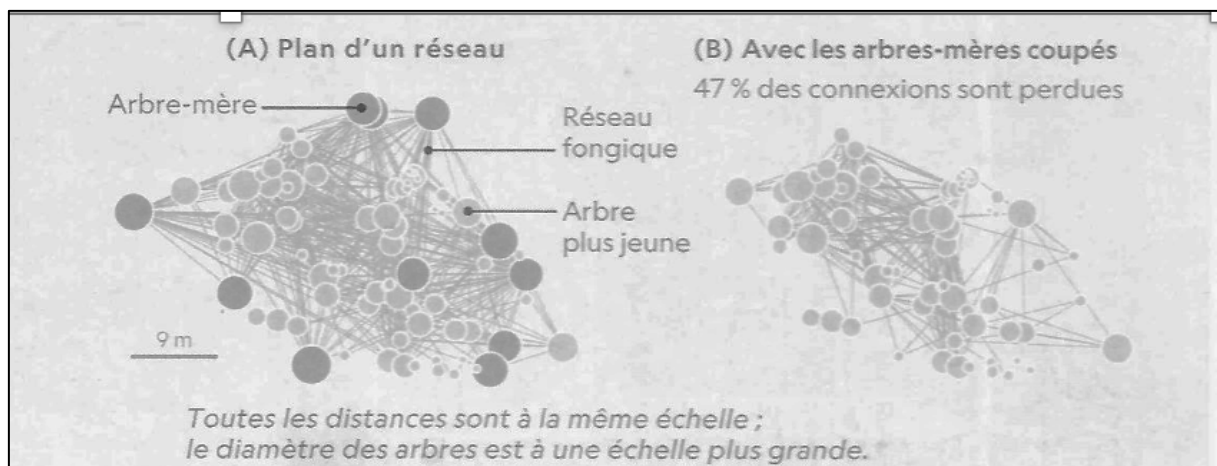


Figure 60: Arbres solidaires, National Geographic

En lien avec les arbres et les mycorhizes et les autres espèces vivant sous terre, un **réseau de distribution et de stockage de marchandises « souterrain »** est facilement imaginable ce qui réduirait le trafic routier en surface. Mais pour qu'une telle solution soit durable, il faudrait « utiliser l'existant » à savoir pour Paris, le métro, sans détériorer et artificialiser davantage les sols. Il serait par ailleurs imaginable d'utiliser les espaces existants (parkings...) et les modes de transport en commun existants (RER, train, bus...), à l'image du gui qui se disperse grâce à un vecteur, la grive, et combiner les flux d'individus avec ceux de marchandises, sur des périodes creuses (la nuit ou hors des heures de pointe). Pour cela, un certain nombre d'aménagements seraient à prévoir (wagons, organisations, accès...) et cela pourrait faire l'objet d'une nouvelle étude.

La **forme et l'organisation du réseau** est également à souligner. Lors de mon entretien avec Jérôme Fournier, il soulignait que les réseaux digités (en branches) sont les plus fréquents dans le vivant (comme les poumons, les rainures de la plupart des feuilles). Mais la *gorgonia ventalina* (Figure 61) se caractérise par une forme d'éventails avec plusieurs branches principales et un treillis de petites branches reliées. Ce **réseau maillé** permet une meilleure distribution des ressources, sur des distances courtes, et peut inspirer l'organisation et la distribution des flux de marchandises dans l'espace urbain. En terme d'organisation, il existe des modèles de réseau optimisé comme le blob qui ne passe jamais deux fois au même endroit et prend le chemin le plus court. Le bourdon lui aussi semble optimiser et mémoriser rapidement le chemin vers les fleurs les plus productives et les plus proches.

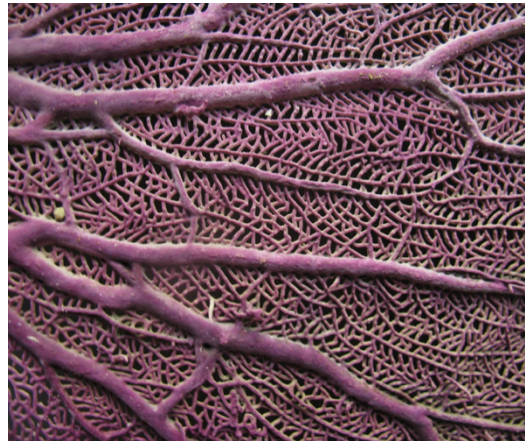


Figure 61: *Gorgonia ventalina*, Jérôme Fournier, CNRS

En matière de comportements, dans les recherches que j'ai effectuées j'ai également constaté qu'un grand nombre d'espèces coopère pour survivre, se nourrir et maintenir la communauté. C'est le cas du poisson-clown et de l'anémone qui se protègent mutuellement, échangent des nutriments, ou celui de la fourmi coupeuse de feuilles qui collecte, mange des feuilles qui servent de substrat au champignon qu'elle cultive et dont elle se nourrit dans la fourmilière. C'est la **symbiose**. Ce principe est bien entendu tout à fait transposable à ma problématique et il me semble qu'elle est un élément important de la réponse.

Certaines espèces sont considérées comme des espèces-ingénieures comme le castor ou l'hermelle, un vers marin qui forme des récifs entre autre en Bretagne (Figure 62). Dans le cadre de l'étude de ces 2 espèces j'ai interviewé Jérôme Fournier et Thomas Ruys. Ils ont tous les deux qu'outre une construction ingénieuse, le castor et l'hermelle créent « **un environnement bénéfique pour d'autres espèces** ». Le barrage du castor favorise la biodiversité écologique, affecte la qualité de l'eau ainsi que la transformation des paysages. Insectes, amphibiens et zooplanctons sont attirés par l'écosystème créé par le castor et s'y installent. L'hermelle quant à elle, construit des tubes en collant la sable et les fragments de coquilles qu'ils capturent. Agglomérés, ces habitats en nid d'abeilles forment des récifs sur lesquels une riche microfaune vient se nourrir et se nicher. Jérôme Fournier, lors de notre entretien, précisait « l'effet positif de ces récifs qui protègent le trait de côte contre l'érosion en atténuant la force des vagues ». Elles créent, par ailleurs, des vasières où poussent des algues dont elles se nourrissent (effet gardening) et rendent les substrats souples sur lesquels elles se fixent cohérents et durs. Pour faire un parallèle avec ma problématique, ces espèces-ingénieures m'inspirent à la fois une construction régénérative énergétiquement mais surtout un hub logistique multi-acteurs, un espace partagé bénéficiant à tous (mutualisme).

Les recherches biologiques détaillées sont disponibles en annexe 11.10.

En réalisant la synthèse des solutions inspirées du vivant dans cette grille de lecture (Figure 63), j'ai pris conscience que certaines d'entre elles existaient déjà mais qu'elles ont certainement été conçues « *sans passer* » par l'exploration du vivant et par l'approche biomimétique, l'exemple le plus connu étant sûrement celui de l'optimisation des trajets des fourmis.

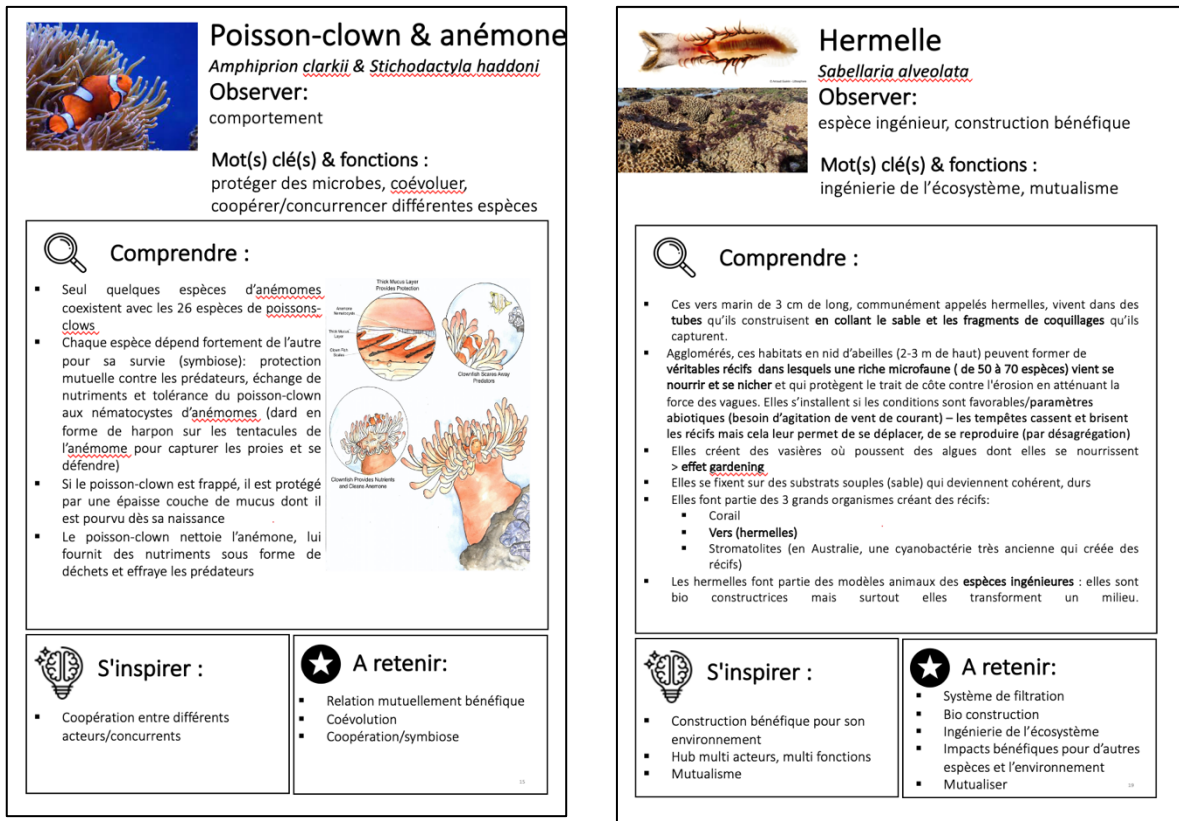


Figure 62: Fiches biologiques "Poisson-clown & anémone", « Hermelle », réalisation personnelle

Les solutions bio-inspirées ont été classées en *système*, *sous-système* et *super-système* (Figure 63).

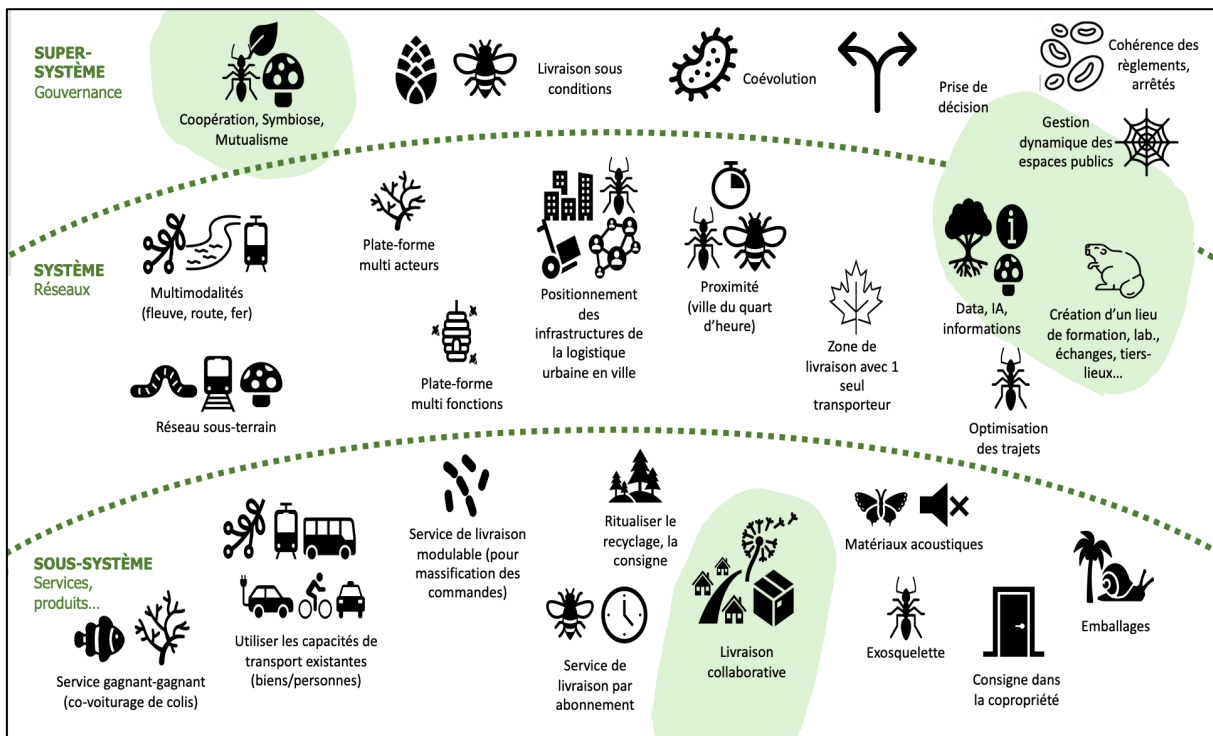



Figure 63: Classification des solutions bio-inspirées, réalisation personnelle

6.2. Grille de lecture et évaluation

Comme dernière étape, j'ai souhaité évaluer 4 solutions bio-inspirées répondant à un enjeu d'un des acteurs et issues de mes recherches, selon 3 critères : *les impacts environnementaux, les impacts économiques et les impacts sociaux*. Cette évaluation est bien entendu subjective car aucun critère chiffré n'a été défini au préalable, mais permettrait dans un second temps de prioriser des solutions.

Les 🍏 représentent des points – la note maximale étant 3 🍏 (Figure 64).

Nom du concept:



Livraison sous conditions

• **Synthèse des fouilles biologiques:**
Le vivant se déplace et transporte de la matière *sous certaines conditions* pour économiser son énergie et l'optimiser: survie d'une communauté, conditions climatiques, temporalité, etc.

• **Enjeux pour le client:** ●

- Maintenir une qualité de vie en ville

• **Objectifs:**

- Vivre sainement, au calme
- Améliorer la qualité de l'air
- Réduire son impact environnemental


• **Concept bio-inspiré:**
La *livraison sous conditions* est basée sur :

- le *taux de remplissage* du véhicule qui transporte la commande du client au hub. S'il est élevé, le véhicule part, sinon il devra attendre d'autres commandes pour massifier et optimiser au maximum le trajet
- *l'urgence* : certains produits sont prioritaires (médicaments par exemple) – mais pour les autres produits, c'est le niveau de remplissage du véhicule qui prime.
- Client est prêt à attendre sa commande (changement de comportement nécessaire > design) et est informé de l'évolution de sa livraison

• **Évaluation du concept -max 3 🍏 :**

Impacts Environnementaux	Impacts Economiques	Impacts Sociaux
🍏🍏🍏	🍏🍏🍏	🍏🍏
Réduction du nombre de véhicules, baisse du trafic, des émissions GES, du bruit..., meilleure utilisation de la voirie	Massification des commandes, planification et organisation + efficaces, lissage de l'activité	Client s'habitue (à nouveau) à patienter, sensibilisation du consommateur, planification des ressources humaines, meilleures conditions de travail des livreurs (moins pressés par le temps...)

Nom du concept:



Data, IA, informations

• **Synthèse des fouilles biologiques:**
Le vivant organise grâce à l'information, il s'autoorganise, optimise plutôt que maximise, il se synchronise. L'arbre et le réseau mycorhizien s'échange des informations (stress, danger), de la matière pour se nourrir mutuellement

• **Enjeux pour le transporteur:** ●

- Efficacité organisationnelle


• **Objectifs:**

- Assurer la croissance
- Utiliser la donnée pour organiser et optimiser

• **Concept bio-inspiré:**
Base de données « intelligente » permettant de prédire et calculer par exemple les échecs de livraison (absence du destinataire, boîte aux lettres trop petite, retards dus au trafic etc.)
Certaines données pourraient être utilisées en amont de l'organisation de la tournée de livraison (taille du colis, trafic, taux d'échecs dans un quartier, arrondissement...). Un algorithme pourrait évaluer le taux de réussite ou d'échec et décider si une livraison en point relais ne serait pas plus « économe » qu'une (tentative) de livraison à domicile qui risquera de se solder par un échec...
Ce concept contribue également à la gestion dynamique de l'espace public (aires de stationnement et de livraison préservées...)

• **Évaluation du concept -max 3 🍏 :**

Impacts Environnementaux	Impacts Economiques	Impacts Sociaux
🍏🍏	🍏🍏🍏	🍏🍏
Réduction des kilomètres parcourus et des émissions GES, réduction du nombre d'arrêts de livraison, fluidité du trafic, meilleure utilisation de la voirie	Planification des tournées en amont, efficacité organisationnelle, outil d'aide à la décision/priorisation des tournées	Meilleures conditions de travail, informations disponibles pour le livreur en temps réel, temps de travail plus productif > satisfaction

Nom du concept:
 Utiliser les capacités de transport existantes (biens/personnes)

• **Synthèse des fouilles biologiques:**
 Le vivant se construit par addition et utilise des vecteurs pour se déplacer.
 Par exemple, la grive sert d'hôte et de vecteur. Elle disperse les graines de gui en mangeant les fruits et lâchant ses fientes en vol sur les branches

• **Enjeux du e-commerçant:**
 • Sensibiliser le client aux enjeux environnementaux pour pérenniser l'activité


• **Objectifs:**
 • Réduire son impact environnemental en augmentant la part de transports multimodaux

• **Concept bio-inspiré:**
 Le concept se base sur:

- Des transports en commun d'individus qui s'adaptent au transport de marchandises lorsqu'ils ne sont pas en fonction (le tram la nuit, le métro, le train IDF)
- Du fluvial (pour transporter des commandes massifiées dans Paris) en combinaison avec la livraison à vélo, en camionnettes électriques,
- Des capacités de transports routiers (bus, auto-école...)
- Des particuliers (tous types de mobilité pour du co-voiturage de colis...)

• **Evaluation du concept -max 3 🍏:**

Impacts Environnementaux	Impacts Economiques	Impacts Sociaux
🍏🍏🍏	🍏🍏	🍏🍏
Réduction du nombre de véhicules, du trafic, des émissions GES, du bruit, meilleure utilisation de la voirie, - artificialisation des sols	efficacité organisationnelle, massification, économie d'énergie, baisse des coûts, résilience du réseau	Lien social, relation gagnant-gagnant, accepter des délais de livraison plus longs

Nom du concept:
 Création d'un lieu de formation, lab., échanges, tiers-lieux... « La cité LUDI* »

• **Synthèse des fouilles biologiques:**
 Le vivant cherche à maintenir sa communauté, il mise sur la diversité, la coopération et la symbiose.
 L'hermelle et le castor ont des effets bénéfiques sur leur environnement et sur d'autres espèces.

