Le rôle du designer textile dans la transition socio-écologique de l'industrie de la mode : une approche biomimétique des teintures écoresponsables

Vanessa Mardirossian

Thèse présentée au programme *Individualized Program* (INDI)

comme exigence partielle au grade

de Philosophae Doctor (Ph.D.)

Université Concordia

Montréal, Québec, Canada

Novembre 2025

© Vanessa Mardirossian, 2025

CONCORDIA UNIVERSITY

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

This is to certify that the thesis prepared

By: Vanessa Mardirossian

Entitled: Le rôle du designer textile dans la transition socio-écologique de l'industrie de la mode : une approche biomimétique des teintures écoresponsables

and submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of

Doctor of Philosophy (Individualized Program)

complies with the regulations of the University and meets the accepted standards with respect to originality and quality.

Signed by the final examining committee:

_____Chair
Dr. Katja Neves

_____External Examiner
Dr. Claudia Démené

_____Arms-Length Examiner
Dr. Kathleen Vaughan

_____Examiner
Dr. Yves Gélinas

_____Examiner
Dr. Martin Racine

_____Thesis Supervisor
Dr. Alice Jarry-Girard

Approved by _____
Dr. Felice Yuen, Graduate Program Director

11/26/2025

_____
Dr. Geoffrey Dover, Interim Dean, School of Graduate Studies

RÉSUMÉ

Le rôle du designer textile dans la transition socio-écologique de l'industrie de la mode : une approche biomimétique des teintures écoresponsables

Vanessa Mardirossian
Université Concordia, 2025.

La littérature scientifique établit clairement les risques écotoxicologiques majeurs associés aux colorants textiles synthétiques. Pourtant on observe un manque de connaissances profondes sur leur composition, leur transformation et leur cycle de vie. Cette déficience, qui dessert tant les designers que les fabricants et le grand public, contribue à l'opacité de cette industrie et soulève le besoin urgent de sensibilisation, de transparence et d'éducation.

Cette thèse-création sur les teintures écoresponsables explore le potentiel durable et non toxique d'une approche biomimétique du design tinctorial. S'appuyant sur des approches circulaires et locales, la recherche vise à éveiller aux enjeux environnementaux de l'industrie textile et à élaborer un recueil de bonnes pratiques tinctoriales. À travers une triple posture d'enquête, de création et de médiation, la méthodologie repose sur une démarche hybride et interdisciplinaire conjuguant design textile, chimie et santé environnementale. Elle combine des expérimentations pratiques en teinture végétale, des entrevues d'experts et des études de cas portant sur des usages biorégionaux et régénératifs des colorants. La recherche a mis en lumière des pratiques tinctoriales circulaires qui préservent la biodiversité, valorisent les sous-produits agricoles et enrichissent le sol. Cette démarche englobe la connaissance des effets sanitaires des ingrédients et procédés, la valorisation des déchets comme ressources, l'étude des interactions entre colorants, corps humain et écosystèmes, ainsi qu'une compréhension de la chimie organique des plantes tinctoriales pour fabriquer des teintures vives et respectueuses des milieux.

Ce développement de compétences, nommé « écolittératie tinctoriale », offre aux designers une compréhension élargie des implications environnementales et sanitaires des teintures. Il démontre que l'engagement écologique peut aller de pair avec l'exploration esthétique en donnant naissance à des couleurs naturelles à la fois vives, attrayantes et respectueuses des écosystèmes vivants. La thèse propose un modèle pédagogique à intégrer dans les formations en design textile. Elle suggère également un scénario de teinturerie hybride associant production industrielle, apprentissage et intégration à l'écosystème culturel local.

En articulant création, recherche et engagement public, cette thèse redéfinit le rôle du design dans les pratiques tinctoriales durables et dans l'enseignement offrant une contribution concrète à la transition écologique dans le secteur textile.

Mots-clés : colorants textiles – écolittératie tinctoriale – approche écosystémique des teintures – approche biomimétique des teintures – approche régénérative des teintures – localité – circularité – design tinctorial – recherche par le design – transdisciplinarité.

ABSTRACT

The Role of the Textile Designer in the Fashion Industry's Socio-Ecological Transition: A Biomimetic Approach to Eco-Responsible Dyes

Vanessa Mardirossian
Université Concordia, 2025.

The scientific literature clearly establishes the major ecotoxicological risks associated with synthetic textile dyes. Yet, there remains a profound lack of knowledge regarding their composition, transformation and life cycle. This deficiency, which affects designers, manufacturers, and the public alike, contributes to the opacity of this industry and underscores the urgent need for awareness, transparency, and education.

This practice-based thesis on eco-responsible dyes explores the sustainable and non-toxic potential of a biomimetic approach to dye design. Grounded in circular and local methodologies, the research seeks to raise awareness of the environmental challenges of the textile industry and to develop a compendium of best dyeing practices. Through a threefold stance of inquiry, creation, and mediation, the methodology relies on a hybrid and interdisciplinary process combining textile design, chemistry, and environmental health. It combines practical experiments in plant-based dyeing, expert interviews, and case studies focusing on bioregional and regenerative uses of dyes.

The research revealed circular dyeing practices that preserve biodiversity, valorize agricultural by-products, and enrich the soil. This approach encompasses understanding the health effects of ingredients and processes, reusing waste as resources, studying the interactions between dyes, the human body, and ecosystems, as well as developing an understanding of the organic chemistry of dye plants to produce vibrant and environmentally friendly colors.

This development of skills, referred to as "tinctorial ecoliteracy", offers designers a broader understanding of the environmental and health implications of dyes. It demonstrates that ecological commitment can go hand in hand with aesthetic exploration, leading to natural colors that are both vibrant, appealing, and respectful of living ecosystems. The thesis proposes an educational model to be integrated into fashion and textile design programs. It also suggests a hybrid dyehouse scenario combining industrial production, learning, and integration into the local cultural ecosystem.

By articulating creation, research, and public engagement, this thesis redefines the role of design in sustainable dyeing practices and education, offering a concrete contribution to the ecological transition of the textile sector.

Keywords: Tinctorial Ecoliteracy – Ecosystemic Perspective on Dyes – Biomimetic Vision of Colorants – Regenerative Approach to Textile Design – Locality – Circularity – Tinctorial Design – Transdisciplinarity.

DÉDICACE

À ma mère, qui nous a quittés cette année, et à mon père, parti bien avant elle. Cet accomplissement est pour vous, avec la certitude de votre fierté.

À mes enfants, Lisa-Maë, Lorenzo et Anthony, ainsi qu'à mon mari, Mao, qui me motivent à me surpasser et à rendre le monde plus beau.
Merci pour vos encouragements et votre amour qui m'ont portée jusqu'ici!

REMERCIEMENTS

Au terme de ce long parcours de recherche, je souhaite exprimer ma profonde gratitude à toutes celles et tous ceux qui ont contribué, de près ou de loin, à l'aboutissement de cette thèse.

J'aimerais commencer par remercier la professeure et designer Ying Gao qui m'a soufflé l'idée de faire un doctorat. J'ai ainsi découvert la recherche-création qui a fait évoluer à la fois mon cheminement et le sens de ma pratique de designer ainsi que mon rôle d'enseignante.

Je remercie également ma première directrice de thèse pk Langshaw, une pionnière du design socio-environnemental à l'Université Concordia, de m'avoir offert l'opportunité de coenseigner avec elle et, de ce fait, de conjuguer recherche et pédagogie.

Je remercie surtout ma directrice, Dre Alice Jarry pour son accompagnement attentif, ses conseils éclairés et sa confiance. Ses remarques pertinentes et son exigence ont largement participé à enrichir ma réflexion et à élargir l'orientation de mon travail.

J'adresse également mes remerciements aux membres du comité, Dr Yves Gélinas et Dr Martin Racine, pour leur temps, pour la qualité de leurs échanges et de leurs suggestions. Merci également à la chercheuse en santé environnementale, Dre Larissa Takser pour son expertise.

Je dois une grande reconnaissance aux experts internationaux qui m'ont entourée. Ils ont grandement nourri ma curiosité, ma rigueur et mon goût pour les teintures naturelles. Je transmets mes remerciements les plus sincères à Dominique Cardon, Patrick Brenac, Axelle Gisserot, Sandrine Rozier, Kathy Hattori, Michel Garcia, Rachel MacHenry, Delphine Talbot, Bosco Henriques, Jennifer et Tristan Lienhard, Anne de la Sayette, Johann Sosoe, Dalhia Milon et Nadia Bunyan, dont les discussions stimulantes ont rythmé mon étude.

Merci aussi à mes correctrices, Vivianne Cattane et Véronique Thabuis, pour leurs heures sans fin à me relire ainsi que pour leurs encouragements bienveillants dans les périodes de doute.