• **Enjeux des politiques publiques :**
 • Attractivité et dynamisme du territoire

• **Objectifs:**
 • Maintenir des emplois
 • Former
 • Attirer des individus
 • Coopérer

• **Concept bio-inspiré:**
 L'idée serait la création d'un lieu de formation, d'innovation (lab.), d'échanges (tiers-lieu)... autour de la logistique urbaine.
 Comme pour l'hermelle et le castor, l'objectif serait de créer un écosystème favorable à l'innovation, attirer des talents, former des personnes aux métiers de la logistique urbaine et valoriser, professionnaliser ce secteur d'activité.
 ➔ Forte coopération des acteurs

• **Evaluation du concept -max 3 🍏:**

Impacts Environnementaux	Impacts Economiques	Impacts Sociaux
🍏 ?	🍏🍏🍏	🍏🍏🍏
Difficile à évaluer (suivant les projets)	Attractivité économique du territoire à la pointe de l'innovation, attirer des talents, emploi	Professionnalisation de la filière, formations aux métiers, lieu d'échange, innovation, lien social, embauches

* LUDI: « logistique urbaine durable et innovante »

Figure 64: Fiches d'évaluation des solutions bio-inspirées (1 par acteur), réalisation personnelle

En conclusion, cette grille d'évaluation s'établit sur 3 critères permettant d'estimer les impacts des solutions proposées sur l'environnement, l'économie et la société du point de vue de l'acteur concerné. Cette démarche d'utiliser le vivant comme source d'inspiration dès la conception s'apparente à de l'éco-conception. Il serait intéressant dans un second temps, pour les services bio-inspirés, de faire une analyse de cycle de vie, ce qui nécessiterait une étude complémentaire.

6.3. Une logistique urbaine inspirée du vivant, c'est quoi ?

Une **logistique urbaine bio-inspirée**, innovante et durable, en se basant sur les principes du vivant, pourrait se caractériser de la manière suivante :

- **Massifiée**, c'est la clef de voute d'une logistique urbaine optimisée. Tout comme dans le vivant qui *optimise plutôt que maximise*, la logistique urbaine doit être massifiée :
 - en amont, au départ du hub en augmentant le taux de remplissage des véhicules et leur emport et en réduisant le vide dans les emballages,
 - en aval, livrer des commandes dans un hub final (point de retrait) plutôt qu'à domicile où le client viendra chercher sa commande.
 - Et intégrer le flux retour de marchandises (*reverse logistique*) et éviter les transports à vide
- **Mutualisée et coopérative**, c'est grâce à cette forme de coopération entre acteurs (public-privé/privé-privé), dans un intérêt conjoint, qu'une/des ressources sont mises en commun, similaire à la *symbiose* dans le vivant qui cherche à *économiser les ressources* disponibles et à les *optimiser*. Il peut s'agir de :
 - Ressources immatérielles comme le partage de l'information, de la donnée expliquée ci-dessous, des opérations administratives, des ressources humaines...
 - Ressources matérielles comme les infrastructures et moyens de transport (véhicules, capacités...), des bâtiments logistiques où sont consolidés les flux et organisés des tournées de livraison

Parmi les solutions bio-inspirées se trouve l'utilisation de capacités de transport existantes comme les transports en commun. Elle permettrait de transporter aux heures creuses des marchandises.

- **Pilotée par la donnée** : le vivant *s'organisant grâce à l'information*, la logistique urbaine, inspirée du vivant, pourrait utiliser la donnée pour exploiter son plein potentiel. A ce jour, les données « dynamiques » (relatives aux flux de marchandises et de circulation) sont fiables jusqu'à un certain niveau, mais sont difficiles à collecter en bout de chaîne, sur le dernier kilomètre, lorsque les intervenants se multiplient et les flux se fragmentent. Il en va de même pour les politiques publiques concernant la donnée « statique » qui concernent les emplacements (aires de livraison) ainsi que la réglementation (arrêtés communaux). Une centralisation de ces informations seraient très utiles aux différents acteurs de la logistique urbaine.
- **Décarbonée** : pour la logistique urbaine, sur de courtes distances et avec des véhicules au tonnage plus faible, la transition du parc est possible, en utilisant en amont, des alternatives au routier, des modes de transport massifié comme le fluvial ou le fer et, en aval, des mobilités « douces » comme le vélo-cargo, la livraison à pied..., selon les types de produits et destinations à livrer. En parallèle, les infrastructures d'avitaillement dans le milieu urbain doivent être développées pour assurer le fonctionnement de ce « nouveau » système.
- **Diversifiée** : les écosystèmes les plus résilients sont ceux composés d'une grande diversité d'espèces. Comme dans le vivant, la logistique urbaine se compose d'une diversité d'acteurs de secteurs variés. C'est bien dans la diversité des options d'implantation et de modalités de desserte (horaires, véhicules, etc.) et leurs adaptations aux besoins qu'il faut penser la logistique urbaine et non dans un schéma logistique unique

- **Professionalisée** : pour *maintenir la communauté* de la logistique urbaine, il est nécessaire de partager les bonnes pratiques, informer, former, conseiller et mettre en relation les acteurs entre eux
- **Structurée** : sécuriser le foncier dédié à la logistique urbaine et aménager le territoire suivant les besoins des acteurs (bornes de recharge électriques, avitaillement) implique d'accorder une place à la logistique dans l'espace urbain. Préserver des espaces permettrait de réduire les distances parcourues par les marchandises et réduire les effets (polluants...), mais en densifiant ou construisant en hauteur pour limiter l'artificialisation des sols (ZAN). Tout comme l'arbre-mère, son emplacement est stratégique pour le fonctionnement global de l'écosystème en symbiose/coopération avec le réseau mycorhizien.
- **Synchronisée** : entre les différents acteurs de la logistique urbaine et les politiques publiques, afin de pouvoir s'adapter à différentes échelles (légal, organisationnelle etc.) et assurer une meilleure résilience de l'écosystème. A l'image du printemps, toutes les espèces s'éveillent au même moment grâce à la température et la lumière.
- **Raisonnée et responsabilisée** : le vivant ne surexploite pas ses ressources, les saisons incitent les espèces à adapter leur alimentation en fonction de celles qui sont disponibles. D'un point de vue des politiques publiques, la ressource est la ville et plus particulièrement la voirie. Le partage de cette voirie entre tous les usagers est un enjeu majeur. Il semble important d'avoir une plus grande harmonisation des réglementations (ZFE, accès ZFE, augmentation des plages horaires, horaires décalés, péages etc.) favorisant les livraisons décarbonées et des aires de livraisons. Une autorégulation des acteurs de la logistique urbaine semble peu probable, c'est pourquoi les pouvoirs publics doivent jouer le rôle de « régulateur » pour définir des règles applicables à tous. En ce qui concerne le consommateur, qui est finalement à l'origine du flux de commandes e-commerce, il doit impérativement être sensibilisé aux effets de ces livraisons sur l'environnement, comprendre qu'une livraison n'est jamais « gratuite » et qu'à l'image du vivant, il existe des *solutions lentes à petites échelles*.

Ainsi, la logistique urbaine, innovante et durable, inspirée du vivant décrite ci-dessus intègre la gestion des flux (physiques et d'informations) mais surtout demande une approche globale, systémique où la coopération entre les acteurs privés et publics et privés-privés, est un facteur-clé.

"Everything you can imagine, nature has already created"

Albert Einstein

7. Projections et leviers

Logistique urbaine et e-commerce sont fortement liés : l'un a besoin de l'autre pour opérer et satisfaire la demande du client. Une chose est certaine : les marchandises, même dans le Métavers, doivent et devront dans le futur continuer à être transportées, de plus ou moins loin, vers des destinations plus ou moins proches du consommateur. Aucun territoire ne pouvant devenir autosuffisant, Paris, par exemple, ne dispose que de 3 jours de réserves alimentaires⁵⁵. Le besoin de transport n'est pas près de disparaître. Avec une croissance de +10% par an du e-commerce et un phénomène d'urbanisation de MGP, comme expliqué précédemment, la logistique urbaine sera encore plus sous tension alors qu'elle doit devenir durable...

Des solutions inspirées du vivant ont émergées lors de ce travail de recherche. Même si certaines sont déjà existantes, deux leviers me semblent intéressants à développer pour une logistique urbaine durable et innovante : la coopération des parties prenantes et la sensibilisation des consommateurs.

7.1. Coopérer pour designer la logistique urbaine durable

Comme expliqué tout au long de ce mémoire, la logistique urbaine s'appuie sur une gestion optimisée des flux de marchandises en milieu urbain. Pour la Métropole du Grand Paris il s'agit d'un enjeu majeur surtout avec le développement du e-commerce. L'atomisation des commandes, le raccourcissement des délais de livraison et le développement de la gratuité des frais de port ont contribué à accentuer son impact négatif sur la ville et ses habitants.

Les politiques publiques s'emparent du sujet avec la publication de nombreux rapports comme celui remis au Gouvernement en 2021 intitulé « *Logistique urbaine durable* »⁵⁶, le programme *InTerLud* en charge de créer un cadre pérenne de dialogue entre les acteurs publics et privés et de sensibiliser les collectivités aux enjeux de la logistique urbaine, ou encore la démarche *France Mobilités* qui vise à soutenir l'expérimentation, le développement et la diffusion de solutions innovantes qui améliorent durablement la mobilité du quotidien et du dernier kilomètre dont la logistique urbaine fait partie. D'ailleurs c'est ce que souligne Jérôme Libeskind lors de notre entretien : « il y a une prise de conscience de l'importance des flux de marchandises en ville par les pouvoirs publics ».

Dans ces différents rapports et démarches traitant de la logistique urbaine durable, un facteur-clé revient systématiquement, celui de la **coopération** ou de la **collaboration**.

La logistique est par nature collaborative : elle est fondée sur une mise en relation entre un expéditeur et un destinataire, peu importe le nombre d'intermédiaires situés sur la chaîne. Mais si cela paraît simple en théorie, en pratique, cette coopération entre les acteurs économiques et institutionnels semble parfois difficile. Les acteurs interrogés l'ont souligné lors des entretiens : ils souhaitent « davantage de concertations » car ils ont bien conscience que seuls, ils ne pourront trouver la solution voire la mettre en place.

Le *network design* est un bon exemple. Concevoir un réseau de distribution en ville et ses infrastructures (hubs, micro-hubs...) ne peut être traité par un acteur de manière isolée. Le foncier étant rare, les collectivités territoriales doivent prendre en compte la logistique urbaine dans l'aménagement du territoire et sécuriser le foncier.

⁵⁵ Marie-Noëlle Bertrand, « Sans approvisionnement, Paris n'a que trois jours de vivres devant lui », L'Humanité, 8 avril 2020, <https://www.humanite.fr/planete/covid-19/sans-approvisionnement-paris-na-que-trois-jours-de-vivres-devant-lui-687563>.

⁵⁶ Anne-Marie Idrac, Anne-Marie Jean, Jean-Jacques Bolzan, « Logistique urbaine durable - mission LUD pour le Gouvernement ».

Tout comme dans *le vivant qui mise sur la coopération et la symbiose*, la mise en place d'un cadre collaboratif entre acteurs privé-public mais également privé-privé permet d'identifier des solutions, de les tester, de les évaluer et de les partager pour une mise en application.

Pour cela, une **équipe pluridisciplinaire** composée de biologistes, de designers, d'experts (de la logistique, du e-commerce...) et de biomiméticiens doit être mise en place afin d'imaginer et de designer les solutions de la *logistique urbaine de demain* comme j'ai commencé à la faire dans mon travail de recherche. Le processus biomimétique décrit par Pierre-Emmanuel Fayemi, cité précédemment, vise à proposer un cadre pour des échanges formalisés permettant l'abstraction du problème. Au-delà de la méthode, la composition du groupe de travail est un facteur clef pour la réussite d'un projet. Il s'agit d'apprendre à coopérer les uns avec les autres en se respectant mutuellement, pour enrichir la réflexion, les compétences, issus de milieux divers (scientifique, technique, philosophique...). Emmanuel Delannoy écrit dans son dernier livre⁵⁷ « *le succès de la démarche suppose de mettre la diversité (des expériences, des regards et des compétences) au service de la (bio)diversité. Mettre en œuvre le biomimétisme, c'est aussi et déjà en soi une démarche biomimétique !* ».

7.2. Prises de conscience & sensibilisation du consommateur

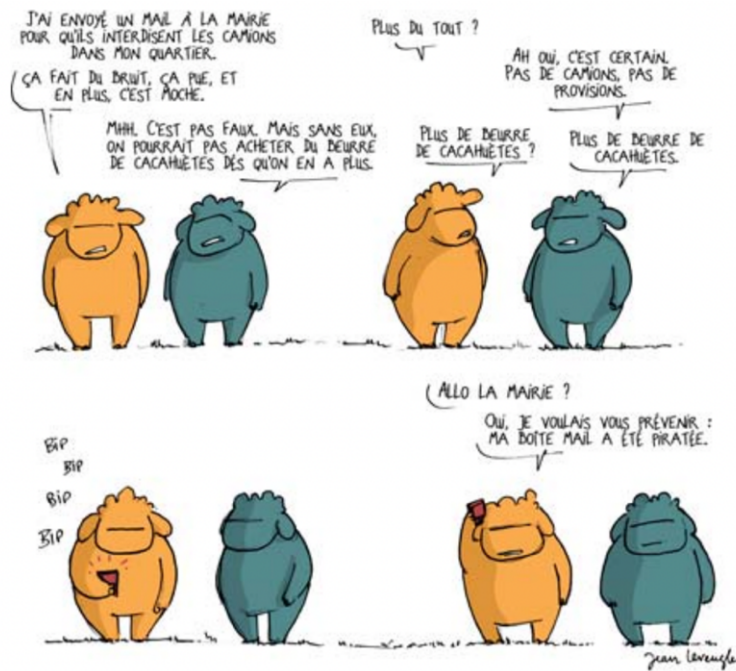
Avec la croissance du e-commerce, la logistique est de plus en plus visible dans l'espace urbain. Les livreurs circulent, se garent, déchargent, consultent leur smartphone, argumentent auprès des automobilistes pour justifier le stationnement en double-file, interagissent avec les commerçants, avec les habitants qu'ils doivent livrer. Ils sont en camion, en camionnette, à moto, à scooter, en vélo-cargo ou même à pied.

Celui qui est à l'origine de ces commandes en ligne, c'est le **consommateur**. Derrière son écran, sa tablette ou son téléphone, assis dans son bureau, dans le métro ou dans son lit, avant de se coucher, il commande, *en un clic*.

Ainsi chaque consommateur impacte directement la logistique urbaine positivement ou négativement selon ses comportements d'achats. Encore faut-il qu'il en ait conscience...

Jean Leveugle, ci-dessous, illustre ce manque de connaissances de la logistique urbaine en décrivant le syndrome NIMBY, l'acronyme de *Not in my back yard* qui désigne « l'attitude des personnes qui veulent tirer profit des avantages d'une technologie moderne, mais qui refusent de subir dans leur environnement les nuisances liées aux infrastructures nécessaires à son installation » (Wikipédia). Hypothèse confirmée : 80% des acheteurs en ligne ne sont pas conscients du fait que la livraison rapide a un impact plus négatif sur l'environnement que la livraison standard plus lente (enquête B2C Europe, 2018)

⁵⁷ Delannoy Emmanuel, *Biomimétique*, s. d.



Le phénomène *nimby*¹ illustré par Jean Leveugle.

Figure 65: Le phénomène NIMBY sur la logistique urbaine, Jean Leveugle

La logistique urbaine a des effets sur la ville, ses habitants et ses acteurs économiques, point développé dans le chapitre 2. Mais le choix des modes de consommation et de livraison à l'échelle individuelle peut conduire à réduire ces effets. C'est pourquoi la **sensibilisation du consommateur** me semble être un facteur-clé pour rendre la logistique urbaine plus durable. Dans le rapport France Stratégies sur l'e-commerce⁵⁸, plusieurs pistes sont explorées comme les *livraisons lentes* (de + 24 heures) qui permettent une massification des flux et donc de réduire les kilomètres parcourus et les polluants, les *modalités de retour* des produits plus contraignantes, la *livraison en point de retrait* plutôt qu'à domicile, les *emballages réutilisables*. C'est en quelque sorte une **éloge de la lenteur**, au moment où les offres de livraisons instantanées Gorilla, Cajoo se développent rapidement.

L'argument commercial qu'était la rapidité de livraison devient ainsi obsolète. La *valeur du temps*, pour les individus mais aussi pour les flux de marchandises, pourrait changer nos sociétés, d'un point de vue économique (Gary Becker, *Une théorie de l'allocation du temps*, 1965) et d'un point de vue sociologique (Hartmut Rosa, *Accélération*).

Mais comment rendre désirable des livraisons plus lentes alors qu'être livré à domicile, rapidement, permet à certains consommateurs de se libérer du temps ou de s'acquitter des achats « corvée » comme les courses alimentaires ? A bien y réfléchir, quels produits nécessiteraient réellement une livraison ultra rapide ? des médicaments... et...

Comment faire changer le comportement du consommateur ? comment lui faire prendre conscience de l'impact environnemental de son achat en ligne ? C'est bien là que le design intervient...

⁵⁸ Bon-Maury, Fosse, et Guérin, « Pour un développement durable du commerce en ligne-France Stratégies ».