Sans oublier mes amies, qui ont su apporter légèreté, soutien et expertise dans les moments les plus intenses. Merci Mojca Pecman, Rachel MacHenry, Ganaele Langlois, Laurence Teillet et Virginie Rigot.

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION 1

CHAPITRE 1 CADRE CONCEPTUEL ET APPROCHE MÉTHODOLOGIQUE 12

1.1 CADRE THÉORIQUE ET PRATIQUE 12

1.1.1 Le biomimétisme : les modes opératoires du vivant comme modèle créatif et économique 13

1.1.2 L'écolittératie : un concept évolutif 14

1.1.3 Le design circulaire 14

1.1.4 L'approche écosystémique 16

1.2 UNE MÉTHODOLOGIE EXPLORATOIRE À L'ÉCOUTE DES PRATIQUES 18

1.2.1 Enquêtes contextuelles : une immersion en chimie et en santé environnementale 21

1.2.2 Exploration matérielle : une approche itérative de la teinture 22

1.2.3 Entrevues d'experts: regards croisés sur les teintures écoresponsables 22

1.3 L'ENGAGEMENT AVEC DES PUBLICS CIBLÉS 29

1.3.1 L'exposition comme stratégie de communication 29

1.3.2 Les ateliers et les discussions publiques comme démarche expérimentale 31

1.3.3 Les colloques scientifiques comme outils d'ouverture vers d'autres disciplines 32

1.3.4 Publications : de la diffusion publique à l'article scientifique 34

1.3.5 Le rôle de chercheuse engagée 34

CONCLUSION 36

CHAPITRE 2 INITIATION AUX TEINTURES TEXTILES POUR UNE COMPRÉHENSION ÉLARGIE DES ENJEUX DE LA COULEUR EN MODE 38

2.1 INTRODUCTION À LA TEINTURE TEXTILE : PRINCIPES ET TECHNIQUES DE BASE 38

2.1.1 Processus de teinture pour colorants naturels 38

2.1.2 Processus de teinture pour colorants synthétiques 45

2.1.3 Processus de teinture pour les colorants biotechnologiques 46

2.2 LES TROIS GRANDES CLASSES DE COLORANTS TEXTILES : ORIGINES, HISTOIRE ET STRUCTURES CHIMIQUES....49
2.2.1 Les colorants naturels : un usage millénaire....50
2.2.2 Les colorants synthétiques : du XIX^e siècle à nos jours....56
2.2.3 Les colorants biotechnologiques : une voie en développement....60
2.3 LES COLORANTS SYNTHÉTIQUES : QUE LEUR REPROCHE-T-ON ?....62
2.3.1 L'impact des teintures synthétiques sur l'environnement....63
2.3.2 L'impact des teintures synthétiques sur la santé humaine....63
2.3.3 À la croisée de la science et du design : décryptage et expérimentation....65
2.3.4 Le manque d'éducation sur la toxicologie des colorants....67
2.3.5 La nécessité d'un encadrement réglementaire....68
2.3.6 Identification de la composition des colorants par spectrométrie de masse....69
2.3.7 Simulation de l'exposition cutanée : test de migration en sueur artificielle....72
CONCLUSION....74
CHAPITRE 3 : LE VIVANT COMME MODÈLE CIRCULAIRE....76
3.1 CIRCULARITÉ MATÉRIELLE ET TINCTORIALE: UNE PLURALITÉ DE RECHERCHES EN DESIGN....77
3.1.1 Vers une industrie textile durable : les acteurs clés....79
3.1.2 Des modèles d'affaires circulaires : opportunités et défis....81
3.2 EXPÉRIMENTATIONS AUTOUR DE LA CIRCULARITÉ DES MATÉRIAUX....83
3.2.1 Exploration du potentiel tinctorial des microorganismes et des biomatériaux....85
3.2.2 Du déchet à la palette : expérimentations pour l'exposition Culture de la Couleur....95
3.2.3 Palette hybride : quand les déchets nourrissent les pigments bactériens....98
3.3 L'EXPOSITION *CULTURE DE LA COULEUR : UNE ÉCOLITTÉRATIE DU DESIGN TEXTILE* (2021) ..103
3.4 L'ENGAGEMENT PUBLIC ET COLLABORATIF : MOTEUR D'UNE PENSÉE CRITIQUE....105
3.4.1 L'atelier comme terrain d'échanges et d'interactions sur la circularité....106
3.4.2 Residual Textile Dye Spectrum : le nuancier comme matérialisation de la circularité des colorants....110
3.4.3 Une expérimentation intersectorielle sur l'écologie industrielle....111
3.4.4 Expertises internationales en pratiques tinctoriales circulaires....113
CONCLUSION....118

CHAPITRE 4 L'APPROCHE LOCALE COMME PILIER D'UNE PRODUCTION TINCTORIALE ÉCORESPONSABLE 120

4.1 L'IMPACT SOCIO-ENVIRONNEMENTAL ET CULTUREL DE LA DÉLOCALISATION DE L'INDUSTRIE TEXTILE 121

4.2 UNE PRODUCTION TEXTILE ANCRÉE DANS LE TERRITOIRE : DÉFINIR UN ESPACE D'ACTION ET D'IDENTITÉ 125

4.2.1 L'atelier LUMA : une réindustrialisation raisonnée des ressources locales 125

4.2.2 rshed : une approche du « sol au sol » favorisant l'économie textile locale 128

4.3 DES PRATIQUES TINCTORIALES RÉGÉNÉRATIVES 134

4.3.1 Une teinturerie comme levier régénératif social, économique et environnemental 135

4.3.2 La teinturerie AppleOak FibreWorks : une pratique artisanale et éducative 137

4.3.3 Interactions bénéfiques entre plantes tinctoriales et écosystèmes 139

4.4 VERS UNE MISE À L'ÉCHELLE SEMI-INDUSTRIELLE DES TEINTURES VÉGÉTALES 146

4.4.1 De la recherche expérimentale à la microteinturerie 146

4.4.2 Un nouveau modèle économique de teinturerie 150

4.4.3 Optimiser la production de colorants végétaux pour un usage industriel 151

4.5 DES ACTIONS LOCALES VISANT UN IMPACT GLOBAL 153

CONCLUSION 157

CHAPITRE 5 VERS UNE ÉCOLITTÉRATIE TINCTORIALE : POUR UNE COMPRÉHENSION ÉCOLOGIQUE DES COLORANTS TEXTILES EN DESIGN 160

5.1 LES ZONES GRISES DE LA COULEUR : CO-CONSTRUIRE UNE EXPERTISE COLLECTIVE 162

5.1.1 Couleur et Culture 164

5.1.2 Couleur et Santé 167

5.1.3 Couleur et Innovation 168

5.1.4 Perceptions et interprétations des zones grises 171

5.2 TRANSMISSION DES CONNAISSANCES ET RÉAPPROPRIATION DES SAVOIR-FAIRE 173

5.2.2 De la formation universitaire à une certification de maître-teinturier 176

5.2.3 Ateliers de teinture végétale : entre pratiques agricoles et transmission low-tech 177

5.3 L'IMPORTANCE DE LA TRANSDISCIPLINARITÉ EN DESIGN TINCTORIAL 179

5.3.1 La transdisciplinarité : fondements et perspectives 180

5.3.2 Une transdisciplinarité appliquée à l'écolittératie tinctoriale 183
5.4 MODÉLISATION DE L'ÉCOLITTÉRATIE TINCTORIALE DANS LE CHAMP DU DESIGN 186
CONCLUSION 189
CHAPITRE 6 VERS UN MODÈLE PÉDAGOGIQUE ET DE PRODUCTION VECTEUR DE CULTURE ET DE SAVOIRS 191
6.1 ÉTAT DES LIEUX : FORMATIONS LOCALES EN DESIGN TEXTILE ET DE MODE 193
6.2 VERS UNE PÉDAGOGIE DES COLORANTS ÉCOLETTRÉE : UN SCÉNARIO PROSPECTIF 195
6.2.1 L'écolittératie tinctoriale comme approche épistémologique 195
6.2.2 Une approche transdisciplinaire 196
6.2.3 La centralisation et la mutualisation des savoirs 196
6.2.4 Dimension structurante 197
6.3 UNE APPROCHE SYSTÉMIQUE DES COLORANTS TEXTILES EN CONTEXTE INDUSTRIEL LOCAL 197
CONCLUSION 203
CONCLUSION GÉNÉRALE 204
ANNEXE A RECETTES 214
1. NETTOYAGE DES FIBRES 214
2. DÉBOUILLISSAGE DES FIBRES CELLULOSIQUES 215
Dégraissage (laine) ou décreusage (soie) des fibres protéiques 215
3. MORDANÇAGE 215
Le mordançage des fibres cellulosiques se fait en deux parties 215
4. TEINTURE TEXTILE 217
4.1 Teintures avec des déchets alimentaires et des plantes entières 218
4.2 Teinture avec des extraits végétaux 219
5. NUANÇAGE EN POST-BAIN 219
6. RECETTE DE LIQUEUR DE FER MAISON 219
7. PIGMENTS À PARTIR DE BAINS DE TEINTURES RECYCLÉS 220
8. CELLULOSE DE KOMBUCHA 220
8.1 Recette de cellulose de kombucha à partir d'un SCOBY 221
8.2 Recette pour fabriquer un SCOBY à partir d'une boisson de kombucha 221