On pourrait imaginer, à l'image des ateliers de la *fresque du climat*, une **fresque du e-commerce** (Figure 66) pour expliquer les effets directs et indirects d'une commande sur la ville, ses habitants, le climat... (ci-dessous, une première tentative de ma part, mais à adapter ultérieurement sans aucun doute)

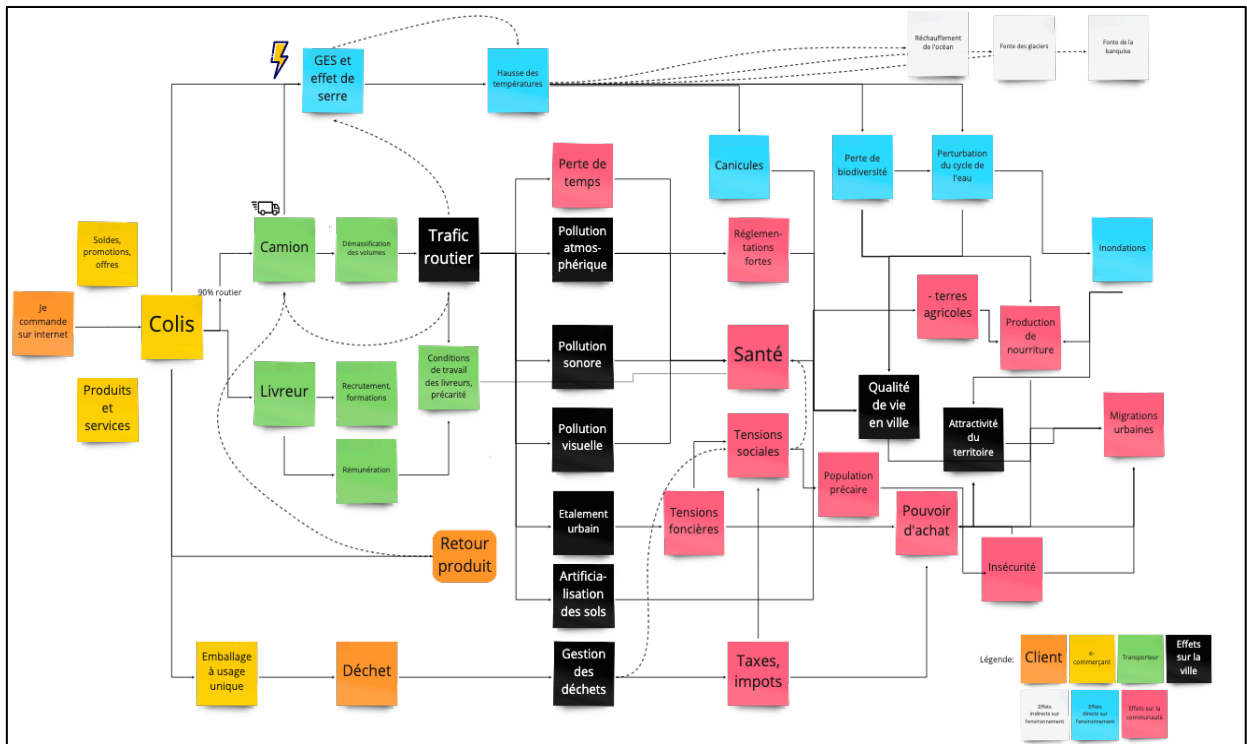


Figure 66: Draft d'une fresque du e-commerce en ville, réalisation personnelle

...Ou un outil de mesure comme le **bilan carbone** qui permettrait d'évaluer l'impact sur l'environnement d'un achat sur internet en fonction du lieu de production, des matériaux utilisés, de l'énergie, du mode de transport, de l'indice de réparabilité etc... (Figure 67). Même si des mesures individuelles sont nécessaires, elles ont leur limite, les 3/4 des émissions ne pourront être réduites sans l'impulsion politique et collective (comme pour le transport de marchandises).

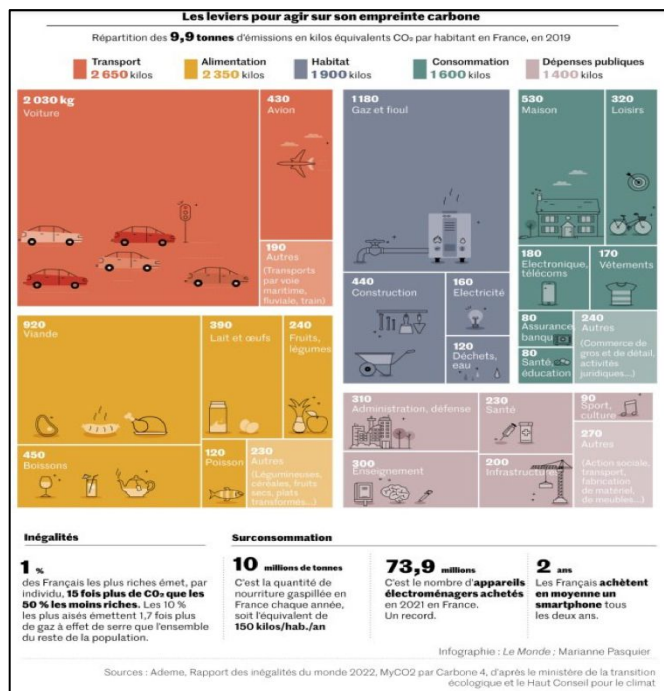


Figure 67: Bilan carbone d'un Français, Infographie: Le Monde, Source: Ademe, MyCO2 par Carbone 4, Mai 2022.

Au fil des pages de ce mémoire, je me remémore les enjeux climatiques, évoqués en introduction. Pour rester sous les 2°C d'ici 2050, il faut passer de 9,9 tonnes CO2 équivalent à 2 tCO2eq (Figure 67), soit diviser notre empreinte individuelle par 5.

Les avancées technologiques ne suffiront pas pour atteindre cet objectif, un **effort de sobriété** individuel et collectif est indispensable comme préconisé dans le dernier rapport du GIEC. France Stratégies⁵⁹ publiait en octobre 2021 « Ressources au prisme des soutenabilités » et indiquait que « *l'innovation verte, seule, ne sauvera pas l'Humanité. Une exploitation soutenable des ressources passe d'abord par la sobriété* ».

« *L'enjeu c'est de générer le besoin du non-besoin* »

Fabrice Bonnifet

*Directeur du développement Durable Qualité et Sécurité, Environnement Groupe Bouygues
Président du Collège des Directeurs de Développement Durable (C3D)*

Pierre Rabhi⁶⁰ utilisait la légende du Colibri pour illustrer que nous ne sommes pas impuissants face au désastre. Chacun fait sa part, c'est l'addition des actes individuels qui permettra le changement.

L'abondance énergétique a rendu possible la consommation et même la surconsommation (grâce à nos supers pouvoirs d'Iron-Man, dopé aux énergies fossiles - BD de Blain et Jancovici). La logistique urbaine s'adapte à ces nouveaux usages, à ces nouveaux comportements d'achat pour satisfaire une demande croissante de service. Mais il me semble utopique de croire que l'unique passage des véhicules thermiques à l'électrique (ou autre) permettra d'atteindre l'objectif des Accords de Paris...

Il faudra changer de paradigme.

Il faudra « en faire plus », créer de nouveaux imaginaires autour de la sobriété pour que les nouveaux modes de vie qui en découlent soient désirés et non imposés ...

⁵⁹ France Stratégies, « Ressources: la soutenabilité passe par la sobriété », 2022, <https://www.strategie.gouv.fr/actualites/ressources-soutenabilite-passe-sobriete>.

⁶⁰ Pierre Rabhi, *Vers la sobriété heureuse*, 2013.

8. Conclusion

Le commerce en ligne se développe tous les ans davantage et avec lui, une multitude de services de livraison promettant, bien souvent, un service toujours plus rapide. Cette performance logistique est un argument commercial et marketing souvent mis en avant par les e-commerçants qui fait mouche auprès du consommateur qui est devenu adepte des achats en ligne et des livraisons ultra-rapides. En quelques minutes, il commande tout ce dont il a envie, de l'autre bout de la Terre, ou du dark store en bas de chez lui. En 2022, *le bonheur c'est simple comme un simple clic*, en référence à la publicité de France Telecom des années 80 où il fallait passer *un coup de fil*.

Ce confort et plaisir « individuel » a, néanmoins, non pas UN, mais DES prix : un prix environnemental, un prix sociétal, un prix économique... pour la ville, ses habitants et ses acteurs. Se pose la question philosophique du choix individuel et son impact sur le collectif... Mais pour cela il me faudrait un nouveau semestre, donc revenons à nos « colis »... Les acteurs institutionnels s'emparent du sujet de la logistique urbaine et du e-commerce pour tenter de résoudre une équation complexe. Rapports gouvernementaux, programmes européens se multiplient pour former, informer, tester, faire coopérer toutes les parties prenantes et c'est une belle avancée pour ce secteur aujourd'hui sous tension.

Dans un contexte de raréfaction des ressources énergétiques, humaines et spatiales, la logistique urbaine du e-commerce doit trouver de nouvelles solutions, de nouvelles organisations afin de réduire son impact sur l'environnement et sortir du « Toujours plus, toujours plus vite ». C'est ainsi que j'ai souhaité explorer le vivant et m'en inspirer pour établir un *panel* de solutions bio-inspirées en lien avec les enjeux pour une logistique urbaine innovante et durable. Certaines des solutions existent, d'autres verront peut-être le jour, un jour mais je retiens, que l'inspiration du vivant m'a permis de me *décentrer*, de changer de regard sur un écosystème complexe en mutation.

J'ai pris beaucoup de plaisir à faire ce travail de recherche dans le cadre du Master Nature Inspired Design à l'ENSCI-Les Ateliers et à mettre en application la méthode design et biomimétique. Ce mémoire (long, je l'accorde) s'inscrit dans ma reconversion professionnelle, après plus de 20 ans dans la distribution de meubles et accessoires de décoration, en... logistique (eh oui !).

En conclusion, je dirais que ce mémoire et ces 18 mois de formation m'ont beaucoup apporté, tant personnellement que professionnellement. Être en équilibre avec soi-même, avec ses valeurs, me donne beaucoup d'énergie et m'a permis d'entreprendre d'autres projets : je suis fresqueuse du climat, je participe activement à la vie de l'association Bailly Noisy en Transition (Villes en transition Rob Hopkins) et je viens de créer mon cabinet de conseils en logistique « durable », Feuille de route Conseils...

Le monde des connaissances est assez riche pour peupler notre vie, sans y ajouter le besoin de bibelots inutiles qui ne feraient qu'accaparer notre esprit et nos heures de loisir »

Charlotte Perriand, Une vie de création

9. Bibliographie

- ADEME. « Engagement volontaire en faveur de la logistique urbaine ». La librairie ADEME, 2018. <https://librairie.ademe.fr/mobilite-et-transport/887-engagement-volontaire-en-faveur-de-la-logistique-urbaine.html>.
- Alain Rey. *Dictionnaire Historique de la Langue Française*. Le Robert., 2011.
- Anne-Marie Idrac, Anne-Marie Jean, Jean-Jacques Bolzan. « Logistique urbaine durable - mission LUD pour le Gouvernement », 2021. https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/210716_LUD_Rapport%20final.pdf.
- APUR. « Atlas des Grandes Fonctions Métropolitaines – Logistique », juin 2017, 100.
- Apur. « Drive piétons, dark kitchens, dark stores Les nouvelles formes de la distribution alimentaire à Paris ». Apur, 16 février 2022. <https://www.apur.org/fr/nos-travaux/drive-pietons-dark-kitchens-dark-stores-nouvelles-formes-distribution-alimentaire-paris>.
- APUR. « Note n°207 - 2 165 423 habitants à Paris au 1er janvier 2019 », janvier 2022, 8.
- Benyus, Janine. *Biomimétisme: Quand la nature inspire des innovations durables*. Rue de l'Echiquier., 2002.
- Blaise Leclerc. *Apprendre à ralentir. Plaidoyer pour un monde apaisé*. Terre vivante., 2021.
- Bon-Maury, Gilles, Julien Fosse, et Vivien Guérin. « Pour un développement durable du commerce en ligne-France Stratégies », 2021, 318.
- DABLANC, Laetitia, Zeting Liu, Martin Koning, Jens KLAUENBERG, Leise KELLI DE OLIVEIRA, Corinne Blanquart, François COMBES, et al. « Observatory of Strategic Developments Impacting Urban Logistics ». Research Report. IFSTTAR - Institut Français des Sciences et Technologies des Transports, de l'Aménagement et des Réseaux, janvier 2017. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01627824>.
- Delannoy Emmanuel. *Biomimétique*, s. d.
- Descarrega B. et Moati P. « Modes de vie et mobilité – Une approche par les aspirations. Phase quantitative Rapport de recherches du Forum Vie Mobiles. », 2016. <https://docplayer.fr/213676210-Modes-de-vie-et-mobilite.html>.
- Dore, Alexandre, Mathieu Lihoreau, Dominique Henry, et Hervé Aubert. « How do bees move across the landscapes? » *The Project Repository Journal* 12 (31 janvier 2022): 76-79. <https://doi.org/10.54050/PRJ1218299>.
- DS Smith, Forbes Insight. « L'économie de l'espace vide », 2018. <https://blog.dssmith.com/hubfs/France/DSSP%20Livre%20blanc%20-%20Empty%20Space%20-%20FR.pdf?hsCtaTracking=aa107a38-c286-4e8f-9a55-9189d9b0850d%7Cf33049eb-eb61-4dee-a5cd-754ae259a96b>.
- Emmanuel Delannoy. « Permaeconomie ». Permaeconomie. Consulté le 7 juin 2022. <http://permaeconomie.fr/>.
- Etienne Klein. « Non, le temps ne s'accélère pas ». Le Huffington Post, 24 janvier 2013. https://www.huffingtonpost.fr/etienne-klein/acceleration-du-temps_b_2527092.html.
- Fabrice Bonnifet, Céline Puff Ardichvili. *L'entreprise contributive, concilier monde des affaires et limites planétaires*. Dunod., 2021.
- FEVAD. « Bilan du e-commerce en France en 2021 : Les Français ont dépensé 129 milliards d'euros sur internet ». *Fevad, la Fédération du e-commerce et de la vente à distance* (blog), 3 février 2022. <https://www.fevad.com/bilan-du-e-commerce-en-france-en-2021-les-francais-ont-depense-129-milliards-deuros-sur-internet/>.
- ———. « Classement FEVAD 2022 des sites e-commerce en nombre de clients -

Fevad, la Fédération du e-commerce et de la vente à distance », 11 janvier 2022. <https://www.fevad.com/classement-fevad-2022-des-sites-e-commerce-en-nombre-de-clients/>, <https://www.fevad.com/classement-fevad-2022-des-sites-e-commerce-en-nombre-de-clients/>.

- ———. « Evolution des comportements d'achat - Baromètre trimestriel de l'audience du e-commerce en France – Bilan de l'année 2021 ». *Fevad, la Fédération du e-commerce et de la vente à distance* (blog), 3 février 2022. <https://www.fevad.com/barometre-trimestriel-de-laudience-du-e-commerce-en-france-bilan-de-lannee-2021/>.
- France Stratégies. « Ressources: la soutenabilité passe par la sobriété », 2022. <https://www.strategie.gouv.fr/actualites/ressources-soutenabilite-passe-sobriete>.
- « France traffic report | TomTom Traffic Index ». Consulté le 15 mai 2022. https://tomtom.com/en_gb/traffic-index/france-country.
- Gautier Chapelle, et Michèle Decoust. *Le Vivant comme modèle: Pour un biomimétisme radical*. Albin Michel., 2015.
- Hartmut Rosa. *Accélération. Une critique sociale du temps*. La Découverte., 2010.
- Holmgren, David. *Permaculture. Principes et pistes d'action pour un mode de vie soutenable*. Rue de l'Echiquier., 2014.
- « Innovation Inspired by Nature — AskNature ». Consulté le 22 mai 2022. <https://asknature.org/>.
- Institut Paris Region. *Robomobilité et logistique: vers une supply chain 100 % autonome ?* Paris: IAU Île-de-France, 2018.
- Jancovici-Blain. *Le Monde sans fin*. Dargaud., 2021.
- Jérôme Libeskind. *Si la logistique m'était contée (Livre 2021)*. FYP. Consulté le 21 février 2022. <https://www.logicites.fr/article/si-la-logistique-metait-contee/>.
- JL Deneubourg. « Individuellement les insectes sont bêtes, collectivement, ils sont intelligents... » *Le temps*, 2011.
- Le Monde. « Le service rendu par les pollinisateurs évalué entre 2 et 5 milliards d'euros par an en France ». *Le Monde.fr*, 24 novembre 2016. https://www.lemonde.fr/planete/article/2016/11/24/le-service-rendu-par-les-pollinisateurs-evalue-entre-2-et-5-milliards-d-euros-par-an-en-france_5037563_3244.html.
- <https://www.ecommercemag.fr/>. « Les chiffres clés du ship-from-store ». Consulté le 2 mai 2022. https://www.ecommercemag.fr/Thematique/logistique-1222/Infographies/Les-chiffres-cles-ship-from-store-343653.htm#&utm_source=social_share&utm_medium=share_button&utm_campaign=share_button.
- « Low-Emission Adaptive last mile logistics supporting "on Demand economy" through digital twins | LEAD Project | Fact Sheet | H2020 | CORDIS | European Commission ». Consulté le 13 mai 2022. <https://cordis.europa.eu/project/id/861598/fr>.
- Marie-Noëlle Bertrand. « Sans approvisionnement, Paris n'a que trois jours de vivres devant lui ». *L'Humanité*, 8 avril 2020. <https://www.humanite.fr/planete/covid-19/sans-approvisionnement-paris-na-que-trois-jours-de-vivres-devant-lui-687563>.
- Marissa PLOUIN Benoit PETIT et de Michel RUDY. « Bruit dans la ville ». Direction régionale et interdépartementale de l'Équipement et de l'Aménagement d'Ile-de-France. Consulté le 7 avril 2022. https://www.driea.ile-de-france.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Le_bruit_dans_la_ville_2011_cle2c6b6a.pdf.
- « Mathieu Lihoreau | BEHAVIOURAL AND COGNITIVE ECOLOGY LAB ». Consulté le 5 juin 2022. <http://www.mathieu-lihoreau.com/>.
- Michel Le Van Quyen. *Cerveau et Nature, Pourquoi nous avons besoin de la beauté du monde*. Flammarion., 2022.

- Ministère de la transition écologique. « Plan national pour le développement de la cyclologistique ». Ministère de la Transition écologique, 2021. <https://www.ecologie.gouv.fr/plan-national-developpement-cyclologistique>.
- Nature=Futur! La chaîne de la bio-inspiration. *Des plantes pour la chimie verte*, 2019. <https://www.youtube.com/watch?v=N9rVSa4nX7o>.
- Oliver Wyman. « Légendes Logistiques Urbaines », 2020, 38.
- www.rtl.fr. « Paris va-t-il vraiment se vider de ses habitants? » Consulté le 30 mai 2022. <https://www.rtl.fr/actu/debats-societe/paris-va-t-il-vraiment-se-vider-de-ses-habitants-7900042065>.
- Pierre Vermeren. *L'impasse de la métropolisation*. Gallimard., 2021. <https://fr.fr1lib.org/book/16991127/d36b2d>.
- Pierre-Emmanuel Fayemi. « Innovation par la conception bio-inspirée : proposition d'un modèle structurant les méthodes biomimétiques et formalisation d'un outil de transfert de connaissances », s. d. <https://www.theses.fr/2016ENAM0062>.
- « Plus d'un emploi sur deux est un emploi de bureau dans la métropole du Grand Paris - Insee Analyses Ile-de-France - 124 ». Consulté le 26 avril 2022. <https://www.insee.fr/fr/statistiques/4983799>.
- « Programme Innovations Territoriales et Logistique Urbaine Durable - InTerLUD - Interlud ». Consulté le 12 juin 2022. <https://www.interlud.green/>.
- Rabhi, Pierre. *Vers la sobriété heureuse*, 2013.
- Sébastien Bohler. *Le Bug humain*. Robert Laffont., 2019.
- Sécurité routière. « Bilan 2021 de la sécurité routière | Observatoire national interministériel de la sécurité routière ». Consulté le 3 juin 2022. <https://www.onisr.securite-routiere.gouv.fr/etat-de-l-insecurite-routiere/bilans-annuels-de-la-securite-routiere/bilan-2021-de-la-securite-routiere>.
- Sénat. « Villes du futur, futur des villes : quel avenir pour les villes du monde? » Consulté le 28 avril 2022. <http://www.senat.fr/rap/r10-594-1/r10-594-14.html>.
- TEDx Talks. *Tout s'accélère | Gilles Vernet | TEDxESSCA*, 2017. <https://www.youtube.com/watch?v=TIvXy024FS0>.
- The shift project. *Climat, crises: Le plan de transformation de l'économie française*. Odile Jacob., 2022.
- « Toujours plus d'habitants dans les unités urbaines - Insee Focus - 210 ». Consulté le 26 avril 2022. <https://www.insee.fr/fr/statistiques/4806684>.
- « Un nouveau rapport du WWF révèle que le déclin de la nature coûterait près de 500 milliards de dollars par an d'ici 2050 | WWF France ». Consulté le 8 juin 2022. <https://www.wwf.fr/vous-informer/actualites/un-nouveau-rapport-du-wwf-revele-que-le-declin-de-la-nature-couterait-pres-de-500-milliards-de>.
- urbaparis. *Logistique urbaine - Grand Paris*, 2019. <https://www.youtube.com/watch?v=MCHHIAqcE88>.
- Usbek & Rica. « L'uberisation met en danger la vie des travailleurs ». Consulté le 17 mai 2022. <https://usbeketrica.com/fr/article/l-uberisation-met-en-danger-la-vie-des-travailleurs>.
- Wikipédia. « Ville ». In *Wikipédia*, 31 mai 2022. <https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Ville&oldid=194138282>.
- World Economic Forum. « Future of the last mile ecosystem », 2020. https://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_the_last_mile_ecosystem.pdf.