9. BIOPLASTIQUES 222

ANNEXE B SPÉCIFICATIONS TECHNIQUES.....224

B.1 GLOSSAIRE DE TERMES TECHNIQUES POUR LES TEINTURES NATURELLES 224

B.2 GLOSSAIRE DE TERMES TECHNIQUES POUR LES TEINTURES SYNTHÉTIQUES.....226

B.3 GLOSSAIRE DE TERMES TECHNIQUES POUR LES TEINTURES BIOTECHNOLOGIQUES 228

B.4 LA CHIMIE TINCTORIALE 228

ANNEXE C RESSOURCES NUMÉRIQUES.....233

ANNEXE D CARTES-SYNTHÈSES DES ENTREVUES.....235

ANNEXE E BIOGRAPHIES DES EXPERTS INTERROGÉS 238

BIBLIOGRAPHIE 241

Les termes techniques sont explicités dans les glossaires thématiques placés en fin de document

LISTE DES FIGURES

Figure 1.1 Impact de la production textile sur l'environnement à chaque étape du cycle de vie. Source: Ellen MacArthur Foundation (2017), A new textiles economy: Redesigning fashion's future (pp. 55, 66). Reproduit avec autorisation. 16

Figure 1.2 Méthodologie de la recherche. 20

Figure 1.3 Visite du champ tinctorial de Dahlia Milon, Kamouraska (2023). De gauche à droite : culture ; séchage de fleurs tinctoriales ; cuve d'indigo et pelotes de laine teintes in-situ. Photos © Y. Cardona Arias, publiées avec autorisation de Dahlia Milon. 27

Figure 1.4 Déploiement du processus itératif. Récit de recherche-création présenté au 90e Congrès de l'Acfas, HEC Montréal (2023). 33

Figure 2.1 Sept différents tanins sur fibre de lin. De gauche à droite : engallage à la noix de galle issue du chêne, myrobolan, thé, châtaignier issu de la valorisation forestière (Green'Ing), peaux de grenades, thym, pépins de raisin. En bas : ces mêmes différents tanins, ensuite mordancés à l'alun puis plongés dans un bain de gaude (7 % PdF) permettent d'obtenir différentes nuances de jaunes. 41

Figure 2.2 Impact des variations de ratio d'extrait de garance sur la teinte finale. De gauche à droite : extrait de garance à 1,5 %, 5 %, 15 %, puis avec 2 % de fer. 42

Figure 2.3 Processus de teinture à l'oignon. De gauche à droite : décoction de peaux d'oignon ; bain de teinture ; échantillons de teintes obtenues, incluant les variations par post-bain. 43

Figure 2.4 Palette chromatique des anthocyanes issues du chou rouge. En milieu neutre (pH 7), elles produisent un colorant mauve. Cette teinte se transforme en rose lorsqu'on ajoute un agent acide et en bleu ou vert si on incorpore un agent basique. 44

Figure 2.5 Tests de solidité à la lumière réalisés avec la technique Blue Wool Scale. Dominique Cardon, à droite, accompagnée de Delphine Talbot et David Santandreu chez Green'Ing. Présentation des échantillons de laine teints lors de son stage de teinture : Les 157 couleurs de Paul Gout (2024). À gauche : échantillons réalisés par Axelle Gisserot lors du stage Paul Gout. Photo © V. Mardirossian. 45

Figure 2.6 Application d'une culture liquide sur textiles. De gauche à droite : culture liquide appliquée à la pipette sur divers textiles ; culture après 48h sur laine. 47

Figure 2.7 Culture de la bactérie *Serratia marcescens* sur agar. De gauche à droite : culture sur un médium gélatineux à base d'algues dans milieu nutritif LB (*Lysogeny Broth*) composé de tryptone (acides aminés), de levure et de chlorure de sodium (sel) ; structure moléculaire de la prodigiosine [$C_{20}H_{25}N_3O$], le colorant rouge produit par la bactérie ; échantillons de coton, laine et soie teints avec la bactérie. 48

Figure 2.8 Culture de la bactérie *Vogesella indigofera* sur agar. De gauche à droite : culture de la bactérie sur un médium gélatineux à base d'algues et de nutriments TSB (*Tryptic Soy Broth*) composé d'acides aminés issus de caséine, de dextrose (source de carbone), de chlorure de sodium et de phosphate de dipotassium : structure moléculaire de l'indigoidine [$C_{10}H_8N_4O_4$], le colorant bleu produit par la bactérie ; échantillons de coton, laine et soie teints avec la bactérie. 48

Figure 2.9 La gaude : de la plante à la teinture. De gauche à droite : plante tinctoriale (*Reseda luteola*) dont les feuilles et les graines sont utilisées pour extraire la lutéoline, le principal composé colorant jaune (© P. Brenac, Green'Ing) ; structure moléculaire de la lutéoline ($C_{15}H_{10}O_6$) ; échantillons de laine et de coton teints avec de l'extrait de gaude. 51

Figure 2.10 La garance : de la racine à la teinture (2024). De gauche à droite : racine de garance (*Rubia tinctorum*), dont on extrait l'alizarine, le composé colorant rouge principal (©P. Brenac, Green'Ing) ; structure moléculaire de l'alizarine ($C_{14}H_8O_4$) ; échantillons de laine et de coton teints avec de l'extrait de garance ; la garance donne des rouges variés selon plusieurs variables : nature de la fibre, ratio plante/mordant, pH, temps et température du bain. 52

Figure 2.11 L'indigo : de la plante à la teinture. De gauche à droite : plante à indigo japonais (*Persicaria tinctoria*), dont on utilise les feuilles pour faire la teinture ; structure moléculaire de l'indigotine ($C_{16}H_{10}N_2O_2$) ; échantillon de coton teint à l'indigo réduit à la banane. 53

Figure 2.12 Noix de galle : de l'arbre au mordant. De gauche à droite : noix de galle sur branche de chêne blanc (*Quercus pubescens, Willd.*), résultant de la réaction de l'arbre à la piqure d'une guêpe ; structure moléculaire de l'acide gallique ($C_7H_6O_5$), composant clé de certains tanins ellagiques, dont la noix de galle, utilisée comme mordant végétal ; échantillons de laine et de coton teints avec ces noix, utilisables comme mordant ou colorant. 53

Figure 2.13 Cahier de notes et d'échantillons d'atelier. 55

Figure 2.14 Extrait du rapport *A cancer journey*. Schéma du processus de cancérogénèse induit par certains cancérogènes synthétiques. Une exposition prolongée à ces molécules peut provoquer des mutations cellulaires à l'origine d'un cancer. 67

Figure 2.15 Analyses GC-MS de colorants dispersés. Labo LEGO, Concordia (2018). La teinture rouge montre un pic qui signifie qu'une substance se retrouve en grande quantité dans ce colorant. Ce pic indique la présence de 1-amino-4-hydroxy-2-phenoxy-9,10-anthracenedione à 95,4% de pureté dont la structure moléculaire est $C_{20}H_{13}NO_4$. 70

Figure 2.16 Tests de transfert de colorants dans la sueur. Laboratoire de chimie organique LEGO (Université Concordia). 73

Figure 3.1 Pratiques circulaires de Patagonia, Stella McCartney et Eileen Fisher. 82

Figure 3.2 Déploiement chronologique du processus créatif. Les projets sont regroupés en quatre pôles identifiés par une couleur distincte. 84

Figure 3.3 Expérimentations tinctoriales Growing Colours (2019). De gauche à droite : S. marcescens (SM) sur gélose nutritive (LB Miller agar) après 48 h à température ambiante (TA) ; culture liquide de SM en milieu nutritif (LB) ; colonisation d'un textile par SM après 24 h de culture ; échantillons de lin et de soie incubés avec SM, puis stérilisés ; V. indigofera (VI) sur gélose nutritive Tryptic Soy Broth (TSB) composée d'agar, protéines, glucose et sel, après 48 h à TA ; motif pois créé par culture de VI sur gélose au sang menstruel, utilisant une technique de pochoir, après 48 h d'incubation à TA.....86