10. Table des illustrations

Figure 1: Extrait de la BD "Le Monde sans fin", Iron-Man et ses super pouvoirs, Jancovici-Blain, Dargaud, 2021	12
Figure 2: Les Temps modernes, Charlie Chaplin, 1936, internet.....	13
Figure 3: Spirale de l'accélération, Hartmut Rosa, 2010	14
Figure 4: Cerveau humain - cortex cérébral et striatum	15
Figure 5: Chiffres d'affaires e-commerce France, FEVAD, Bilan 2021.....	16
Figure 6: Comportement d'achat des cyberacheteurs, Fevad, Bilan 2021.....	17
Figure 7: Fréquence d'achat en ligne, Fevad, Bilan 2021.....	17
Figure 8 Baromètre e-commerce, FEVAD-Médiamétrie, Nov. 2021	18
Figure 9: Préparation de commandes pour un drive alimentaire	19
Figure 10: Delipop, point de retrait automatisé	19
Figure 11: Exemples de click & collect, point de retrait	19
Figure 12: APUR, Nouvelles formes de distribution alimentaire, février 2022	19
Figure 13: Matrice effort du consommateur et délai de livraison de la commande – réalisation personnelle.	20
Figure 14: Critères principaux d'achat en ligne, Fevad, Bilan 2021	21
Figure 15: Etude IFOP pour Star Service, 2021	22
Figure 16: Politique RSE, Bilan 2021, Fevad	22
Figure 17: Livraison au départ du BHV, Paris, 1970	23
Figure 18: Fonctions de la logistique urbaine, réalisation personnelle.....	24
Figure 19: Acteurs de la logistique urbaine avec Partner map, Circulab, réalisation personnelle	25
Figure 20: Déchargement des caisses mobiles Franprix dans Paris, HAROPA Ports-de-Paris	26
Figure 21: Schéma simplifié de la chaîne logistique du e-commerce et de la logistique urbaine (service de livraison à domicile), réalisation personnelle de facilitation graphique ..	27
Figure 23: Livraison en vélo cargo, internet	28
Figure 22: Emissions de GES par type de véhicules et équivalence d'empport, France Logistique février 2022.....	28
Figure 24: solutions de livraison du dernier kilomètre/dernier mètre, World Economic Forum, Janvier 2020.....	29
Figure 25: Périmètre de la ZFE Métropole du Grand, Paris	30
Figure 26: Carte Métropole du Grand Paris, Paris.fr	31
Figure 27: Mouvements hebdomadaires, Atlas des Grandes Fonctions Métropolitaines, APUR, 2018.....	32
Figure 28: Mouvements par activité (en milliers/semaine), « La logistique, une fonction vitale », Institut d'aménagement et d'urbanisme IDF, 2018	32
Figure 29: Mouvements de marchandises en IDF, Atlas des Grandes Fonctions Métropolitaines, APUR, 2018.....	33
Figure 30: Nombre de mouvements hebdomadaires, « Logistique urbaine : vers un schéma d'orientation logistique parisien » APUR, 2014	33
Figure 31: Trafic sur le périphérique parisien, internet.....	34
Figure 32: Cumul des bouchons par tranche horaire un mardi à Paris, Sytadin	35
Figure 33: Déchargement en double file et trafic du matin (9h30), boulevard Beaumarchais, Paris, photos personnelles	36
Figure 34: Impact du trafic de marchandises sur la qualité de l'air, Ademe, 2015	36
Figure 35: Véhicule de livraison, Plate-forme Logistique Gennevilliers	37
Figure 36: Plateforme logistique de Conforama à Tournan-en-Brie de 177.500 m2	38
Figure 37: l'immobilier logistique dans la Métropole du Grand Paris, APUR, avril 2022.....	38
Figure 38: Espace vide transporté en moyenne dans les emballages, DS Smith & Forbes Insight, 2018.....	39

Figure 39: Carte de Paris, Frans Hogenberg, 1590.....	46
Figure 40: Évolution de la population parisienne comparée intra-muros, agglomération et aire urbaine depuis 1800, INSEE	47
Figure 41: Etude Descarrega & Moati, 2015.....	48
Figure 42: Schéma expliquant la sémantique autour du biomimétisme, normes ISO, Myceco, 2021.....	49
Figure 43: les pales d'éoliennes de WhalePower, inspirées de nageoires de la baleine à bosse	50
Figure 44: Des plantes pour la chimie verte, Nature = Futur	50
Figure 45: Kalundborg Symbiosis au Danemark, un cas de symbiose industrielle du traitement des déchets.....	50
Figure 46: Services écosystémiques adaptés du Millenium Ecosystem Assessment de 2005, WWF	51
Figure 47: Objectifs de développement durable, ONU.....	52
Figure 48: Modèle de processus biomimétique problem-driven unifié, Thèse Pierre-Emmanuel Fayemi, 2017	55
Figure 49: Processus biomimétiques de résolution de problème, Anneline Letard.....	56
Figure 50: Design process, Simon d'Henin, 2021	56
Figure 51: Méthode de l'iceberg, réalisation personnelle	57
Figure 52: Schéma de classement des systèmes, réalisation personnelle.....	57
Figure 53: Principes de la permaéconomie, Emmanuel Delannoy, "Permaéconomie"	60
Figure 54: Taxonomie, Biomimicry 3.8.....	62
Figure 55: Ask nature, internet	62
Figure 56: Design de la recherche, réalisation personnelle	62
Figure 57: Schéma des acteurs de la logistique urbaine du e-commerce, réalisation personnelle	63
Figure 58: Pomme de pin et abeille, internet.....	72
Figure 59: Fiche biologique "Crépis de Nîmes", réalisation personnelle.....	72
Figure 60: Arbres solidaires, National Geographic.....	73
Figure 61: Gorgonia ventalina, Jérôme Fournier, CNRS.....	74
Figure 62: Fiches biologiques "Poisson-clown & anémone », « Hermelle", réalisation personnelle	75
Figure 63: Classification des solutions bio-inspirées, réalisation personnelle	75
Figure 64: Fiches d'évaluation des solutions bio-inspirées (1 par acteur), réalisation personnelle	77
Figure 65: Le phénomène NIMBY sur la logistique urbaine, Jean Leveugle	82
Figure 66: Draft d'une fresque du e-commerce en ville, réalisation personnelle	83
Figure 67: Bilan carbone d'un Français, Infographie: Le Monde, Source: Ademe, MyCO2 par Carbone 4, Mai 2022.....	83

11. Annexes

11.1. Analyse de mots⁶¹

Logistique n. f. a été emprunté à plusieurs reprises depuis le XVI e s. (1546) au dérivé grec *logistikos*, « relatif au calcul », « qui concerne le raisonnement », substantivé avec le premier sens au féminin *logistikê*, avec le second au neutre *logistikôn*. Le mot est dérivé de *logizomai* « calculer, raisonner, réfléchir », lui-même formé sur *logos*. Le français l'a introduit comme nom propre de la raison dans la traduction du *Songe de Poliphile* et pour désigner « celui qui pratique le raisonnement » (1593).

◆ Il l'a repris une deuxième fois (1611) pour désigner la partie de l'arithmétique et de l'algèbre concernant les quatre opérations ; ce sens disparu a fourni un adjectif (1765), « qui concerne le calcul ».

◆ Depuis 1904, logistique est appliqué à la logique symbolique dans une volonté de différenciation des autres logiques (sens abandonné progressivement lorsque logique s'est appliqué normalement aux formalismes).

◆ C'est dans ce sens qu'il a produit LOGISTICIEN , IENNE adj. et n. (1908).

■ Quant au sens militaire de logistique, « *art de combiner des moyens de transport, de ravitaillement et de logement des troupes* » (1840), il procéderait soit de logistique, soit (selon l'Oxford Dictionary) de *loger**.

Par extension, le mot recouvre l'ensemble des moyens et méthodes concernant l'organisation (1960) et s'emploie aussi adjectivement au sens correspondant (1970). ■ Du radical de logique (n. f.) est dérivé au XX e s. le terme didactique LOGICISME n. m. (1920) « attitude qui tend à faire prévaloir le point de vue ou les méthodes de la logique (dans un domaine de la connaissance) », d'où LOGICISTE n. (attesté 1930).

Logique n. f. a été emprunté (v. 1245) au latin *logica* « science des lois du raisonnement », lui-même emprunté au grec *logikê* (sous entendu *tekhnê*), substantivation du féminin de l'adjectif *logikos* « qui concerne la raison » également « qui concerne la parole ». *Logos*, forme de type ancien et de très grande importance, signifie « propos, paroles » et, en ionien-attique, « récit, compte, explication, considération, raisonnement, raison » ainsi que « parole ».

◆ Depuis le début du XVIII e s. (1718), le mot est employé avec le sens plus large de « manière de raisonner », en général « manière correcte », mais sans conformité nécessaire avec les règles de la logique formelle.

◆ Logique a aussi pris (1762) la valeur d'« enchaînement cohérent d'idées » et de « raisonnement juste ». Depuis la même époque, le mot concerne aussi, par métonymie, une suite cohérente et régulière d'actes, d'événements. Récemment, cet emploi s'est répandu et généralisé pour désigner un type de régularité, d'enchaînement de faits attribué à certaines situations (la logique de la crise, de la paix, une logique de crise, etc.).

■ L'emploi technique du mot s'est naturellement intégré au vocabulaire de l'informatique, pour une suite d'opérations destinées à obtenir un résultat, d'où logiciel (ci-dessous).

L'adjectif LOGIQUE est emprunté (1536) au latin *logicus* « logique, raisonnable », lui-même repris à l'adjectif grec *logikos* « qui concerne le raisonnement ». ■ Il est apparu

⁶¹ {Citation}

avec le sens courant de « conforme au bon sens » (d'une chose, d'un être), développant tardivement (1821) la valeur didactique de « relatif à la science de la logique », puis de « conforme aux règles de la logique » (1833), d'où familièrement « cohérent, prévisible » et même « normal ». ♦ La philosophie l'utilise au sens de « qui se rapporte à la raison » (1867), comblant ainsi l'absence d'un adjectif correspondant à entendement. ♦ Plus largement, logique qualifie ce qui se rapporte non seulement à l'entendement mais à l'intelligence (intelligent étant ambigu). Il est employé en grammaire dans analyse logique (1867) ; au XX e s., il est entré dans le vocabulaire de l'informatique (circuits logiques).

■ En est dérivé LOGIQUEMENT adv. (1769), souvent employé à l'oral en tête de phrase au sens vague de « normalement, en principe » (av. 1854).

Organisation n. f. (1488) s'est d'abord dit de l'état d'un corps organisé et par métonymie de **l'ensemble des organes** (il sera éliminé dans ce sens par organisme) et aussi de la manière d'être d'un individu, au physique et au moral (1761). ♦ Il est surtout courant avec les sens figurés « constitution (d'une institution, d'un établissement public, privé) » [1798], « action de préparer, d'organiser » (1807). ♦ Par métonymie, il désigne une association, régie ou non par des institutions (1908), et recouvre l'ensemble des personnes appartenant à un groupe organisé. Des noms d'organisations ont produit des syntagmes usuels, tel Organisation des Nations unies, d'où le sigle O. N. U., et son dérivé ONUSIEN , IENNE adj. (1949). ♦ Organisation non gouvernementale, notamment en matière d'action humanitaire, est abrégé en O. N. G. n. f., sigle devenu usuel dans les années 1990.

Organisme ♦ Le mot a d'ailleurs développé alors son sens figuré : « ensemble composé d'éléments structurés » (en politique, économie) [1842].

Organe n. m. est emprunté (v. 1120) au latin organum « instrument » (en général), au figuré « ressort, moyen » et spécialement « instrument de musique » (→ orgue). C'est un emprunt au grec organon qui désigne un instrument de travail, de chirurgie, de musique, et qui s'emploie en anatomie pour désigner un élément du corps (Aristote). Le mot est aussi spécialisé en logique pour « instrument de connaissance » et plus rarement « résultat d'un travail ». Comme orgia (→ orgie) et eorgê « cuiller », il appartient au groupe de ergon « travail, œuvre » (→ exergue).

□ Le mot désigne d'abord comme en latin l'instrument de musique, sens disparu au profit d'orgue, mais dont on rencontre des traces jusqu'au XX e s. dans les ouvrages des spécialistes.

♦ En moyen français, après avoir désigné une première fois la voix humaine (v. 1190), il la caractérise en tant que moyen d'expression (1465) et, par métonymie, se dit de la personne qui sert de porte-parole, d'intermédiaire (v. 1550), puis, dans la période prérévolutionnaire, d'un journal exprimant les intérêts d'un parti, d'un groupe (1782). Par ailleurs, le mot a été réemprunté au grec organon dans sa spécialisation anatomique, s'appliquant au corps humain considéré comme un instrument (1404). Après l'adjectif **organique**, il en est venu à désigner la partie du corps remplissant une fonction déterminée (1466, orgain). Cette acception correspond à l'évolution des concepts en médecine et

en physiologie, et joue un rôle essentiel dans **l'histoire des sciences de la vie**, à partir du XVIII e s. (voir les dérivés). ■ Par l'intermédiaire de locutions du type organe de introduisant un nom de faculté ou de fonction (1668), par exemple dans organe des sens, le mot a développé au XIX e s. le sens figuré d'« agent, instrument », s'appliquant à chacun des éléments essentiels d'une machine (1860) et, plus abstraitement à une institution chargée de faire fonctionner certains services de l'État (1927).

Le dérivé verbal ORGANISER v. tr. (v. 1380) a d'abord eu le sens de « rendre apte à la vie » (disparu), avant de signifier « pourvoir (un corps) d'organes » (1510-1520). ♦ Le verbe a pris le sens figuré de « doter d'une structure » (1789, Sieyès) dans le cadre de l'organisation politique, d'où, particulièrement, « arranger, préparer (une composition artistique) » [1801] et « soumettre (qqn) à une façon efficace de vivre ou de penser » (1929), emploi rare en dehors du pronominal.

■ ORGANISÉ , ÉE , son participe passé, est adjectivé (1606) pour qualifier ce qui a telle disposition physique ou morale et ce qui est doté d'une structure, spécialement en **biologie** en parlant des **êtres vivants, formés de manière unitaire d'organes**, comme chez Bonnet, *Considérations sur les corps organisés* (1762). Il qualifie aussi la personne ou la chose qui appartient à une organisation (1847, Michelet). ■ Le verbe organiser a plusieurs dérivés : ORGANISATION n. f. (1488) s'est d'abord dit de **l'état d'un corps organisé et par métonymie de l'ensemble des organes** (il sera éliminé dans ce sens par organisme) et aussi de la manière d'être d'un individu, au physique et au moral (1761). ♦ Il est surtout courant avec les sens figurés « constitution (d'une institution, d'un établissement public, privé) » [1798], « **action de préparer, d'organiser** » (1807). ♦ Par métonymie, il désigne une association, régie ou non par des institutions (1908), et recouvre l'ensemble des personnes appartenant à un groupe organisé. Des noms d'organisations ont produit des syntagmes usuels, tel Organisation des Nations unies, d'où le sigle O. N. U., et son dérivé ONUSIEN , IENNE adj. (1949). ♦ Organisation non gouvernementale, notamment en matière d'action humanitaire, est abrégé en O. N. G. n. f., sigle devenu usuel dans les années 1990.

ORGANIQUE adj. et n. f. est emprunté (1314), avec influence de organe, au bas latin *organicus*, emprunté au grec *organikos* « qui concerne les instruments », « qui agit comme instrument », de *organon* (→ organe).

□ L'adjectif est introduit par les médecins avec son sens moderne de « qui concerne les organes d'un être vivant » (organe n'acquérant le sens correspondant que plus tard). ♦ Dans la seconde moitié du XVIII e s., il reçoit **en biologie et en chimie le sens particulier de « qui concerne la vie des êtres organisés »**, notamment dans les syntagmes fonctions organiques (1855), substances organiques (1805), chimie organique (1858) s'appliquant à la chimie des substances aptes à la vie, contenant du carbone. ♦ C'est également après 1750 qu'il prend le sens de « **qui provient d'organismes vivants** » (1769, Rousseau), réalisé spécialement au XX e s. en chimie et en géologie (matière organique, roche organique). Ces valeurs sont surtout productives depuis la diffusion du syntagme corps organisés au XVIII e et du substantif organisme au début du XIX e s. (voir ci-dessus). ♦ Parallèlement, organique qualifie au figuré ce qui concerne la constitution d'un être, d'une

chose (1765, dans géométrie organique) et ce qui est inhérent à sa constitution (1874). ■ Par emprunt au latin médiéval organica n. f. « technique des instruments de musique », féminin substantivé d' organicus signifiant « de musique, mélodieux », organique est employé comme nom féminin en histoire de la musique (1567) pour désigner la musique instrumentale chez les Anciens.

Urbain(e) adj., attesté isolément au XIV e s. (1354, Bersuire) et repris au XVII e s. (1624), puis au XVIII e s. (1725), est emprunté au latin urbanus « de la ville », opposé à rusticus (→ rustique), qui signifie au figuré « qui a les qualités de la ville », en particulier « poli, de bon ton » ; urbanus est dérivé de urbs « ville », désignant Rome, la ville par excellence. Ce mot est sans doute emprunté.

□ L'adjectif français s'applique à ce qui concerne la ville, par opposition à rural, emploi courant depuis le XVIII e siècle.