Figure 3.4 Cultures bactériennes en milieu liquide aromatisées avec des déchets alimentaires...87

Figure 3.5 Mise en culture des bactéries Serratia marcescens sur fibres variées. Exploration du potentiel colorant de S. marcescens qui produit un spectre coloré rouge, allant du mauve au bordeaux, en passant par le rose vif, selon l'origine animale ou végétale des fibres.....88

Figure 3.6 Matière à Réflexion, Textile Trade Time Symposium, Université Concordia (2019). Croissance de cellulose bactérienne à partir de pain, de thé, d'eau, de vinaigre et de sucres. De gauche à droite : le pain reçu au démarrage du projet comme fibre à exploiter, le trempage du pain pour rendre les nutriments solubles (sucres, acides aminés), état de la croissance après 18 jours, lavage et séchage après 3 semaines, motif zébré populaire en mode inspiré des craquelures du pain, fabrication de la teinture de haricot noir, motif imprimé sur cellulose de kombucha. 91

Figure 3.7 Gamme colorée en bioplastique compostable issue de déchets alimentaires (2020). De gauche à droite : rebuts d'artichaut, d'orange, de raisin et d'avocat.....92

Figure 3.8 Fossilation exposée à Oscillation, Centre Culturel Canadien, Paris (2025). © Vincent Royer - OpenUp Studio.....93

Figure 3.9 Cycle de vie de l'oignon. 96

Figure 3.10 Nuances circulaires : expérimentations avec des déchets alimentaires (2019).....97

Figure 3.11 Couleurs résiduelles (2021). Échantillons de fibres variées (coton, lin, laine et soie), teintes avec des déchets alimentaires. Chaque paquet contient plusieurs nuançages pour élargir la palette. 98

Figure 3.12 Inoculation de S. Marcescens sur agars aromatisés avec des déchets alimentaires (2020). 99

Figure 3.13 Textiles teints avec S. Marcescens sur fibres variées après stérilisation (2020). Les numéros correspondent aux différentes recettes expérimentées et identifiées dans la figure 3.12. 100

Figure 3.14 Expérimentations d'imprimés bactériens avec pochoirs (2021). De gauche à droite : motif découpé au laser inspiré du mouvement zigzag d'inoculation des bactéries ; textile teint à l'avocat et imprimé avec la bactérie inoculée sur agar après 48h. 101

Figure 3.15 Culture bactérienne à grande échelle pour l'impression du motif d'une veste : passage d'une boîte de Petri de 10 cm à une boîte de plexiglass de 180 x 90 cm (2021). 102

Figure 3.16 Exposition Culture de la Couleur présentée à l'École supérieure de mode (ESG UQAM, 2021).....104

Figure 3.17 Biodiversité chromatique : une alternative vivante aux Pantone (2021). 105

Figure 3.18 Ateliers Cooking and Culturing Colour (Speculative Life Biolab, U. Concordia, 2022). 107

Figure 3.19 Atelier au centre Santropol Roulant (2022). De gauche à droite : potager sur le toit ; conférence sur la circularité des teintures naturelles ; atelier avec les déchets alimentaires du potager. 108

Figure 3.20 Atelier à l'Échofab de Montréal (2022). De gauche à droite : vue d'ensemble de l'atelier ; bains de teinture ; textiles teints.....109

Figure 3.21 Residual Textile Dye Spectrum (2022). 315 teintes obtenues avec des déchets alimentaires et la bactérie S. Marcencens (142 x 96 cm). 110

Figure 3.22 Étude de cas sur la canneberge (2022). De gauche à droite: la canneberge fournie par Cintech ; le laboratoire pour l'extraction des colorants par centrifugeuse ; les décoctions de teinture liquide : extrait poudreux, échantillons textiles teints et décoction liquide ; observation des teintes obtenues avec Michaela Skulinova, chef de projet innovation.....112

Figure 3.23 Valorisation de sous-produits régionaux en extraits colorants. Green'Ing (2024). .113

Figure 3.24 Circularité chromatique. Bal de laine, musée McCord (2024). De gauche à droite : laine teinte avec extraits de thym, pépins de raisin, châtaignier, corroyère, réséda et garance. Puis, avec des fleurs séchées (cosmos sulfureux) et des peaux d'oignon. 115

Figure 4.1 Impact de production d'un vêtement délocalisé, selon un rapport de l'ADEME (2024). 123

Figure 4.2 Piliers de l'atelier LUMA : cartographie des acteurs, ressources et procédés. Une expertise biorégionale axée sur la santé et la résilience des écosystèmes et des communautés. 127

Figure 4.3 Schéma du cycle « sol au sol ». Adapté, traduit et reproduit avec autorisation de Burgess (Fibershed, 2019). 129

Figure 4.5 Portraits d'artisans locaux de Fibershed Québec (2023). De gauche à droite : Lylliane Le Quellec, éleveuse, fileuse, tricoteuse, teinturière et éducatrice ; teintures naturelles que j'ai réalisées sur fils de laine québécoise à l'occasion de la conférence *Un triple Regard sur la couleur* pour la rencontre annuelle de Fibershed Québec (ESM ESG UQAM2023). Photos de gauche : © L. Le Quellec. ..... **Erreur! Signet non défini.**

Figure 4.6 La teinturerie BioDye India du Dr Bosco, Goa (2021). De gauche à droite : les bassins de décantation purifient l'eau utilisée pour la teinture. Les résidus de plantes tinctoriales se déposent au fond, sous forme de boues qui servent de compost aux cultures, tandis que l'eau clarifiée est utilisée pour irriguer les plantations ; cultures d'indigo ; séchage de vêtements teints à l'indigo. Photo : © Rachel MacHenry. 135

Figure 4.7 Collection Botanica Tinctoria de Rachel MacHenry avec BioDye India (2022). Photo : © R. MacHenry. 137

Figure 4.8 La teinturerie AppleOak FibreWorks de Jennifer et Tristan Lienhard (2024). De gauche à droite : T. Lienhard préparant les semis de pastel : il sélectionne et sème les graines sous abri avant de les planter au champ ; transplantation des plants de pastel dans le champ ; cuve de teinture à l'indigo ; séchage de fils teints sur différentes fibres (cochenille en haut ; garance et argousier en bas ; système de filtration naturelle des eaux usées. Photos © Jennifer et Tristan Lienhard. 138

Figure 4.9 Champs tinctoriaux de Dahlia Milon et de Nadia Bunyan (2023). De gauche à droite : cosmos sulfureux (*Cosmos sulphureus*), œillet d'Inde (*Tagetes patula*), scabieuse (*Scabiosa spp*.) : trois plantes tinctoriales mellifères observées en pleine floraison, attirant de nombreux pollinisateurs et contribuant à la santé du sol. 140

Figure 4.10 De la plante au colorant : récolte dans le jardin de Dahlia Milon (2025). Laine teinte et nuancée à partir des plantes cueillies. Photos © D. Milon. 141

Figure 4.11 Jardin tinctorial de Nadia Bunyan_Growing ARC au parc Jean-Drapeau (2023). De gauche à droite: amarante tinctoriale (*Amaranthus cruentus « Hopi Red Dye »*) ; souci officinal (*Calendula officinalis*) ; lin cultivé (*Linum usitatissimum*). 142

Figure 4.12 Visite du laboratoire textile de l'atelier LUMA (2023). De gauche à droite: Mathilde Laroche, ingénieure textile devant la machine à biberons pour l'échantillonnage ; décoction de plantes dans une cuve chauffée de 100 litres. Photos © V. Mardirossian avec autorisation. 147

Figure 4.13 Visite du laboratoire textile de l'atelier LUMA (2023). De gauche à droite : machine à retors pour fabriquer les fils ; Martindale pour tester la résistance à l'abrasion. Photos © V. Mardirossian et L. Teillet avec autorisation. 147

Figure 4.14 Machine Natura DS (2023). De gauche à droite: observation de la structure compacte de la machine ; teinture de fils. Photos © V. Mardirossian avec autorisation. 148

Figure 4.15 Les bénéfices socio-environnementaux d'une production textile locale 156

Figure 5.1 Développement de l'écolittératie tinctoriale. S'articulant autour de l'acquisition et de la transmission de connaissances, ce concept vise à faire émerger de nouveaux modèles durables à la croisée des disciplines académiques, artistiques et industrielles. 161

Figure 5.2 Table ronde : *Les zones grises de la couleur*. 4th Space, Université Concordia (2024). De gauche à droite : Cécile Bulle, Rachel MacHenry, Vanessa Mardirossian, Cathy