Urbaniser De urbanus a été dérivé URBANISER v. tr., autrefois employé (1783, Restif de la Bretonne) pour « faire acquérir des habitudes polies à qqn » et ensuite pour « donner le caractère citadin à (un lieu, qqn) » (1873), sens répandu au XX e s. avec la migration des campagnes vers les villes. ♦ De là le dérivé URBANISATION n. f. (av. 1924 ; 1919 pour « aménagement des zones urbaines »), devenu courant dans le contexte géopolitique et social. Urbanisation a sans doute subi l'influence du terme espagnol urbanización, créé par l'ingénieur I. Cerda en 1861 (avec le verbe urbanizar).

Crise n.f. du grec krisis, le mot « crise » est à l'origine un terme médical qui développera, par extension au domaine psychologique « le sens d'« accès avec manifestations violentes » (av. 1685, crises de passions ; 1825, crise de nerfs). Par transposition au domaine moral (1690), il se dit d'un moment critique, en parlant d'une intrigue, d'un procès (être dans la crise).

♦ De là, l'accent étant mis sur l'idée de trouble, de déséquilibre profond (1762), il se spécialise dans deux acceptions : une acception individuelle, à forte résonance psychologique (crise de l'adolescence) et une acception collective, sociale et économique : en ce sens, on parle depuis le début du XIXe s. de crise politique (1814), de crise financière (1823) et de crise commerciale (1837). Comme ces syntagmes, le concept peut être daté du XIXe s. : en effet, les difficultés de l'Ancien Régime n'étaient pas interprétées en termes de crises, ce type de problèmes aigus et cycliques se développant surtout après 1850 dans le cadre d'une économie industrielle capitaliste, notamment à partir de la crise de 1873. Le mécanisme en est illustré dans son paroxysme par celle de 1929, parfois désigné absolument par la crise. Depuis 1945, le vocabulaire économique tend à parler de récession, terme correspondant au remplacement du type de crise du système industriel par des paliers dans une courbe d'expansion ralentie ou localement [...] »

Vivant, adj. et n., tiré du participe présent, apparaît au XI e s. dans à son vivant « pendant sa vie » (v. 1050), ensuite en son vivant (v. 1155), emplois remplacés par de son vivant (1489). ♦ Le vivant, employé seul (1080), au sens de « durée de la vie », est sorti d'usage. ♦ L'adjectif s'applique (v. 1150) à une personne en vie (opposé à mort, morte) ; il est employé avec cette acception en droit dans le dernier vivant n. m. (XIII e s., li daerrains vivans). Homme vivant pour « qui que ce soit » est sorti d'usage (1273), de même que âme vivante (1636), mais on dit toujours âme qui vive (ci-dessus). ♦ BIEN - VIVANT n. m. (1464) s'est dit d'un chrétien vivant selon la religion. ♦ L'adjectif vivant, vivante employé seul se dit en religion d'un être humain qui jouit de la grâce ou de la vie céleste (1553). Le Dieu vivant (v.1485) désigne le Christ, incarné en homme vivant et assumant la vie spirituelle. Les vivants, terme de religion (1662), nomme les bienheureux jouissant de la vie éternelle.

♦ Par figure, vivant qualifie ce qui semble animé d'une sorte de vie, est actuel (1553), par exemple dans langue vivante (1647), opposé à langue morte, puis une chose qui a l'expression, les qualités de ce qui vit (1558), d'où portrait vivant (1640 ; 1606, vivant portrait). ■ Qualifié par bon, l'adjectif prend au XVII e s. un sens tout différent de celui de bien vivant, en religion ; bon vivant (1680) désigne une personne qui vit dans les plaisirs de la table et l'agrément, l'expression devenant un adjectif et un nom composé ; avec le même sens, vivant (1698) est sorti d'usage, comme vivante, n. f. qui s'est dit péjorativement d'une femme adroite et rusée (1767), emploi disparu au XIX e s. ♦

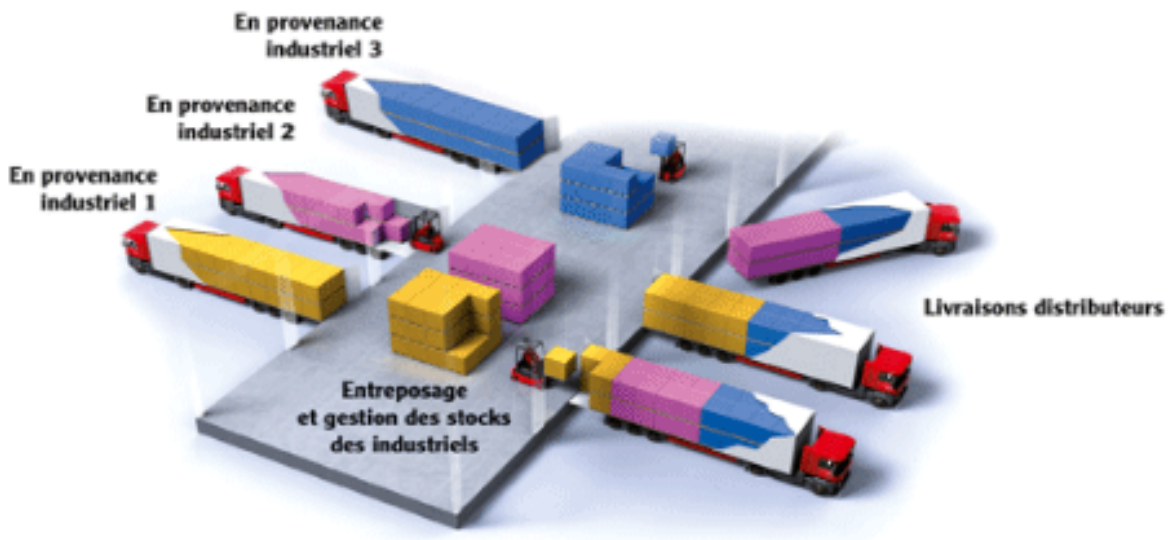
Quelques expressions sont apparues dans l'usage classique, concernant le sens premier de vivant, « en vie », par exemple s'ensevelir tout vivant (1686) « se retirer loin de toute société, mener une vie recluse », remplacé par s'enterrer vivant (1727). ■ Le mot, suivant l'évolution du concept de vie, s'applique aussi, depuis le XVIIe s. (1672), à **ce qui est doué de vie, animaux, plantes**, par opposition non plus à mort, mais à inanimé, plus tard à inorganique ; il signifie alors « **qui, par sa nature, est capable de vie** » ; l'adjectif avec cette valeur est substantivé, le vivant (1684, Bernier) désignant ce qui possède les propriétés vitales.

11.2. Innovations en matière de logistique urbaine

<https://www.francemobilites.fr/solutions?f%5B0%5D=a%3A4>

70 Solutions de mobilité de la logistique urbaine référencées sur la plate-forme en ligne de France mobilités

Hub logistique multi-clients



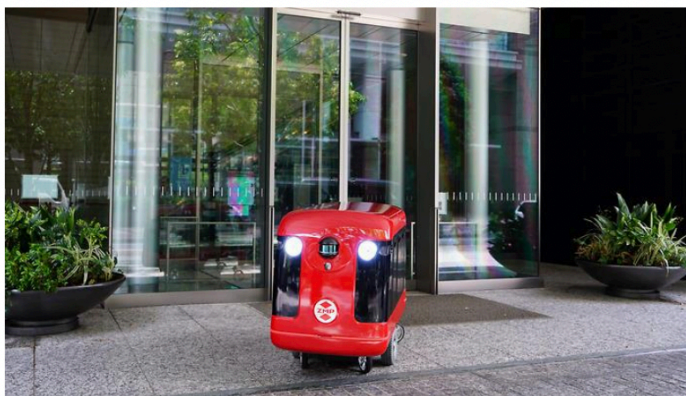
Robomobilité et logistique : vers une supply chain 100% autonome ?
- Livraison par drone (DHL):



- VUL automatisé pour livraison à domicile à Londres (Ocado)

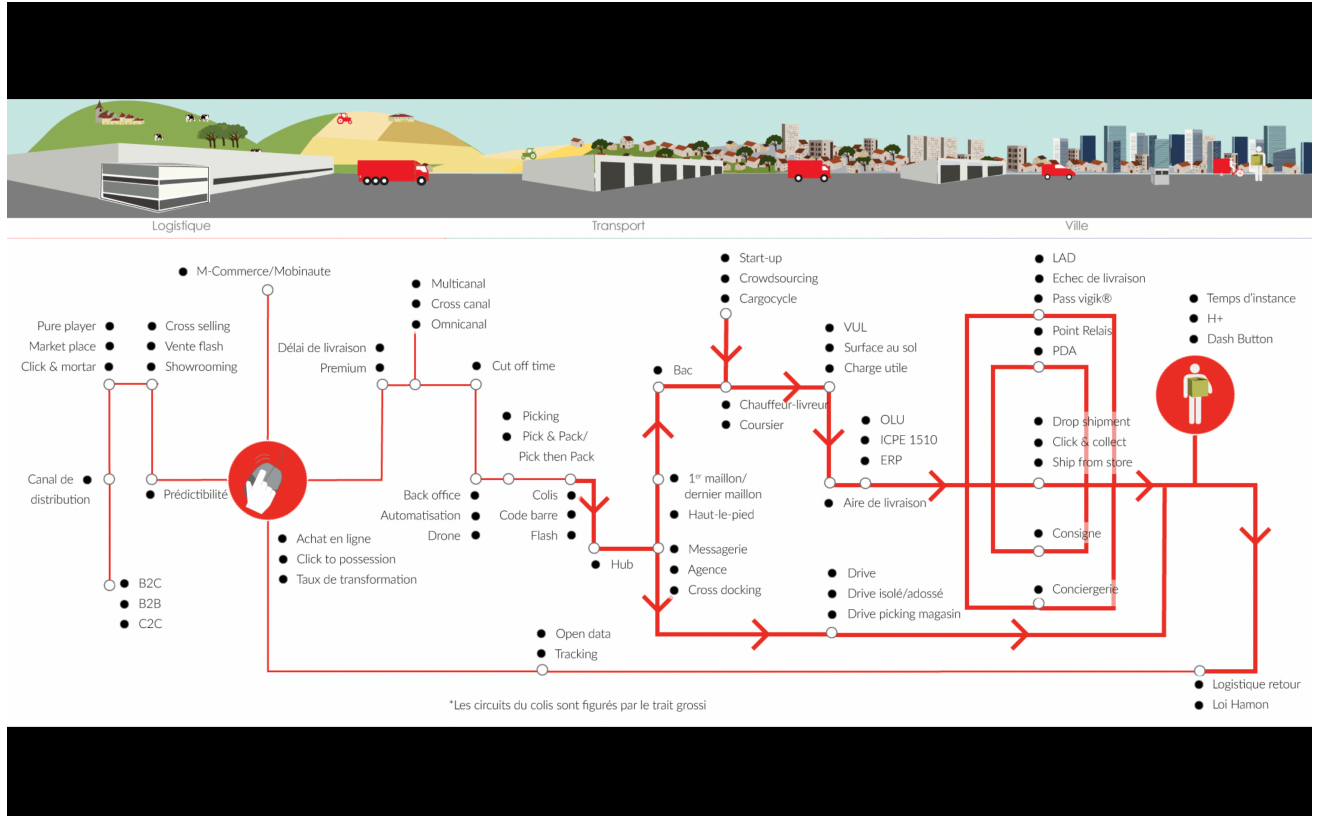


- Robot de livraison au Japon (ZMP)



11.3. Glossaire interactif du e-commerce et de la logistique

https://www.institutparisregion.fr/fileadmin/DataStorage/SavoirFaire/NosTravaux/Mobilite_et_transports/Transport-de-marchandises-logistique/glossaire/GlossaireEcommerceLogistique.pdf



11.4. BiomimTree, l'arbre de classification biomimétique

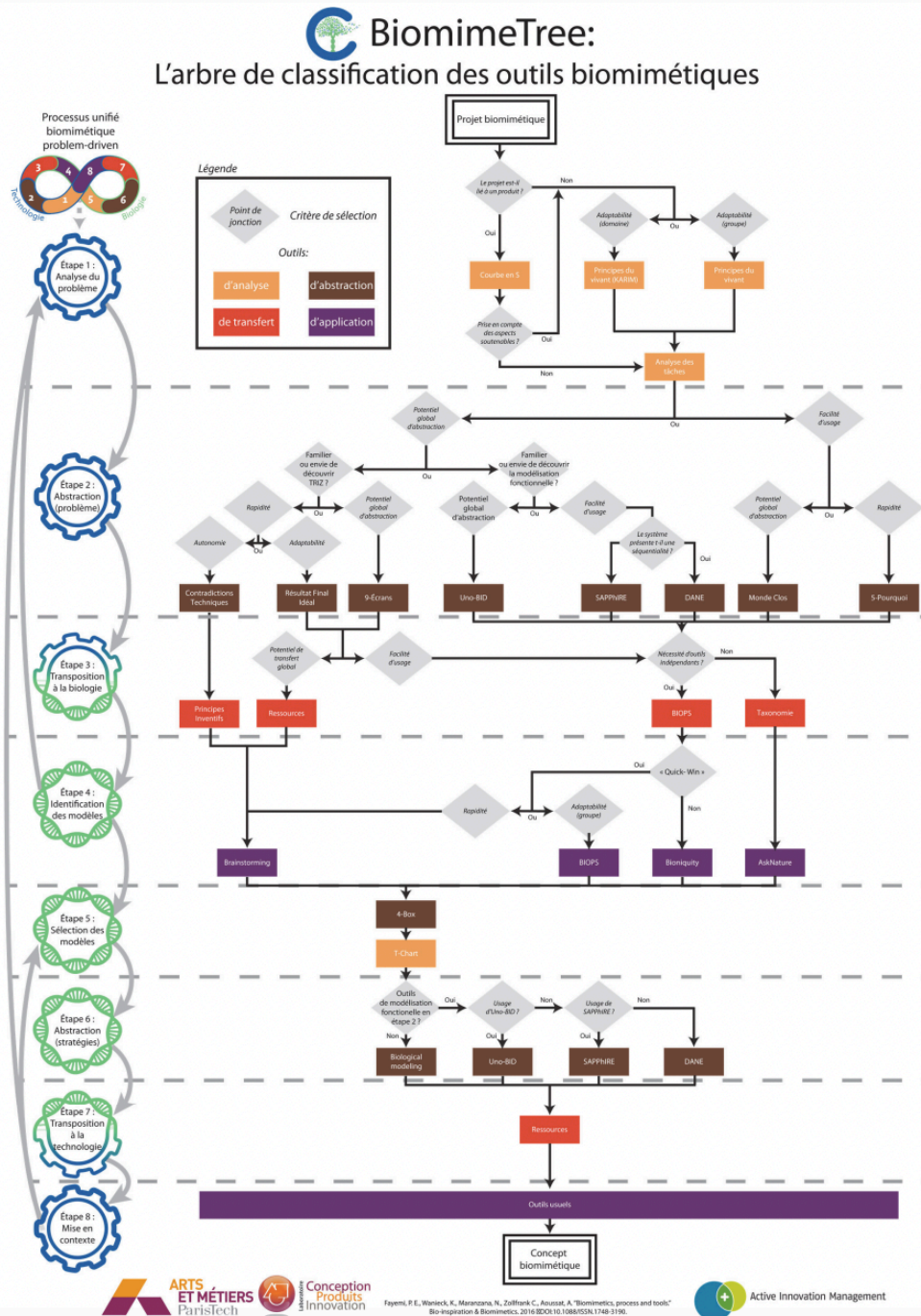



Figure 4.17 - L'Arbre de classification biomimétique (Problem-driven) - BiomimeTree

11.5. Le Biomim+ Canva

1

Analyse du PROBLÈME



PARTIE 1

1. DÉFINISSEZ EN QUELQUES POINTS CLÉS VOTRE PROBLÉMATIQUE

- Le développement du e-commerce et des services de livraison à domicile engendrent une augmentation du nombre de camions et de la congestion en milieu urbain
- Comportements des consommateurs ont changé: plus de services, plus d'immédiateté, manque de temps...
- complexité de l'écosystème urbain qui n'est pas désigné pour ces nouveaux flux de marchandises
- réglementations de plus en plus contraignantes (loi Pacte 2019 PCAET, plan de mobilité...)
- enjeux environnements et climatiques (transport = 30% GES)
- besoin de la nature et du vivant (COVID, confinement => prise de conscience)
- externalités négatives: bruit, trafic, pollution de l'air, sonore, congestion

2. FORMULATION SOUS FORME DE QUESTION :

Comment pourrions-nous ...

créer une logistique urbaine durable en nous inspirant du vivant ?

3. QUELLES SONT LES PARTIES PRENANTES QUI SONT CONCERNÉES PAR VOTRE PROBLÉMATIQUE ? QUELLES SONT LES CONTRAINTES SOCIÉTALES ET LÉGALES ?

<p>consommateurs/usagers commerçants, boutiques acteurs du transport de marchandises collectivités publiques</p> <ul style="list-style-type: none"> - expressivités et messagerie e-commerçants - livraison aux magasins - cafés-hotels - construction - ramassage des déchets - exploitants de parc et véhicules de service (artisans...) 	<p>Contraintes sociales:</p> <ul style="list-style-type: none"> - conditions de travail pour les livreurs - sécurité - digitalisation accélérée - déshumanisation - externalités négatives (bruit, trafic, pollution) - image de la logistique > malaimée <p>Contraintes légales pour réduire l'impact environnemental:</p> <ul style="list-style-type: none"> - évolution des réglementations
--	--

4. QUEL EST L'ENVIRONNEMENT OPÉRATIONNEL DE MA PROBLÉMATIQUE, DANS QUEL CONTEXTE ELLE SE POSE (EX : HAUTES TEMPÉRATURES, VENTS VIOLENTS, TENSIONS SOCIALES, ETC) ?

des échelles différentes: espace urbain = ville, quartier, individu


raréfaction et augmentation des prix des sources d'énergies et matières premières >> toujours consommer plus pour assurer la croissance

tensions sociales (crises sociales, inégalités...)

mutation sociétale: télétravail, valeur au temps > ralentissement


secteur des transport est clef pour l'économie (10% PIB, x millions d'emplois)

innovations technologiques: automatisation et robotisation

 Méthode d'éco-conception **BIOMIM+** développée par Tarik CHEKHAM de l'Institut des Futurs souhaitables (IF), en collaboration avec le CEEBIOIS, à partir d'une adaptation de la phase «Innovation» par la conception bio-inspirée de Pierre Emmanuel Fayon (Arts et Métiers, 2016) et du Framework For Strategic Sustainable Development (FSSD).

1

Analyse du PROBLÈME



5. EN CAS DE SUCCÈS, QUELS SONT LES CRITÈRES DE PERFORMANCES ? (ex : baisse de la consommation de 20%, soutien actif de 70 % des parties prenantes...)