Vaillancourt, Johann Sosoe et Nadia Bunyan + les six autres invités en ligne. Photos : © M. Cardona. 164

Figure 5.3 Discussion publique sur les interactions entre colorants et vivant (2024). © M. Cardona. 171

Figure 5.4 Synthèse des axes de réflexion qui ont fait émerger les « zones grises » à explorer.173

Figure 5.5 Prototypes montrant la vivacité des teintes naturelles (2024). De gauche à droite : Mathilde Laroche (ingénieure textile) et Axelle Gisserot analysant les échantillons réalisés lors de leur stage Paul Gout avec Dominique Cardon. Photos © A. Gisserot. 175

Figure 5.6 Fils teints de la teinturerie AppleOak FibreWorks (2024). Ces teintures ont été réalisées sur des fibres de laine, de soie, de ramie et de lin. Elles ont été colorées avec la garance (rouge et orange), le nerprun (jaune), la sauge (vert 1), la cochenille (rose) et l'indigo (bleu). Certaines l'ont été par mélange comme la sauge et l'indigo (vert 2), le bouleau et l'indigo (vert 3), la cochenille et l'indigo (violet), la cochenille et l'alun (mauve clair), la cochenille et la crème de tartre (rose clair) et la cochenille, alun, crème de tartre, acide tartrique (rose rouge). Les couleurs foncées ont été obtenues avec des nuançages à l'acétate de fer. Photo© Jennifer Lienhard. 177

Figure 5.7 Champ tinctorial de Dahlia Milon (2023). De gauche à droite : séchage des fleurs ; conditionnement pour la vente ; bain de teinture ; laine teinte avec des cosmos sulfureux séchés. Photos : © Y. Cardona Arias et V. Mardirossian. 178

Figure 5.8 Diagramme de Manfred Max-Neef sur la transdisciplinarité (2005), traduit en français. 182

Figure 5.9 Modèle conceptuel transdisciplinaire de l'écolittératie tinctoriale (Inspiré de Max-Neef, 2005).....183

Figure 5.10 Articulation transdisciplinaire des savoirs autour des colorants durables. Ce schéma propose une constellation de disciplines qui devraient être mobilisées pour nourrir une réflexion collaborative sur la couleur en tant que phénomène écologique, culturel et matériel. 185

Figure 5.11 Approche transdisciplinaire appliquée au design tinctorial. 187

Figure 6.1 Ancrage pédagogique inspiré des limites planétaires de Kate Raworth. 192

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1.1 Liste des experts rencontrés par ordre chronologique.....23

Tableau 2.1 Synonymes de la molécule 1-amino-4-hydroxy-2-phenoxy-9,10-anthracenedione. 70

Tableau 2.2 Informations toxicologiques du Disperse Red 60. 72

Tableau 4.1 Fibershed Québec adapte le modèle aux spécificités de son territoire.....133

Tableau 4.2 Échelles de production textile de l'artisanat à l'ultra fast fashion (2025). Selon les résultats d'un sondage réalisé avec P. Brenac, J. Lienhard, H. Bosco, X. Plo et A. Gisserot. 136

Tableau 4.3 Plantes indigènes et non indigènes cultivées au Québec.....144

Tableau 4.4 Synthèse d'approches tinctoriales régénératives : cultiver, teindre, transmettre 145

LISTE DES ACRONYMES

ACFAS	Association francophone pour le savoir
ADEME	Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie
ADN	Acide désoxyribonucléique
CMR	Cancérogènes, mutagènes et reprotoxiques
CRSH	Conseil de recherche en sciences humaines du Canada
ETAD	Ecological and Toxicological Association of Dyes and Organic Pigments Manufacturers
FCI	Fondation Canadienne pour l'innovation
FRQSC	Fonds de recherche du Québec – Société et culture
INRS	Institut national de la recherche scientifique
LB	Lysogeny broth
LC-MS	Chromatographie liquide couplée à la spectrométrie de masse
GC-MS	Chromatographie gazeuse couplée à la spectrométrie de masse
GOTS	Global Organic Textile Standard
NP	Nonylphénol
NPEs	Nonylphénols éthoxylés
PdF	Poids de Fibre
PFAS	Per- and Polyfluoroalkyl Substances

PIB	Produit Intérieur Brut
PVC	Poly (chlorure de vinyle)
REACH	Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals
RtD	Research through Design
TSB	Triptic Soy Broth
ZDHC	Zero Discharge of Hazardous Chemica

INTRODUCTION

La majorité des vêtements produits par l'industrie textile contient des composés synthétiques issus de la pétrochimie, qui ont un impact significatif sur les écosystèmes et la santé humaine (Angelo, 2016 ; Cline, 2012 ; Heineman, 2006 ; Morgan et al., 2015 ; Siegle, 2011 ; Swedish Chemical Agency, 2014).

Les colorants synthétiques sont d'ailleurs l'une des principales sources de pollution aquatique (Cornell et al., 2021), notamment lors de la phase d'ennoblissement des tissus, qui comprend la teinture et l'impression. Cette étape contribue au déversement de substances persistantes et bioaccumulatives dans les courants marins. En Asie, où est réalisé l'essentiel de la production textile mondiale, de nombreux cours d'eau sont gravement pollués, comme le fleuve Zhu Jiang (rivière des Perles) en Chine, la rivière Citarum en Indonésie et le fleuve Buriganga au Bangladesh. Ces systèmes hydriques sont des exemples majeurs de la pollution chimique des eaux causée par les rejets industriels qui menacent la santé des communautés locales (Angelo, 2016 ; Bovon & Perrin, 2021; Greenpeace International, 2013).

Cependant, cette toxicité ne se limite pas à la fabrication des vêtements. Les phases d'usage et de fin de vie génèrent également le rejet de substances toxiques dans l'eau, l'air et le sol (Ellen MacArthur Foundation, 2017). Ainsi, les molécules colorantes se détachant de nos vêtements se retrouvent dans la poussière domestique, devenant facilement inhalables (Wicker, 2023). L'ensemble du cycle de vie des textiles provoque aussi d'abondantes émissions de CO_2 liées au transport, une perte de biodiversité et l'épuisement des ressources fossiles associées aux fibres et aux teintures synthétiques (ADEME, 2024).

Les enjeux sanitaires et environnementaux des colorants synthétiques sont historiquement ancrés dans des logiques économiques. Leur développement a été principalement guidé par des critères d'efficacité et de profit, reléguant au second plan les impératifs de durabilité et de sécurité. Dès l'après-guerre, le pétrole est devenu une matière première abondante et bon marché, permettant la production de masse de polymères et de colorants synthétiques. À partir des années 1960, l'industrie du vêtement connaît une accélération fulgurante. Alors que la mode était autrefois réservée à une élite, Amancio Ortega fonde Zara en 1975. Ce modèle économique, basé sur la copie rapide de créations de couturiers et leur commercialisation à bas prix, a certes rendu la mode accessible à tous, mais a aussi instauré un rythme effréné : collections renouvelées sans cesse, prix toujours plus bas, frénésie d'achat, surconsommation de ressources, usage massif de produits

synthétiques et accumulation de déchets. Ce système a ouvert la voie à la *fast fashion*[1], qui utilise des colorants, vecteurs de toxicité et d'appauvrissement écologique (Kant, 2012). Loin de s'essouffler, ce paradigme s'est encore accéléré avec l'émergence de l'ultra fast fashion, notamment incarnée par la marque chinoise Shein (Zhu, 2024). Alors que la fast fashion fonctionne par collections saisonnières, l'ultra fast fashion réagit à la demande immédiate en analysant les tendances en ligne pour lancer quotidiennement des milliers de nouveautés.

Cette cadence extrême repose sur des chaînes de production ultra-réactives qui emploient des colorants pétrochimiques caractérisés par leur facilité de fabrication et leur bas coût, au détriment de la santé humaine et de l'environnement. Dans ce contexte, la traçabilité, la régulation et l'innocuité des substances chimiques deviennent secondaires face à la logique de volume et de profit.

Sur les plus de 100 000 substances chimiques commercialisées au cours du XX^{e} siècle, la plupart n'ont jamais été testées sur l'environnement ni sur la santé humaine (Jouzel & Lascoumes, 2011). Les conséquences socio-environnementales de l'industrie textile appellent une relecture critique des pratiques de « design tinctorial » ainsi que de nouvelles méthodes de production non toxiques.

Le « design tinctorial » se définit comme un champ de pratique qui place la couleur (son origine, sa composition et son impact) au cœur de la démarche d'éco-conception. Cette approche se distingue du design textile (centré sur la matière du vêtement : structure, tissage, motif) et du design de mode (axé sur la silhouette et la forme). Bien que la couleur soit l'élément le plus immédiatement perceptible par le consommateur, qu'elle génère l'acte d'achat et initie la conception des collections, elle est paradoxalement la dimension la plus méconnue et sous-adressée des enjeux de la mode. Le design tinctorial vise ainsi à combler cette lacune en érigeant la couleur comme principal levier d'innovation éthique.

Exigeant un changement profond de mentalité à l'échelle sociétale, économique et politique, la transition écologique de l'industrie textile questionne les paradigmes extractivistes actuels qui défendent la recherche de profit et l'exploitation des ressources naturelles (Biomimicry Institute, 2021; Ellen MacArthur Foundation, 2017).

Cette transformation nécessaire doit reposer sur l'interconnexion intime entre l'humain et les écosystèmes. Le designer-chercheur allemand Steffen Lehmann (2008) approfondit cette idée en

[1] Le terme *fast fashion* sera utilisé dans cette thèse pour désigner le système industriel de surproduction et de surconsommation textile caractérisé par la rapidité de mise sur le marché, les volumes massifs, les coûts réduits et les conséquences sociales et environnementales qui en découlent. Ce terme, souvent traduit par « mode rapide », « mode éphémère » ou encore « mode jetable », est conservé ici en anglais en raison de son usage largement répandu dans la littérature scientifique et dans le langage courant. Comme ultra fast fashion, ces deux termes seront écrits en caractère romain dans le reste du document.

distinguant deux postures de conception : l'une égocentrée, axée sur le profit et déconnectée des limites écologiques ; l'autre écocentrée, qui place l'humain dans un réseau de relations avec l'environnement pour concevoir et produire en harmonie avec les systèmes vivants.

Ce besoin d'évolution fait également écho aux travaux du psychologue américain Daniel Goleman (2009), qui dénonce la « soupe chimique » dans laquelle nous vivons. Le coût environnemental de cette toxicité invisible et souvent méconnue du grand public comprend l'extraction et la transformation des matières premières, les conditions sociales de production, la pollution liée au transport et aux déchets toxiques, ainsi que les conséquences sanitaires et sociales sur les populations. Goleman préconise le développement d'une « intelligence écologique », une forme de conscience élargie qui conjugue connaissance des impacts, responsabilité individuelle et collective, ainsi que transparence. Il exhorte à une meilleure accessibilité à l'information sur les modes de fabrication. Cette démarche passe par la sensibilisation et l'accompagnement des designers, fabricants et acheteurs, afin qu'ils puissent opérer des choix éclairés et adopter des pratiques plus responsables. L'analyse du cycle de vie (ACV) est aussi pour lui un moyen efficace d'éliminer les substances toxiques dès la phase de conception et d'encourager la réutilisation ou le recyclage sécuritaire des matériaux. Enfin, Goleman met l'accent sur le libre partage de ces connaissances écologiques pour accélérer la transition vers des modes de production plus durables.

Ces réflexions montrent l'importance de développer une approche critique, éthique et collaborative dans un monde complexifié et fragmenté par la mondialisation (Morin, 2015). Dans le champ du design tinctorial, cela implique de repenser les modes de production des teintures en privilégiant des méthodes non toxiques, respectueuses des milieux écologiques et ancrées dans des dynamiques soutenant la transmission des savoirs tinctoriaux.

Cette thèse approfondit plusieurs concepts et approches retenus par des théoriciens et designers contemporains. L'écolittératie désigne la capacité à comprendre les principes fondamentaux des systèmes naturels et à les respecter dans nos pratiques matérielles, culturelles et sociales (Capra, 1996; Orr, 1990). Le biomimétisme s'inspire du vivant pour concevoir des solutions innovantes et durables (Benyus, 1997). Le design circulaire met l'accent sur la régénération des ressources et la réduction des déchets (McDonough & Braungart, 2009). L'approche écosystémique souligne les interdépendances entre les éléments d'un système et invite à considérer ces interactions lors de la conception de teintures. Cette perspective intègre une approche holistique du design et engage une transformation des modèles créatifs, éducatifs et industriels (Jones, 2022).

Plusieurs chercheuses en design de mode comme Kate Fletcher, Rebecca Earley et Suzanne Lee explorent des moyens d'intégrer les cycles écologiques dans la conception et la production textile. Fletcher développe une culture écologique des vêtements qui repense les matériaux et les usages pour prolonger leur durée de vie. Earley défend la circularité des textiles en considérant les vêtements comme des ressources pour guider le choix des fibres et des assemblages qui permettront

leur transformation en nouveaux textiles. Lee crée des matériaux à partir de micro-organismes, dont la couleur et la texture émergent de processus biologiques destinés à être compostés. Ces approches, introduites ici de manière succincte, seront approfondies dans le premier chapitre afin d'en préciser la portée théorique et les implications pratiques.

L'intérêt pour ce sujet émerge d'une expérience professionnelle de deux décennies en tant que designer textile dans l'industrie de la mode. À l'époque, je concevais des imprimés textiles pour la haute couture, utilisant notamment la sublimation : une technique d'impression sur polyester à base de colorants dispersés. Ce procédé émet des vapeurs que je respirais quotidiennement. Il m'a exposée aux effets directs des colorants synthétiques. D'une part, le polyester contient des phtalates, des perturbateurs endocriniens réputés pour leurs interférences avec le système hormonal et la reproduction (Bazin et al., 2012; Guillette & Crain, 2000). D'autre part, plusieurs colorants dispersés possèdent des propriétés mutagènes, génotoxiques et/ou cancérigènes, présentant un risque avéré pour les travailleurs, les usagers et les écosystèmes aquatiques (Carneiro, 2010). La lecture du rapport *Toxic Threads* (Greenpeace International, 2012) a marqué un tournant décisif dans ma pratique de designer. Cette analyse scientifique met en lumière la présence de substances chimiques nocives dans les vêtements de grandes enseignes et leurs effets sur la santé. Elle souligne ainsi que les substances cancérigènes et les perturbateurs endocriniens, dont les phtalates, altèrent le système hormonal ainsi que les fonctions reproductives et immunitaires. À cela s'ajoutent les colorants azoïques, employés pour teindre plus de 70 % des textiles, dont certaines molécules mutagènes produisent des lésions irréversibles de l'ADN (Chung & Cerniglia, 2000).

Le métier que j'exerce – jusque-là centré sur l'esthétique et la création visuelle – s'avère, par le biais des colorants nécessaires à la fabrication des vêtements, intrinsèquement nocif pour la santé de l'ensemble du vivant. Cette lecture a déclenché une forte prise de conscience. Elle a aussi impulsé une réflexion critique sur notre rapport aux colorants textiles et le rôle du designer dans l'écosystème de la mode. Cette situation témoigne du besoin impératif de recherches plus poussées sur les teintures, ouvrant la voie à des manières de faire, d'apprendre et de transmettre plus soutenables.

Ce changement de posture est à l'origine de cette recherche. Il s'agit d'une démarche à la fois technique, créative et réflexive, qui recourt aux colorants textiles issus de pigments naturels comme objet d'enquête, matière et médium.

Questions de recherche

L'approche biomimétique adoptée dans cette recherche (Benyus, 1997) s'intéresse donc à la couleur en interaction avec les écosystèmes naturels. Au-delà d'une simple imitation du vivant, elle est envisagée comme une véritable opportunité d'engagement dans des processus écologiques. Elle tend ainsi à privilégier la conception de colorants biologiques produits à partir de plantes et de

micro-organismes comme des bactéries. Contrairement aux colorants synthétiques d'origine pétrochimique, les biocolorants se distinguent par leur biodégradabilité, leur moindre toxicité et leur capacité à s'intégrer aux cycles biologiques sans nuire aux écosystèmes. Le choix des ingrédients qui composent les teintures devient ici prioritaire et amène à questionner et comprendre la source des colorants, leurs processus de fabrication et leur impact sur les écosystèmes à chaque étape de leur cycle de vie. Cette nécessité soulève une première question de recherche :

Comment une approche biomimétique du design textile peut-elle contribuer à la conception de teintures non toxiques et durables ?

L'évolution des modèles industriels exige des designers une connaissance écologique de l'impact de leur production sur le vivant que les cadres pédagogiques actuels peinent encore à structurer. Pour passer d'une pratique isolée à une compétence partagée, il devient crucial de comprendre comment la recherche-création peut devenir un vecteur de transformation des apprentissages. C'est dans cette perspective de renouvellement des compétences que s'inscrit la question suivante :

Comment une pratique tinctoriale expérimentale, conjuguée à des dynamiques de transmission et d'échange de connaissances, peut-elle délivrer des savoirs capables d'alimenter de nouveaux modèles pédagogiques et industriels en design textile ?