- consommateur accepte les délais de livraison, la lenteur
- Livraisons sous conditions, la livraison lente est la norme
- Livraisons rapides uniquement en cas d'urgence
- zéro retour gratuit
- prise de conscience de l'impact sur l'environnement
- zéro émission de carbone pour le transport
- tous les emballages sont consignés ou biodégradables
- massification des flux de marchandises au plus près du client > mobilité douce
- meilleures conditions de travail pour les acteurs
- % de foncier logistique dans la ville
- Création de hub multifonctions et multiacteurs


6. DÉCRIVEZ UN EXEMPLE «TYPE» QUI ILLUSTRE BIEN CETTE PROBLÉMATIQUE (n'hésitez pas à dessiner) :

- **Camille**, 35 ans, commerciale sédentaire et jeune maman, habite en couple avec François, son mari, et Charlie, 2 ans, en banlieue parisienne, dans une ville de 6.000 habitants. Malgré l'offre des commerces de proximité de sa ville et des centres commerciaux aux alentours, elle privilégie les achats sur internet.
- **Jean et Béatrice**, 2 jeunes retraités, habitent Paris dans un appartement au 3ème étage avec ascenseur. Avec l'âge, ils se font livrer leurs courses 2 fois par semaine. L'appartement est confortable mais il n'y a pas assez de place de stockage
- **Mike**, 27 ans, célibataire est un jeune cadre dans la finance. Il passe beaucoup de temps au travail, rentre tard et son frigo est très souvent vide. Comme il aime recevoir dans son appartement de la rue Saint Sabin de 29 m2, il commande quasiment tout ses repas et ses courses en ligne, parfois livrées en 10 minutes

7. CAHIER DES CHARGES IDÉAL MAGIQUE ? (Faites comme si vous n'aviez pas de contraintes).

- le vivant est partie prenante de la ville
- sobriété heureuse: consommer moins mais chic et mieux!
- plus de congestion, de bouchons dans les villes, plus de pollution de l'air, plus de bruit > respecte l'environnement => ville apaisée
- réglementation est adaptée
- le flux d'individus et de marchandises sont combinés > massifier
- délai de livraison peut être court car la production est relocalisée à proximité du consommateur, de l'utilisateur, elle utilise moins de ressources de la croûte terrestre et restaure la biodiversité, régénération
- le métro, le RER, le train de banlieue, la Seine sont utilisés pour approvisionner le centre ville de la capitale
- Logistique est source de richesses (forte valeur ajoutée) et d'emplois qualifiés
- réduire les impacts sur l'environnement au maximum
- transport de marchandises décarboné et à énergie solaire ou autre (changement climatique)

 Méthode d'éco-conception **BIOMIM+** développée par Tarik CHEKHAM de l'Institut des Futurs souhaitables (IF), en collaboration avec le CEEBIOIS, à partir d'une adaptation de la phase «Innovation» par la conception bio-inspirée de Pierre Emmanuel Fayon (Arts et Métiers, 2016) et du Framework For Strategic Sustainable Development (FSSD).



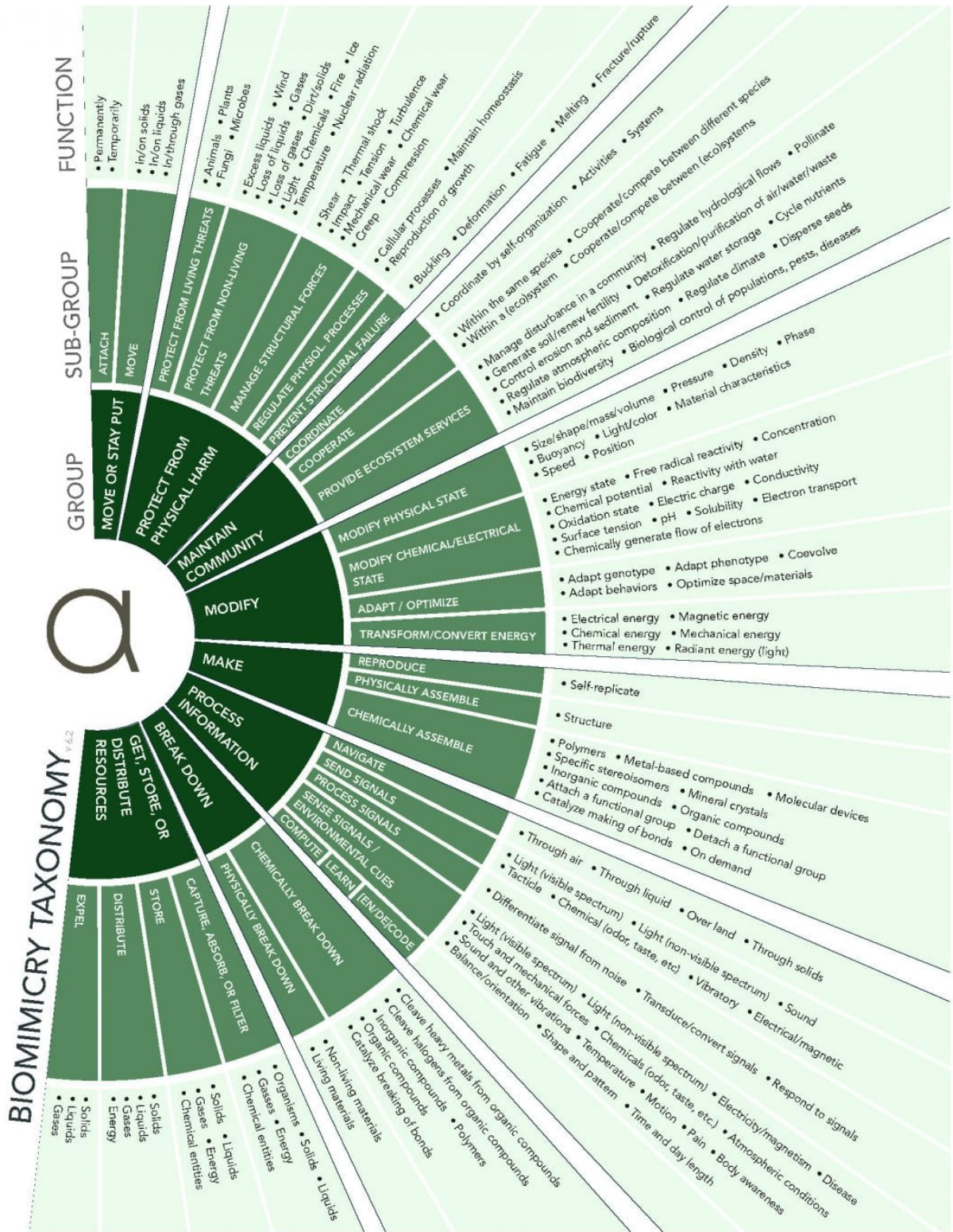
11.6. Les Principes du vivant (MB Hoagland & B. Dodson), les 10 stratégies du vivant (J. Benyus) et les Principes de la Permaéconomie (E. Delannoy)

MB Hoagland et B. Dodson	J. Benyus	Emmanuel Delannoy
<i>16 Principes du vivant</i>	<i>10 stratégies du vivant</i>	<i>12 Principes de la permaéconomie</i>
01 - Le vivant construit de bas en haut 02 - Le vivant s'auto-assemble en chaîne 03 - Le vivant a besoin d'un dedans et d'un dehors 04 - Le vivant utilise peu de thèmes pour générer de multiples variations 05 - Le vivant organise par information 06 - Le vivant encourage la variété en recombinaison les informations 07 - Le vivant crée par des erreurs 08 - Le vivant apparaît dans l'eau 09 - Le vivant roule au sucre 10 - Le vivant fonctionne en cycle 11 - Le vivant recycle tout ce qu'il utilise 12 - Le vivant se maintient par renouvellement 13 - Le vivant tend à optimiser plutôt qu'à maximiser 14 - Le vivant est opportuniste 15 - Le vivant rivalise dans un cadre coopératif 16 - Le vivant est interconnecté et interdépendant	5. Utiliser les déchets comme ressource 6. Se diversifier et coopérer. 7. Capturer et utiliser l'énergie avec efficacité. 8. Optimiser plutôt que de maximiser. 9. Utiliser les matériaux avec parcimonie. 10. Ne pas souiller son nid. 11. Ne pas épuiser les ressources. 12. Maintenir un équilibre avec la biosphère. 13. S'informer. 14. S'approvisionner localement.	1. Face au changement être inventif 2. Observer et interagir 3. Capturer et stocker l'énergie 4. Obtenir une production 5. Appliquer l'auto-régulation et accepter la rétroaction 6. Utiliser et valoriser les ressources et services renouvelables 7. Ne produire aucun déchet 8. La conception des motifs aux détails 9. Intégrer au lieu de ségréguer 10. Utiliser des solutions lentes et à petite échelle 11. Se servir de la diversité et la valoriser 12. Utiliser les bordures et valoriser les marges

11.7. Les 5 pourquoi ?

	<u>Les 5 POURQUOI ?</u>	
1	Pourquoi la logistique urbaine aujourd'hui n'est pas efficiente ?	Parce que le taux de remplissage des véhicules est faible
2	Pourquoi le taux de remplissage des véhicules est-il faible ?	Pour satisfaire la promesse client d'une livraison fiable, rapide (-24 heures)
3	Pourquoi proposer une livraison fiable, rapide au client ?	Parce que ces offres de services sont proposées par les e-commerçants (Amazon en particulier)
4	Pourquoi les e-commerçants proposent-ils ces offres de livraison au client ?	Parce que ces services semblent correspondre aux besoins actuels du client (gratuité de la livraison, montant palier du panier, instant gratification...)
5	Pourquoi ces services semblent-ils correspondre aux besoins actuels du client ?	parce que le client manque de temps, par confort, par besoin, par choix (acheter un service d'un achat "corvée")

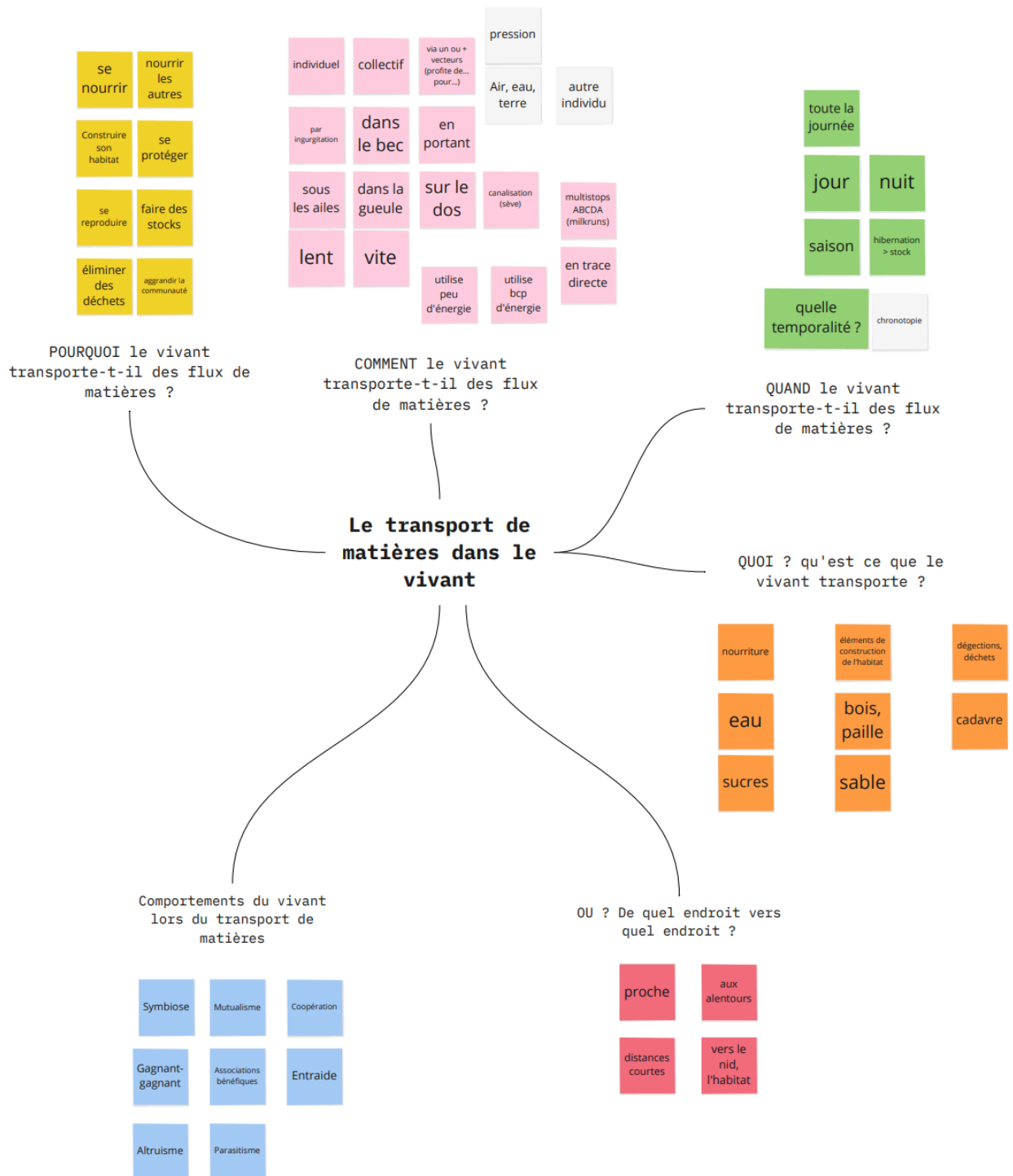
11.8. Taxonomie



© 2008-2021 Biomimicry Institute, Creative Commons BY-NC 4.0 | Biomimicry.org

11.9. Le transport de matière dans le vivant

Brainstorming – réalisation personnelle



11.10. Modèles biologiques

Obtenir, stocker ou distribuer des ressources

- Capter, absorber ou filtrer les ressources
- Distribuer les ressources
- Expulser les ressources
- Stocker les ressources



Crépis de Nîmes

Crepis sancta

Observer:
dispersion, reproduction

Mot(s) clé(s) & fonctions :
distribuer, adapter, se déplacer



Comprendre :

- C'est une espèce de plante sauvage parente au pissenlit qui pousse en abondance dans les villes.
- Elle a la particularité de produire 2 types de graines:
 - Une majorité de *graines plumées*, au sommet de la fleur, pouvant se disperser au vent (e)
 - Et une minorité de *graines plus lourdes* sur les côtés (r)
 Multipliant ainsi ses chances de reproduction au loin et au près
- Les grosses graines ont 1,5 fois plus de chances de donner une nouvelle plante que les graines plumées qui vont aller plus loin et rencontrer surtout du bitume.
- En réponse à une urbanisation croissante, la plante a adopté un **mode de dispersion par proximité** plutôt que par dissémination.



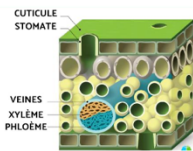
S'inspirer :

- Réduction des échecs de livraison
- Livraison collaborative
- Réseau de voisinage
- Résilience d'un réseau, d'un système



A retenir:

- Adaptation rapide à un nouvel environnement
- Développement de 2 stratégies complémentaires pour augmenter ses chances



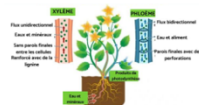
Phloème

Observer:
transport de flux de matière

Mot(s) clé(s) & fonctions :
transporter, déplacer, distribuer



Comprendre :



- L'arbre puise par ses racines, dans le sol, l'eau et les sels minéraux constituant la sève brute. Elle est véhiculée dans l'arbre par des cellules particulières (l'aubier) jusqu'aux feuilles. Dans les feuilles, la photosynthèse permet de transformer la sève brute en sève élaborée. Le **phloème** est le tissu vasculaire de cellules **situé juste sous l'écorce** permettant le **transport des sucres et des nutriments résultant de la photosynthèse**, des feuilles jusqu'à la racine, pour être consommés ou stockée selon les besoins de la plante.
- Ce processus s'appelle la **translocation**, elle se produit au printemps essentiellement
- Le phloème ne transporte pas d'eau c'est le xylème qui s'en charge
- Le système de transport du phloème fonctionne de manière **bidirectionnelle**
- Le phloème est constitué d'une série de cellules qui forment une **paroi cellulaire molle**
- Le **phloème est un élément important des plantes vasculaires (qui ont des racines, une tige et des feuilles comme les arbres, arbustes et herbacées) qui ont près de 400 millions d'années.**



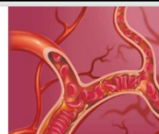
S'inspirer :

- Circulation des flux
- Organisation des tournées
- Collecte et distribution de matières
- Transport: véhicule modulable



A retenir:

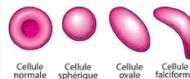
- Système de circulation des flux performant
- Système bidirectionnel
- Cellule déformable, modulable



Globules rouges

Observer:
Transport, fonction, flexibilité

Mot(s) clé(s) & fonctions :
distribuer, transporter, adapter



Comprendre :

- Un **globule rouge** est une cellule sanguine qui permet le **transport de l'oxygène**. Les globules rouges fixent l'oxygène dans les tissus grâce au fer contenu dans l'hémoglobine, la protéine
- Ils sont synthétisés, comme toutes les cellules sanguines, au niveau de la moelle osseuse par maturation des cellules hématopoïétiques. On parle alors d'érythropoïèse, un mécanisme qui a lieu en permanence pour **renouveler le stock** de globules rouges à raison de 1 % par jour. Chaque millilitre de sang contient en moyenne 4,5 à 5,5 millions de globules rouges et 7500 globules blancs
- Ils transportent le dioxygène (O2) des poumons à toutes les cellules de l'organisme et une partie du dioxyde de carbone (CO2) des cellules aux poumons. Chaque organe (poumon, muscle, peau...) consomme de l'oxygène mais pas de manière égale.
- Le **réseau** utilisé se compose
 - d'**artères**, qui ont des globules rouges riches en oxygène pour nourrir le tissu,
 - de **veines**, qui ont des globules rouges pauvres en oxygène.
- Au repos, la forme des globules rouges est celle d'une **galette**, ou d'un disque, dont les deux faces sont légèrement concaves. Ce n'est pas le cas lorsque ces cellules doivent se glisser dans un petit espace, fin capillaire ou se frayer un chemin entre les failles de la paroi vasculaire. Elles se déforment alors et peuvent ressembler, par exemple, à une sorte de **parachute**.
- Leur forme dépend de la **membrane cellulaire**: avec les bonnes graisses, les globules circulent facilement, sinon la membrane peut devenir rigide et rompre sous pression



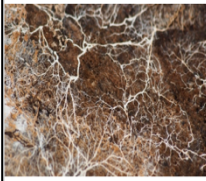
S'inspirer :

- Se regrouper pour être plus agile et se déplacer plus vite
- Véhicule modulable
- Réseau de taille différente suivant les flux



A retenir:

- Système de flux efficace et rapide
- Adaptation de la forme
- Modularité du réseau et les vecteurs



Réseau mycorhizien

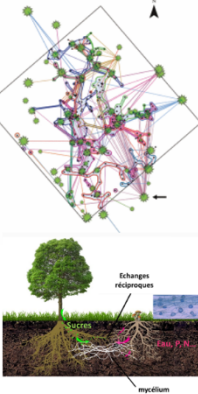
Observer:
réseau, fonctions

Mot(s) clé(s) & fonctions :
distribuer, protéger, coopérer, envoyer des signaux



Comprendre :

- C'est un vaste réseau composé de millions de kilomètres de fils, mycélium
- Ces champignons vivent en partenariat mutualiste avec des arbres et d'autres plantes
- Le réseau mycorhizien soutient la diversité dans la forêt en transportant des nutriments et de l'eau - il agit comme un réseau internet « wood wide web »
- Vue aérienne d'une parcelle de douglas (vert = arbre, lignes = racines et réseau fongique)
- Les arbres représentent des nœuds du réseau, les plus grands et plus anciens étant des plaques tournantes avec les meilleures connexions
- Les mycéliums forment ces connexions entre tous les nœuds et échangent du sucre, de l'eau entre les espèces qui partagent ces ressources en fonction de leurs besoins
- Outre le partage de nutriments et d'eau le réseau envoie des avertissements: attaque de scolyte > envoi d'un signal chimique. Le mycélium transmet ce signal aux arbres à proximité qui renforcent leur défenses immunitaires
- 60% des arbres dans le monde sont associés à ces champignons mycorhiziens > symbiose



S'inspirer :

- Création d'un réseau multifonctions
- Partenariat /coopération
- Relation gagnant/gagnant
- Réseau souterrain d'approvisionnement



A retenir:

- Réseau invisible d'approvisionnement et d'échanges d'informations
- Partage des ressources
- Partenariat étroit/symbiose



Bourdon

Bombus terrestris

Observer:
rythme quotidien de butinage

Mot(s) clé(s) & fonctions :
chronotopie, collecter



Comprendre :

- Le butinage commence 2-3 heures après le lever du soleil et fini tard avant le coucher du soleil
- L'activité à l'entrée de la ruche est
 - Constante au cours de la journée (entre 10h-18h)
 - Plus grande en milieu de journée
 - Ou 2 pics encadrant une activité plus faible en milieu de journée
- Variations en fonction de la ressource collectée: nectar (matin) ou pollen
- Variations quotidiennes d'activité peuvent être liées aux conditions environnementales, la disponibilité de la ressource et la facilité de son exploitation, des conditions météorologiques
- Les besoins de la colonie peuvent également expliquer les variations et l'intensité des patterns (taille, stocks, développement)
- S'il pleut il reste dans le nid (car le ressource est rare, économie d'énergie)
- Certaines abeilles, comme l'abeille minière, ont des pattes postérieures poilues permettant de transporter une variété de pollen de tailles différentes en mélangeant des grains de pollen avec du liquide (*scopae, corbicula*)



S'inspirer :

- Chronotopie des livraisons
- Livraisons sous conditions



A retenir:

- Rythme de butinage variable
- Butinage dépend des conditions et de la ressource collectée



Pomme de pin

Observer:
dispersion sous condition, reproduction

Mot(s) clé(s) & fonctions :
dispenser, transporter



Comprendre :

- La pomme de pin par temps sec ouvrir ses fines écailles, par temps humide les referment pour former un cône en boule serrée
- Elle ouvre et libère ses graines lorsque les conditions sont les meilleures pour les vents qui les transportent au loin
- Le temps humide freine la dispersion des graines (+20% humidité)
- La structure des écailles ont plusieurs couches dont une qui est extensible et en fonction de l'humidité de l'air se contracte ou se dilate



S'inspirer :

- Certaines conditions doivent être remplies avant l'expédition d'un colis



A retenir:

- Changer de forme sans apport d'énergie
- Conditions pour dispersion (taux humidité)

Maintenir la communauté

- Coopérer pour maintenir la communauté
- Coopérer au sein d'un écosystème
- Coopérer au sein de la même espèce
- Coopérer/concurrer les (éco)systèmes
- Coopérer/concurrer différentes espèces
- Coordonner les activités
- Coordonner par auto-organisation
- Fournir des services écosystémiques

10



Fourmi rousse

Formica rufa

Observer:

transport de flux de matière, comportement

Mot(s) clé(s) & fonctions : distribuer, transporter



Comprendre :

- Lorsqu'une fourmi ouvrière trouve une source de nourriture, elle est rapidement rejointe par d'autres pour former une **colonne de transport entre le nid et la source**. Guidées efficacement vers les lieux de nourriture, elles se déplacent le long d'une piste assez large pour **éviter les congestions**. Sur la piste il n'y a pas d'embouteillages, même si le nombre d'individus augmente.
- Les fourmis communiquent entre elles en touchant leurs antennes, en émettant des sons, des vibrations ou en sécrétant des substances chimiques (**phéromones**). Les fourmis trouvent la distance la plus courte à une source de nourriture en posant et en suivant ces phéromones.
- Le déplacement suit des **voies distinctes** (l'une vers le nid, l'autre vers la source) comme sur une route à double sens. Si une fourmi rencontre un obstacle, elle le déplace hors du chemin. Certaines doublent ses congénères. Plus leur nombre est important, plus elles vont vite et la largeur des voies augmente vers les extérieurs. Les 2 colonnes en sens inverse vont à la même vitesse.
- Par exemple, une autre espèce: les **fourmis légionnaires sont aveugles** mais elles parviennent à atteindre le débit de circulation maximal grâce à la différence de comportement entre les fourmis avec nourriture et celles sans. Les fourmis, alourdies par leur prise, continuent de marcher en ligne, malgré les obstacles rencontrés sur le chemin, guidées par la trainée de phéromones des fourmis devant eux. Les fourmis qui ne transportent pas de nourriture elles sont susceptibles de s'écarter du chemin et créent une voie médiane.



S'inspirer :

- Transport et gestion de flux de marchandises, de personnes fluide
- Optimisation des trajets



A retenir:

- Déplacements d'un grand nombre d'individus (flux) sans congestion
- Communication efficace
- Actions positives pour l'écosystème

11

Les arbres & le réseau mycorhizien

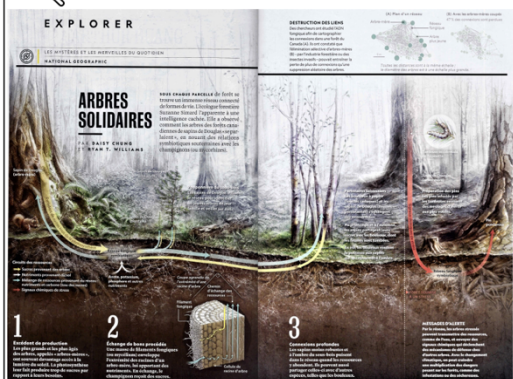
Observer:

l'impact de la coupe d'un arbre

Mot(s) clé(s) & fonctions : réseau, distribuer, résilience



Comprendre :



S'inspirer :

- Réseau pour la logistique urbaine (hub, structuration du réseau du centre ville à la périphérie) avec des alternatives pour des connexions rapides
- Base de données inspirées des écosystèmes vivants (intelligence artificielle)



A retenir:

- Si l'arbre-mère est coupé, le réseau est déséquilibré
- Résilience du réseau si alternatives multiples

12



Monticules souterrains des termites

Observer:

forme, organisation

Mot(s) clé(s) & fonctions : maintenir la biodiversité, optimiser la forme/les matériaux



Comprendre :

- Les termitières améliorent l'activité végétale et animale locale
- Elles sont réparties uniformément sur un territoire, sur des emplacements stratégiques et maximisent la productivité à l'échelle de l'écosystème
- Elles fabriquent des nutriments (azote et phosphore) bénéfiques pour les services écosystémiques autour
- Elles retournent le sol dans lequel l'eau pénètre plus facilement et qui reste humide
- Grâce à cette humidité, les plantes se développent sur la termitière
- Distribution spatiale ordonnée et modification de la composition du sol

[Vidéo](#)



S'inspirer :

- Bâtiment construit en hauteur
- **Hotel** logistique avec différentes fonctions
- Emplacement



A retenir:

- Construction en hauteur
- Bénéfique pour le sol
- Meilleure infiltration de l'eau
- Bonne répartition sur le territoire > équilibre dans l'écosystème

13



Castor

Castor fiber/*Castor canadensis*

Observer:

habitat, activités constructrices



Mot(s) clé(s) & fonctions :

construire, organiser, transporter, mutualiser, maintenir la biodiversité



Comprendre :

- Le castor est un **rongeur semi-aquatique**, avec un corps fuselé et des pattes arrière palmées, une queue plate lui permettant de se diriger, de se propulser
- Il habite des zones humides (Etats-Unis, Canada) et en Europe, sur des fleuves au niveau constant
- Il est **herbivore** et abat des arbres pour se nourrir ou en faire un matériau de construction. Organisé et prévoyant, il les **stocke** pour l'hiver proche du terrier/de la hutte **sous l'eau** pour qu'ils conservent leur valeur nutritive.
- Il transporte les branches et morceaux de bois qu'il débite sur la berge en utilisant les petits affluents de son plan d'eau
- Il est un **ingénieur des écosystèmes**: il crée des canaux, des barrages pour maintenir l'entrée de son terrier immergée contre les prédateurs (en utilisant de la boue, des sédiments, des branches, des pierres...)
- Ses constructions **favorisent la diversité écologique**, **affectent la qualité de l'eau** ainsi que la **transformation des paysages**. En éclaircissant, la lumière passe mieux donc les phyto- et zooplanctons se développent et attirent les insectes, les amphibiens et autres plantes aquatiques. Il solidifie les berges en cas de crue en retenant les substrats, il réduit le débit de l'eau, limite l'afflux de limon et améliore l'infiltration dans les nappes phréatiques et évite ainsi les sécheresses



S'inspirer :

- Infrastructures bénéfiques pour plusieurs acteurs (plateforme multi fonctions/multi acteurs)
- Ecosystème autonome et régénératif



A retenir:

- Construction profitable à d'autres espèces et à l'environnement
- Autonomie
- Régénératif
- Mutualisme



Poisson-clown & anémone

Amphiprion clarkii & *Stichodactyla haddoni*

Observer:

comportement

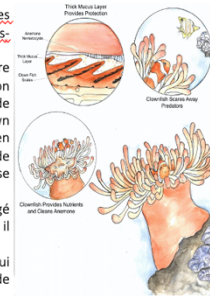
Mot(s) clé(s) & fonctions :

protéger des microbes, **coévoluer**, coopérer/concurrer différentes espèces



Comprendre :

- Seul quelques espèces d'**anémones** coexistent avec les 26 espèces de **poissons-clowns**.
- Chaque espèce dépend fortement de l'autre pour sa survie (symbiose): protection mutuelle contre les prédateurs, échange de nutriments et tolérance du poisson-clown aux **nématocystes d'anémones** (dard en forme de harpon sur les tentacules de l'anémone pour capturer les proies et se défendre)
- Si le poisson-clown est frappé, il est protégé par une épaisse couche de mucus dont il est pourvu dès sa naissance
- Le poisson-clown nettoie l'anémone, lui fournit des nutriments sous forme de déchets et effraie les prédateurs



S'inspirer :

- Coopération entre différents acteurs/concurrents



A retenir:

- Relation mutuellement bénéfique
- Coévolution
- Coopération/symbiose



Les arbres morts dans la forêt (sapin douglas)

Observer:

rôle dans l'écosystème

Mot(s) clé(s) & fonctions :

maintenir la biodiversité, contrôler l'érosion et les sédiments



Comprendre :

- Les arbres qui tombent dans les pentes forment des barrages pour garder les nutriments et éviter qu'ils dévalent la pente.
- Ces endroits sont propices à la croissance de la végétation, les semis d'arbres et permet la régénération
- Ces arbres tombés stabilisent le sol et attirent les invertébrés et petits vertébrés qui eux même l'enrichissent avec leurs excréments et leur urine et leur de leurs activités de fouissage



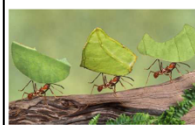
S'inspirer :

- Biodiversité des acteurs en un lieu
- Recyclage, réutilisation



A retenir:

- Arbre mort retient les nutriments bénéfiques aux autres espèces
- Favorise le développement de la biodiversité



Fourmi coupeuse de feuilles

Atta colombica

Observer:

comportement, squelette, associations, échanges inter-/intra-espèces

Mot(s) clé(s) & fonctions :

distribuer, transporter, porter, symbiose



Comprendre :

- Aussi nommées **fourmis champignonnistes**
- Ces minuscules fourmis peuvent soulever et porter dans leurs mâchoires environ **50 fois leur propre poids**. Cela est dû à l'architecture particulière de leur thorax, mais aussi au ratio entre leur petite taille et la dureté de leur exosquelette
- Un **exosquelette robuste**, maniable et adapté à leur morphologie et leurs actions. Tous les arthropodes dont font partie les insectes possèdent un exosquelette qui les protège et sert d'accroche aux muscles permettant les mouvements
- En **groupe**, les fourmis portent des proies qui font 100x leur taille et 1000x leur poids
- Les fourmis coupeuses de feuilles ont développé une **symbiose** avec un champignon qu'elles cultivent dans leur fourmilière. Pour cela, les ouvrières collectent des morceaux de feuilles et de fleurs, qui, après avoir été mâchés, vont servir de substrat pour la culture du champignon, dont elles vont ensuite se nourrir.
- Les **fourmis acacia** ou **éleveuses de pucerons** échangent également des services avec un arbre ou des pucerons qu'elles défendent, cultivent et qui en retour leur fournissent de la nourriture (nectar, miellat)



S'inspirer :

- Port de charges lourdes
- Association gagnant-gagnant pour la survie



A retenir:

- Exosquelette efficace
- Symbiose avec une autre espèce
- Culture de sa nourriture



Blaireau & son terrier

Meles meles
Observer: cohabitation, comportement

Mot(s) clé(s) & fonctions : organiser, cohabiter, construire, mutualiser

Comprendre :

- Le blaireau vit dans un terrier avec une partie principale et une partie secondaire, où se trouvent des chambres. L'une d'elles sert de lieu de vie à la famille et est couverte d'une litière au sol (brins d'herbe, mousses) et en l'humectant de salive elle fermente ce qui permet d'atteindre une température de 1 à 11°C au dessus de la température générale du terrier.
- Il dispose de grandes capacités à creuser et aménager des galeries jusqu'à 5m de profondeur. Il peut déplacer jusqu'à 40 tonnes de terre!
- Cet excellent terrassier choisit un endroit non inondable, loin des lieux de passage où sa nourriture (vers, mulots, glands...) pullule et où le sol est drainé pour faire moins d'efforts. Il n'hésite pas à utiliser des terriers existants pour y installer sa famille et sa nourriture.
- Il **cohabite** volontiers avec les chats sauvages, les lapins, les putois, les renards
- Le terrier est légué aux générations suivantes et peut être habité des dizaines voire des centaines d'années
- Sa **vie sociale** est marquée par le toilettage (avant de sortir du terrier), les marquages sociaux odorants et les jeux (entre les jeunes et les adultes, roulades, courses poursuites...).
- Il aère et mélange les sols qu'il exploite: il met au jour des graines enfouies sous terre, il marque son territoire avec l'urine qui renouvelle l'azote pour le sol, il consomme des fruits et rejette les graines dans ses excréments ce qui favorise la dissémination, la germination

S'inspirer :

- Hub multifonctions et multimodal
- Associations bénéfiques pour un écosystème

A retenir:

- Construction profitable à d'autres espèces
- Construction structurée, **bio-climatique**
- Mutualisme



Hermelle

Sabellaria alveolata
Observer: espèce ingénieur, construction bénéfique

Mot(s) clé(s) & fonctions : ingénierie de l'écosystème, mutualisme

Comprendre :


- Ces vers marin de 3 cm de long, communément appelés hermelles, vivent dans des tubes qu'ils construisent en collant le sable et les fragments de coquillages qu'ils capturent.
- Agglomérés, ces habitats en nid d'abeilles (2-3 m de haut) peuvent former de véritables récifs dans lesquels une riche microfaune (de 50 à 70 espèces) vient se nourrir et se nicher et qui protègent le trait de côte contre l'érosion en atténuant la force des vagues. Elles s'installent si les conditions sont favorables/paramètres abiotiques (besoin d'agitation de vent de courant) – les tempêtes cassent et brisent les récifs mais cela leur permet de se déplacer, de se reproduire (par désagrégation)
- Elles créent des vasières où poussent des algues dont elles se nourrissent > effet gardening
- Elles se fixent sur des substrats souples (sable) qui deviennent cohérent, durs
- Elles font partie des 3 grands organismes créant des récifs:
 - Corail
 - Vers (hermelles)
 - Stromatolites (en Australie, une cyanobactérie très ancienne qui crée des récifs)
- Les hermelles font partie des modèles animaux des **espèces ingénieures** : elles sont bio constructrices mais surtout elles transforment un milieu.