Ces deux questions, bien que distinctes, s'ancrent dans une même quête qui entrecroise recherche, création, transmission et production. Elle poursuit de multiples objectifs : redécouvrir des techniques anciennes, les adapter aux pratiques contemporaines ; acquérir une connaissance fine de la couleur qualifiée d' « écolittératie tinctoriale », c'est-à-dire une capacité à comprendre et appliquer de nouvelles méthodes pour faire cohabiter durablement les colorants textiles avec les écosystèmes.

Contribuer à de nouvelles connaissances tinctoriales écoresponsables : une réflexion à l'attention des praticiens et des chercheurs en design textile

Cette thèse vise ainsi à pallier un manque de connaissances dans le domaine des teintures textiles écoresponsables selon trois axes : développer une réflexion approfondie sur leurs implications chimiques, sanitaires, pédagogiques et sociales ; favoriser l'acquisition de savoirs écologiques, techniques et créatifs propres au design tinctorial durable ; promouvoir des méthodes de teinture non toxiques et régénératives, encore marginalisées par l'industrie pétrochimique. Elle situe ainsi les pratiques tinctoriales dans une réflexion systémique qui englobe des dimensions matérielles, socio-environnementales, économiques et politiques.

S'appuyant sur une expérience en design, en enseignement et en recherche, cette thèse entend enrichir la formation des futurs designers et participer à la transition écologique de l'industrie de

la mode dans un sous-champ encore peu documenté. En effet, mon enseignement en design textile à l'École supérieure de mode de l'ESG UQAM[2] ainsi qu'au département de design de l'Université Concordia a consolidé et étoffé ma recherche. Les échanges avec les étudiants sur la coloration et le design circulaire ont souligné l'importance d'intégrer les enjeux sociaux, culturels et écologiques à la formation des designers. Ils ont aussi inspiré ma réflexion théorique qui repose sur l'articulation entre expérimentation matérielle et questionnement éthique.

La thèse propose une contribution à la fois théorique, pratique et pédagogique au champ du design tinctorial écoresponsable. En s'appuyant sur une démarche expérimentale et sur l'analyse de multiples sources, cette thèse nourrit une réflexion théorique et une pratique expérimentale, tout en fournissant des outils de transmission et d'éveil. Elle s'adresse en premier lieu aux designers de mode et aux designers textiles – étudiants, chercheurs, enseignants ou praticiens – désireux d'arrimer leur pratique à une perspective éthique et écologique. Grâce à des repères théoriques, des outils méthodologiques et des pistes concrètes de transformation, elle défend une écolittératie tinctoriale fondée sur des pratiques sensibles et contextualisées. Par extension, elle concerne également les artistes, artisans, chercheurs en sciences humaines, en sciences des matériaux et en sciences environnementales, intéressés par les enjeux systémiques de la coloration des fibres. Elle entend aussi interpeller les décideurs – industriels, économiques, institutionnels et politiques – dont les choix déterminent les conditions de production, de diffusion et de régulation des colorants textiles. En mettant en lumière les conséquences environnementales, sociales et sanitaires de ces choix, cette thèse aspire à accroître la prise de conscience collective et à encourager des pratiques plus durables et responsables dans le champ du design tinctorial.

Les limites de la recherche

Si les interactions entre le monde manufacturé et les écosystèmes vivants ont orienté cette thèse vers une réflexion située à l'interface de la pratique et de la pédagogie, ma recherche a principalement porté sur les potentialités éthiques, esthétiques et écologiques des pratiques tinctoriales biologiques appliquées à des fibres naturelles. Cependant, il est important de noter que l'étude de la coloration des fibres synthétiques (plus de 70 % du marché) n'a pas été abordée. Ces matériaux sont décriés pour leur large contribution à la pollution par les microplastiques (Noël et al., 2022), rendant indispensable leur réduction de production et le développement de colorants alternatifs non toxiques compatibles. Actuellement, des initiatives émergentes comme celles de Colorifix (Grande-Bretagne) et de PILI (France) ouvrent la voie à des colorants biosourcés compatibles avec ces fibres synthétiques. Ces innovations illustrent la nécessité d'un rapprochement entre design tinctorial critique et approche biotechnologique. On manque toutefois de recul sur leur efficacité à grande échelle, leur solidité dans le temps et l'impact potentiel de leur

[2] L'École supérieure de mode est une composante de l'École des sciences de la gestion (ESG) de l'université du Québec à Montréal (UQAM).

rejet sur les ressources naturelles. Ces aspects liés aux fibres synthétiques constituent toutefois une voie de recherche complémentaire indispensable qui permettrait de mieux en évaluer les bénéfices réels.

Enfin, bien que les pratiques tinctoriales s'inscrivent dans une longue histoire partagée, cette recherche n'aborde pas les techniques autochtones. Ce choix relève d'une posture éthique : l'engagement envers ces savoirs exigerait l'application de méthodologies décoloniales et le respect de protocoles de collaboration spécifiques, tels que les principes PCAP®[3]. Afin de respecter la souveraineté de ces connaissances, cette thèse exclut délibérément ces savoirs de son champ d'analyse, car une telle démarche partenariale excéderait les objectifs de cette recherche-création.

Des enjeux écosystémiques complexes nécessitant une méthodologie hybride

Alors que la recherche mobilise à la fois des enjeux pratiques, réflexifs, sanitaires, industriels, environnementaux et économiques, cette thèse repose sur une démarche plurielle et fait endosser au chercheur, tour à tour, les rôles d'enquêteur, de créateur et de médiateur. Elle vise à produire des connaissances en design textile à partir d'un « savoir émergeant du terrain » (Gosselin & Le Coguiec, 2006, p. 24), tout en s'appuyant sur la capacité du designer à « observer, analyser, décrire et restituer » (Nova, 2015, p. 9) les pratiques et les compétences liées aux colorants textiles.

L'expérimentation matérielle et le prototypage tinctorial, au cœur de plusieurs volets de cette thèse, situent la démarche dans le champ de la recherche-création. Celle-ci associe la pratique artistique à la rigueur académique et favorise « la production de connaissances et l'innovation grâce à l'expression artistique, à l'analyse scientifique et à l'expérimentation » (CRSH, 2024). Elle implique également une « saisie critique et théorique du processus de création et de conceptualisation » (FRQSC, 2023), conjuguant savoir et savoir-faire. Elle suppose aussi la diffusion des expérimentations et des résultats, tant auprès des pairs (colloques, publications scientifiques) que du grand public (expositions, ateliers, médias). La recherche-création procède ainsi d'un va-et-vient itératif entre exploration artistique sensible et analyse réflexive du processus (Paquin, 2017).

Comme le souligne Lysianne Léchot Hirt dans *Recherche-création en design* (2010), les designers-chercheurs développent une approche créative des problèmes de société complexes, générant de nouvelles connaissances sur les représentations culturelles et les modes de vie. Ce « nouveau

[3] Les principes PCAP® (Propriété, Contrôle, Accès et Possession) constituent des normes éthiques fondamentales en recherche avec les peuples autochtones. Ils garantissent que ces communautés demeurent propriétaires et maîtres de l'utilisation de leurs données et de leurs savoirs. Pour plus de détails, voir le Centre de gouvernance de l'information des Premières Nations : https://fnigc.ca/fr/les-principes-de-pcap-des-premieres-nations/

regard » (p. 14) se matérialise sous forme de prototypes et d'expositions, mais aussi de discours ou d'expérimentations collectives. Léchot Hirt insiste sur le rôle social du designer, qui contribue de manière « originale et significative à l'intelligibilité du monde » (2010, p. 14). Cette perception rejoint celle d'Alice Jarry (2019), pour qui la recherche-création agit comme un catalyseur interdisciplinaire permettant d'aborder des problématiques sociétales urgentes à travers un prisme singulier et incarné.

En écho à cette visée transformative, ma démarche s'inscrit dans le cadre de la recherche par le design (*Research through Design* ou RtD). Pour Alain Findeli (2005), la RtD s'apparente à une recherche-projet menée dans un milieu de pratique conçu comme un laboratoire expérimental. Elle conduit à une théorisation ancrée (*grounded theory*) issue des données de terrain et se caractérise par une approche active, située et engagée. Si, pour Herbert A. Simon (1969), cette approche contribue à « améliorer l'habitabilité du monde », Richard Buchanan (2007) la définit comme une « science productive » englobant des savoirs techniques, matériels et culturels.

C'est toutefois à travers les travaux de Lois Frankel et Martin Racine (2010) que la nature précise de ma posture s'affine. En distinguant les recherches *sur*, *pour* et *par* le design, ces auteurs permettent de situer l'acte de création non plus comme une finalité, mais comme le moteur même de l'enquête. Contrairement à une recherche sur le design, qui adopterait une distance historique ou sociologique, ou une recherche pour le design, visant le développement d'outils pour la profession, la recherche par le design place l'acte de faire au cœur du processus de théorisation.