S'inspirer :

- Construction bénéfique pour son environnement
- Hub multi acteurs, multi fonctions
- Mutualisme

A retenir:

- Système de filtration
- Bio construction
- Ingénierie de l'écosystème
- Impacts bénéfiques pour d'autres espèces et l'environnement
- Mutualiser



Lanice conchilega

Observer: espèce ingénieur

Mot(s) clé(s) & fonctions : ingénierie de l'écosystème, mutualiser

Comprendre :

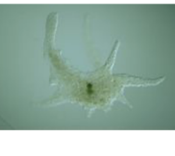
- Ver marin qui se forme sur le sable vivant dans un tube, incrusté de sable grossier et de débris coquilliers, dépassant de 1 à 5 cm du fond. Comme un petit palmier, le tube se termine par des filaments rigides ramifiés.
- Présent sur les côtes normandes et méditerranéennes
- Le ver lanice se nourrit de plancton et les particules en suspension capturés avec ses tentacules.
- Il crée des tapis au sol > écosystème marin qui deviennent des îlots de diversité dans des milieux pauvres en espèces (Oligo spécifiques)
- Il crée des banquettes d'eau, des cuvettes, qui deviennent des hot spot pour les oiseaux, les poissons plats et les phoques
- Lanice peut s'associer à l'hermelle

S'inspirer :

- Hub multi acteurs, multi fonctions, hôtel ou hub logistique
- Mutualisation
- Attirer des individus

A retenir:

- Bio construction
- Ingénierie de l'écosystème
- Impact bénéfique pour d'autres espèces
- Mutualisme
- Diversité



Amibes

Observer: comportement

Mot(s) clé(s) & fonctions : symbiose, coopérer

Comprendre :

- Ce sont des microorganismes qui, en période d'abondance de ressources alimentaires, peuvent vivre de façon autonome.
- Lorsque la pénurie se fait sentir, elles se réunissent localement pour former un super organisme composé d'un millier d'individus et capable de se déplacer comme une limace vers une zone de nourriture abondante.
- Une fois les ressources alimentaires trouvées, elles se sépareront à nouveau et le cycle recommencera

S'inspirer :

- Coopération/coopétition entre différents acteurs de la LU

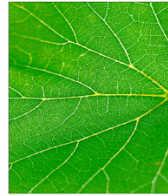
A retenir:

- Coopétition (coopération et compétition)
- Comportement individuel et collectif pour la recherche de nourriture

Modifier

Adapter/optimiser

11



Rainures des feuilles

Observer:
système

Mot(s) clé(s) & fonctions :
distribuer, optimiser



Comprendre :

- Les ressources sont transportées d'une source centrale vers des destinations largement distribuées
- Ce réseau est basé sur un schéma commun de boucles interconnectées et imbriquées
- Les boucles sont essentielles au réseau car elles permettent au ressources de suivre des chemins différents au fur et à mesure que les conditions changent
- Par exemple, la feuille du citronnier dispose d'une veine principale qui traverse le centre transportant l'eau et les sucres vers les cellules photosynthétiques les plus éloignées. Les veines secondaires se ramifient de la veine principale mais sont reliées les unes aux autres par un motif de boucles
- En cas de blessure ou changement de flux, ce modèle de boucles permet au flux d'être rapidement réacheminé vers toute autre veine
- Le système de rainures dans les feuilles permettent un flux optimal et une résistance aux dommages grâce à un réseau dense en boucles imbriquées et interconnectées
- <https://1d59b73swr1f1swu2v451wxc-wpengine.netdna-ssl.com/wp-content/uploads/2018/01/leaftransport1024x768.mpd>



S'inspirer :

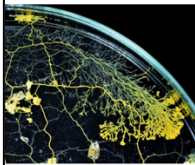
- Destination couverte par un prestataire uniquement pour éviter les congestions routières



A retenir:

- Systèmes permettant un flux optimal
- Résistance aux changements
- Réseau en boucles imbriquées et interconnectées (du + grand au + petit)

12



Myxomycète (blob)

Physarum polycephalum

Observer:
rapidité de déploiement, efficacité

Mot(s) clé(s) & fonctions :
distribuer, transporter



Comprendre :

- Le blob est un être unicellulaire, primitif qui a 500 millions d'années, essentiel pour l'écosystème de son milieu. Il vit dans des milieux sombres et humides et peut se mettre en dormance si son milieu devient défavorable (sclérote)
- Il est capable de détecter la présence de nourriture (spores de champignons, bactéries et microbes) et à l'ingérer. Il choisit la nourriture la plus bénéfique pour sa croissance. Il forme un réseau optimisé de tubes, le protoplasme, reliant ensemble les sources d'alimentation. Ces tubes sont utilisés pour distribuer les nutriments dans tout l'organisme de manière efficace et rapide.
- Il se développe en créant un réseau optimisé, et ne passe jamais 2 fois au même endroit. Il a une mémoire externe (une trainée de mucus). Il utilise toujours le chemin le plus court
- Il a la capacité à résoudre des problèmes, à s'adapter à son environnement pour survivre et à conserver un apprentissage (à aimer le sel).
- Son but est de grandir pour produire le plus possible de spores et se reproduire. Il se déplace jusqu'à 1 cm/h en étirant sa membrane. En le découpant en morceaux il cicatrise en quelques minutes



S'inspirer :

- Transport rapide
- Création de réseaux de transport efficaces, modulables



A retenir:

- Déplacement rapide
- Réseau optimisé
- Trajet le plus court

13



Gorgonia ventalina

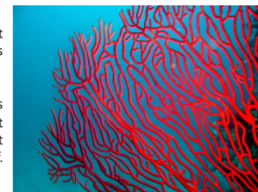
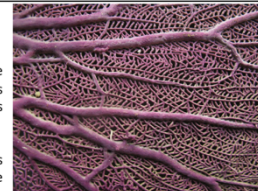
Observer:
structure, forme

Mot(s) clé(s) & fonctions :
réseau, transporter, distribuer



Comprendre :

- Ces coraux tropicaux ont la forme d'éventails avec plusieurs branches principales et un treillis de petites branches reliées
- Réseau maillé (une des rares espèces dans le vivant avec cette caractéristique, cf. blob)
- Les branches plus larges permettent une meilleure distribution des ressources pour la colonie
- A l'inverse des gorgones ventalina, les réseaux digités (en branches) sont plus fréquents dans le vivant (poumon, feuilles, autres gorgones cf. photo nr3)



S'inspirer :

- Réseau primaire et secondaire
- Transport et distribution efficace
- Interconnexions



A retenir:

- Forme
- Réseau maillé

14



Bourdon

Bombus terrestris

Observer:
optimisation des trajets, efficacité

Mot(s) clé(s) & fonctions :
transporter, optimiser



Comprendre :

- Le bourdon est une abeille
- Ils vivent dans de petite colonie, ne sont pas agressifs - Pas de saisonnalité
- Un bourdon visite plusieurs centaines de fleurs par trajet pour remplir son estomac (jabot) en nectar
- Lorsque ces fleurs sont dispersées dans l'environnement, les bourdons développent peu à peu des circuits de butinage pour visiter les plantes qu'il connaît en utilisant la route la plus courte et donc économiser de l'énergie précieuse
- Au départ la route suivie par l'insecte est longue et tortueuse mais rapidement il l'optimise. Il semble procéder par essais erreurs sur la base d'apprentissages, en sélectionnant progressivement les trajets les plus courts entre les plantes.
- Il mémorise le chemin vers les fleurs gorgée de sucrose les plus proches
- Il dépose une marque odorante et utilise une routine de visite de fleurs (trapline), dans un contexte de forte compétition pour l'accès aux ressources. Ces « astuces » permettent ainsi une plus grande efficacité de butinage et une récolte satisfaisante
- Il se déplace à max. 10 km de la ruche, en moyenne 1,1 km
- Le bourdon restreint sa recherche de ressource aux alentours d'une fleur lorsqu'elle est profitable en diminuant la distance de vol entre cette fleur et celle exploitée ensuite – il réduit la vitesse de vol le temps de la détection de ressource



S'inspirer :

- Optimisation de trajets
- Efficacité/productivité
- Niveau de collecte satisfaisant
- Approvisionnement local, aux alentours



A retenir:

- Optimisation des trajets au fil de l'apprentissage
- Intelligence animale
- Butinage efficace
- Récolte satisfaisante

Bouger ou rester sur place

Attacher
Déplacer



Cardamine hirsute

Observer:
dispersion des graines par explosion des fruits

Mot(s) clé(s) & fonctions :
transporter, se répandre vite et loin, morphomécanique



Comprendre :

- Une mauvaise herbe commune, le cresson des murailles, a développé une façon de lancer ses graines dans une explosion explosive.
- Ses graines sont enfermées dans une fine gousse longue. Avec un bruit sec, la capsule s'ouvre et ses graines se replient rapidement, comme une langue de belle-mère en papier enroulé lorsqu'on arrête de souffler dedans. En une demi-milliseconde, des dizaines de graines minuscules sont violemment éjectées vers l'extérieur dans toutes les directions. Ils accélèrent à des vitesses de 10 mètres par seconde et atterrissent à une distance de 30 cm à 1,25 mètre.



S'inspirer :

- Transport ultra rapide économe en énergie



A retenir:

- Système de dispersion ultra rapide
- Catapulte utilisant les pressions, tensions de la plante



Gui

Observer:

dissémination par un hôte, mutualisme

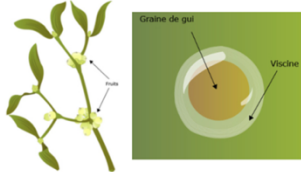
Mot(s) clé(s) & fonctions :

se déplacer de manière passive, avec un vecteur, se reproduire



Comprendre :

- La grive sert d'hôte et de vecteur. Elle disperse les graines de gui en mangeant les fruits et lâchant ses fientes en vol sur les branches
- La graine est entourée de viscine pour adhérer aux branches et germer



Fruit du gui et sa graine entourée de viscine



S'inspirer :

- Transport collaboratif de marchandises
- Utilisation des capacités de transport disponibles



A retenir:

- Transport passif, aléatoire
- Association bénéfique
- Graine protégée

10

Information sur le processus Traitement de l'information

Apprendre
Naviguer
Envoyer des signaux
Détecter des signaux

11



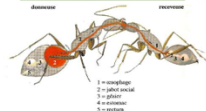
Fourmi rousse

Formica rufa

Observer:

organisation, rôles dans la colonie, communication stigmergique

Mot(s) clé(s) & fonctions :
organiser, communiquer



Comprendre :

- Les fourmis sont des insectes sociaux qui vivent en **colonies organisées** composées de castes (reines, mâles, ouvrières, soldats...) remplissant des fonctions bien précises au sein de la communauté. Elles s'autoorganisent et exécutent des tâches complexes grâce à de nombreuses interactions individuelles simples.
- La reine pond des œufs, elle crée la colonie de fourmis qui ont tous des rôles distincts.
- Les fourmis ouvrières fourrageuses sont en charge du **ravitaillement de la colonie**. Elles ingurgitent la nourriture et la stockent dans un premier estomac très extensible le **jabot social**. Quand elles rentrent au nid elles régurgitent une partie de la nourriture pour la distribuer de bouche en bouche aux autres fourmis
- Les soldats sont en charge de **défendre** le nid et la colonie
- Les fourmis communiquent entre elles en **touchant leurs antennes, en émettant des sons, des vibrations ou en sécrétant des substances chimiques (phéromones)**.
- Les fourmis moissonneuses participent à la dispersion des graines dont elles consomment parfois qu'une partie et qui germent. En les transportant dans leur nid, ces graines sont protégées. Elles favorisent la dépollution d'un sol et le réensemencement (**éco-ingénierie**)
- Les fourmis produisent des détritits. Pour éviter les risques d'infection, ils sont déplacés vers des **dépotoirs** loin du nid.
- Les fourmis sont plus fortes en groupe, en **essaïm** (défense, approvisionnement...)



S'inspirer :

- Communication et organisation au sein d'une même espèce, travail d'équipe
- Traitement des déchets
- Intelligence en essaim
- Résilience de l'écosystème



A retenir:

- Auto-organisation d'une colonie sans contrôle centralisé
- Résilience
- Associations bénéfiques pour l'écosystème ou autres espèces

12



Abeille

Observer:

prise de décision, apprentissage, intelligence collective, en essaim

Mot(s) clé(s) & fonctions :

comportement collectif, en essaim



Comprendre :

- 20.000 espèces dans le monde, la majorité vivent en manière solitaire
- **intelligence collective**: elles sont capables d'apprendre des choses, de prendre des décisions individuellement qui assurent le bien de toutes
 - **Abelles japonaises font vibrer leurs muscles en montant la température pour tuer un frelon > stratégie de défense**
- Communication très sophistiquée pour chercher de la nourriture, la nidification (danse)
- Les exploratrices trouvent des endroits pour le futur nid au moment de l'**essaimage** > prise de décision collective. 3 facteurs:
 - Identifier un ensemble d'options possibles (confiance dans les exploratrices)
 - Partager l'information (danse frétillante indique le lieu découvert par l'exploratrice) – chaque abeille est libre de juger de la qualité du site
 - Agréger l'information pour choisir la meilleure solution – débat franc parmi les exploratrices > élections > accord unanime des individus
- Elles recrutent des abeilles pour aller chercher de la nourriture (danse frétillante)
- Abeille vit 2 semaines dans la ruche avant de sortir
- Les jeunes abeilles font des vols d'apprentissage, de repérage, elles font des zig zag d'amplitude croissante autour de la ruche (cartographie en autonomie)
- Visite une centaine de fleurs avant de remplir son jabot
- Les abeilles se répartissent les ressources et l'espace mais on ne sait pas encore comment



S'inspirer :

- Mécanismes de prise de décision
- Intelligence collective d'une même espèce



A retenir:

- Intelligence collective
- Prise de décision
- Vol sous conditions (météo)

[Mathieu Lihoreau](#)



Fourmi de feu

Solenopsis invicta

Observer:

Comportement collectif, organisation en structure flottante

Mot(s) clé(s) & fonctions :

se **déplacer sur un liquide / flotter / comportement collectif**



Comprendre :

- Face à un danger, les fourmis de feu **essaime** rapidement et attaquent en **masse**. Elles sont réceptives aux phéromones émises par la première attaquante.
- Elles sont toujours en mouvement et voyagent d'une région à l'autre grâce à des **vecteurs** (racines de plantes, produits agricoles...).
- Elles se sont adaptées aux sécheresses et aux inondations: elles se lient les unes aux autres pour former une **structure** qui flotte ou des ponts pour passer des obstacles.
- Elles **s'autoassemblent en structures émergentes étanches** (sphère, dôme, radeau...), alternant leurs positions respectives dans ces structures pour survivre.

[Le radeau de la fourmi | Pour la Science](#)



S'inspirer :

- Mode de transport modulable et flexible
- Esprit d'équipe, collaboration
- En essaim



A retenir:

- Mode de transport collectif flexible et efficace
- Ensemble on est plus fort
- Grande réactivité face au danger, aux crises



Ruche & abeilles

Observer:

fonctions de la ruche, conditions, prise de décision

Mot(s) clé(s) & fonctions :

transporter, collecter, mutualiser, chemin le plus court, communication, gouvernance



Comprendre :

- La ruche est une structure presque fermée abritant une colonie d'abeilles.
- Il existe des ruches naturelles des abeilles sauvages généralement situées en hauteur, dans des troncs creux, des falaises, sous une branche d'arbre
- **Conditions favorables à la ruche**:
 - emplacement de la ruche (loin des champs agricoles utilisant des pesticides), la surélévation (à cause des prédateurs), l'accès à l'eau et aux ressources (fleurs, forêts...), l'ensoleillement, la capacité d'accueil...
 - Si la ruche est surpeuplée, la colonie se divise en 2. C'est un **quorum** sur la base des « danses éclairées » qui décide de l'emplacement de la future ruche
- **Conditions favorables aux abeilles**: Les abeilles sortent de la ruche quand la température extérieure atteint 11-12°C en avril. Du printemps au milieu de l'été, elles profitent des fleurs mellifères pour stocker du miel. En août, les fleurs se font plus rares, les jours raccourcissent, la colonie diminue. En automne, les dernières plantes fleurissent et donc la reine fait naître les abeilles qui passeront l'hiver. L'hiver les abeilles consomment leur miel, la colonie réduite se serre autour de la reine pour maintenir une température de 12°C (vibrations d'ailes).
- La ruche joue un **rôle central**:
 - **Habitat** des abeilles (protection, entretien de la colonie)
 - **Lieu de fabrication** du miel
 - Ventilation
 - Fabrication de la cire
 - Transfert du nectar
 - Butinage
- **Point de collecte** pour l'apiculteur



S'inspirer :

- Hub multifonctions
- Conditions doivent être favorables (emplacement, température, environnement)
- Coopération entre les acteurs



A retenir:

- Un hub de flux de matières
- Association bénéfique avec l'homme (pollinisation, biodiversité)
- Chauffage bio-inspiré

Protéger des dommages physiques

Réguler les processus physiologiques
Réguler la reproduction ou la croissance



Graine de coco

Cocos nucifera

Observer:

déplacement, flottabilité

Mot(s) clé(s) & fonctions :

transporter, distribuer, adapter, expédier, protéger



Comprendre :

- Le cocotier expédie sa graine à l'intérieur d'une coquille dure qui contient tout le nécessaire pour un long voyage. La graine est disséminée par les courants d'eaux (fluviaux ou marins) sur plusieurs milliers de km
- À l'intérieur, il y a une réserve de nourriture riche, la soi-disant *viande*, et environ un demi litre d'eau.
- À l'extérieur, il est équipé d'un flotteur en fibre un tissu fibreux et recouvert d'un épiderme épais et imperméable lui assure une flottabilité *exceptionnelle*.
- Cette stratégie leur a permis de coloniser les plages à travers les tropiques
- Au contraire, le Coco de mer ou *Cocofesse* (*Lodoicea seychellarum*) possède un fruit tellement lourd que celui-ci ne flotte que quand il est desséché et donc stérile.



S'inspirer :

- Expédition de marchandises de qualité
- Economie (chasser l'air)
- Utilisation de processus et matériaux naturels



A retenir:

- Flottabilité exceptionnelle
- Protection de la graine (imperméable)



Escargot violet

Janthina umbilicata

Observer:

mode de vie, flottaison, protection, matériau

Mot(s) clé(s) & fonctions :

protéger, produire



Comprendre :

- Les escargots océaniques vivent à l'interface de l'eau et de l'air, flottant à l'envers à la surface des océans tropicaux à l'aide d'un **radeau de bulles** qu'ils construisent avec de l'**air et du mucus**.
- un escargot *janthinide* a besoin de quatre choses : de l'air, de l'eau, un mucus compatible avec les deux et son pied musclé.
- Il commence par atteindre au-dessus de la surface de l'eau avec l'avant de son pied. Ensuite, il s'enroule dans les bords du pied pour créer une poche d'air. Les glandes du pied diffusent du mucus autour de la poche d'air, créant une bulle. Enfin, l'escargot tire son pied sous la surface, laissant la bulle attachée à la partie arrière du pied. Chaque bulle prend environ 10 secondes à faire, et l'escargot peut en créer jusqu'à 10 environ sans s'arrêter. Cela peut prendre une heure pour produire un radeau à plusieurs chambres suffisamment flottant pour permettre à l'escargot de maintenir sa position à l'intersection de l'air et de l'eau
- L'**exopolymère** utilisé par les *janthinides*, pour former leurs bulles crée un sac ferme et élastique mais non collant.
- Parce qu'il est **amphiphile** - certaines parties de la molécule sont solubles dans l'eau et d'autres repoussent l'eau - il réduit la tension superficielle, ce qui permet à l'escargot de se déplacer facilement d'un endroit à un autre avec une dépense d'énergie minimale.
- En assurant la mobilité, il améliore également l'accès à la nourriture, principalement d'autres animaux invertébrés tels que les méduses qui flottent ou nagent à la surface de la mer.
- Sa nature robuste mais légère pourrait fournir des informations utiles pour concevoir des dispositifs de flottaison personnels faciles à ranger, des matériaux d'emballage peu coûteux ou de la mousse pour le rembourrage et l'isolation.



S'inspirer :

- Emballage et calage de produits



A retenir:

- Système économe en énergie et ressources



Papillons de nuit

Antherina suraka et *Callosamia promethea*

Observer:

xxx

Mot(s) clé(s) & fonctions :

réduire le bruit



Comprendre :

- Certains papillons de nuit pour survivre aux chauves-souris captent les ultrasons pour leur échapper
- Leurs écailles thoraciques (semblables à des poils) absorbent les ultrasons et étouffent l'écho leur revenant, offrant ainsi aux insectes un camouflage acoustique
- Ces écailles peuvent absorber 85% de l'énergie sonore entrante comme les absorbeurs techniques des studios d'enregistrement



S'inspirer :

- Utiliser ce matériau pour réduire le bruit lors des déchargements et enlèvements de marchandises en ville



A retenir:

- Captation d'ultrasons pour se camoufler et survivre
- Matériau fin et léger