Dans cette optique, la pratique de création n'est pas une simple application de connaissances préexistantes : elle est le lieu de la production de savoir. En tant que chercheuse-designer, c'est par l'expérimentation plastique et la manipulation de la matière que je parviens à identifier les enjeux et les limites des colorants naturels. Le savoir ne précède pas la création ; il émerge de la pratique expérimentale. Cette thèse trouve son ancrage dans cette oscillation entre exploration pratique et analyse réflexive, confirmant que la conception de dispositifs matériels, comme les nuanciers, constitue une méthode d'enquête en soi pour porter une réflexion écologique sur nos systèmes de production.

Dans le cadre de cette recherche par le design, le nuancier devient un « objet-frontière », à la fois support d'expérimentation et médiateur de réflexion critique. Il engage ainsi les designers et le public dans une compréhension renouvelée de notre culture matérielle, les invitant à questionner l'origine des substances qui composent les colorants.

Articulation des chapitres

Le premier chapitre présente le cadre théorique et méthodologique de la recherche. Il pose les bases de la réflexion et définit les quatre concepts centraux de la thèse : l'écolittératie, le biomimétisme,

le design circulaire et l'approche écosystémique. Ces repères théoriques ancrent les pratiques de design tinctorial dans des dynamiques écologiques et culturelles. Ils positionnent la couleur comme un puissant vecteur de transformation des systèmes éducatifs et industriels. La méthodologie vise à établir un état des lieux critique des connaissances et des pratiques actuelles en matière de colorants écoresponsables. Elle se déploie en trois axes complémentaires : une recherche exploratoire en chimie et en santé environnementale ; une expérimentation matérielle incluant la production de prototypes et de nuanciers ; et une enquête de terrain menée à travers des entrevues avec des experts en teinture naturelle. L'objectif de cette immersion est d'acquérir une compréhension élargie de l'écosystème tinctorial, notamment en se familiarisant avec des protocoles et des pratiques agricoles qui renforcent les liens entre écologie et design. L'ensemble de la démarche, complétée par la diffusion des résultats via des expositions et des ateliers, constitue un corpus hybride qui articule ainsi un socle conceptuel autour de pratiques matérielles et d'observations empiriques.

Le deuxième chapitre s'ouvre sur une présentation des principes fondamentaux de la teinture textile et des techniques associées. Il propose un aperçu des connaissances chimiques essentielles sur les trois classes de colorants : naturels, synthétiques et biotechnologiques. Nous verrons qu'elles sont composées des mêmes atomes – carbone, hydrogène, azote et oxygène – qui constituent la matière organique du vivant. Cette particularité renforce l'importance d'acquérir une expertise en chimie organique des colorants pour être apte à concevoir des teintures qui interagissent harmonieusement avec la biosphère et l'humain. Puis, une section historique met en perspective l'évolution des usages et des savoirs : des pratiques millénaires liées aux colorants naturels, aux développements industriels du XIX^{e} siècle qui ont généralisé les colorants synthétiques, jusqu'aux explorations plus récentes en biotechnologie. Cette mise en contexte est enrichie par trois glossaires spécialisés, placés en annexe. Ils clarifient le vocabulaire technique propre à chaque classe de colorants et facilitent la navigation du lecteur à travers des notions parfois complexes. La dernière partie du chapitre adopte une posture critique face aux colorants synthétiques, en analysant leurs impacts environnementaux et leurs effets sur la santé humaine. Elle souligne aussi le déficit d'éducation et de sensibilisation entourant leur toxicologie. Ce panorama conduit à un élargissement du cadre vers la chimie environnementale et ouvre sur les perspectives offertes par le développement de nouvelles teintures en design, pensées dans une optique plus durable. Ce chapitre joue ainsi un rôle charnière en articulant savoirs techniques, historiques et critiques pour nourrir la réflexion transdisciplinaire qui traverse la thèse.

Le troisième chapitre explore la circularité, en prenant pour modèle les dynamiques écosystémiques où interdépendance, régénération et boucles fermées contribuent à l'équilibre du vivant. Face à la persistance de molécules toxiques émanant des colorants dans l'environnement et dans le corps humain, il devient crucial d'imaginer des matériaux et des procédés tinctoriaux en mesure de s'intégrer aux cycles naturels comme nutriments plutôt que comme polluants. Ce chapitre s'appuie sur plusieurs cadres théoriques de la pensée circulaire. Il mobilise notamment les

principes de l'écolittératie (Capra, 1996), du biomimétisme (Biomimicry Institute, 2021), de Cradle to Cradle (McDonough & Braungart, 2009) et de l'écologie industrielle (Frosch & Gallopoulos, 1989). Il présente ainsi différentes stratégies circulaires – des modèles d'affaires aux expérimentations matérielles. Il met en dialogue des approches théoriques et pratiques du design et de la mode durable, en particulier celles de Rebecca Earley qui propose des stratégies industrielles et pédagogiques ; Suzanne Lee qui explore la conception de matériaux biodégradables et Natsai Audrey Chieza qui expérimente des colorants bactériens. Ces études trouvent un écho dans les publications de la Fondation l'Ellen MacArthur Foundation (2017, 2021, 2022) qui diffuse une vision systémique de l'économie circulaire appliquée à l'industrie textile. Elles se poursuivent dans des exemples concrets proposés par des entreprises comme Patagonia, Stella McCartney ou Eileen Fisher. Enfin, ce chapitre présente également mes propres expérimentations sur l'exploration de déchets alimentaires et de micro-organismes tinctoriaux. Ces dernières ont été rendues public lors de l'exposition *Culture de la Couleur : une écolittératie du design textile* (2021). Puis, elles ont donné lieu à des ateliers participatifs (2022) et à des colloques intersectoriels. Toutes ces démarches illustrent comment la circularité s'applique au design tinctorial et annoncent une réflexion critique et collective sur les pratiques actuelles.

Le quatrième chapitre aborde les dimensions socio-environnementales et culturelles de la production textile en mettant l'accent sur le concept de localité comme levier de durabilité. Il débute par une analyse des répercussions liées à la délocalisation de l'industrie textile. Puis, il met en avant l'importance de repenser les chaînes de production à l'échelle territoriale. S'appuyant sur des exemples concrets tels que l'approche biorégionale de l'atelier LUMA (Boelen et al., 2023) et le modèle Fibershed (Burgess, 2019), il explore le potentiel de réindustrialisation locale afin d'adopter une approche systémique du « sol au sol ». Le chapitre aborde ensuite la mise à l'échelle semi-industrielle des teintures naturelles, en examinant des modèles de teintureries qui développent de nouvelles approches économiques en déplaçant la chaîne de valeur. Il présente des initiatives locales dans diverses régions du monde dont BioDyes India (Inde), AppleOak FibreWorks (Irlande) et Green Matters Natural Dye Company (États-Unis). Ces dernières apportent un sens supplémentaire à la production textile, au-delà du seul objectif de profit, en mettant l'accent sur la préservation environnementale et culturelle. Enfin, le chapitre souligne le potentiel d'actions locales écologiques pour générer un impact global, bénéfique aux communautés et à l'allongement de l'usage des produits textiles.

Le cinquième chapitre met en lumière les fondements d'une écolittératie tinctoriale, entendue comme une approche écologique, culturelle et transdisciplinaire des teintures en design textile. Il propose une cartographie de synthèse destinée à construire un référentiel à la fois conceptuel et pratique pour considérer les colorants en harmonie avec le vivant. La première partie s'appuie sur la discussion publique internationale *Les zones grises de la couleur à travers le prisme du design textile* (2024). L'organisation de cet événement a permis de souligner la nécessité d'une expertise plurielle, collective et critique face aux enjeux liés aux colorants textiles. Les liens entre couleur,

culture, santé et innovation y sont explorés pour dépasser les perceptions fragmentées des teintures. La deuxième partie interroge les formes actuelles de transmission des savoirs, depuis les ateliers de teinture végétale jusqu'aux formations universitaires. Elle plaide pour une réappropriation des savoir-faire teinturiers, souvent relégués au rang de traditions obsolètes, mais porteurs de pratiques durables. La troisième partie poursuit la réflexion sur le décloisonnement des savoirs en allant au-delà de l'interdisciplinarité pour tendre vers une approche transdisciplinaire en design tinctorial. En articulant sciences, arts, design et pratiques vernaculaires, elle vise à établir une approche systémique des colorants textiles pour les appréhender dans toutes leurs dimensions. Enfin, le chapitre propose une modélisation de l'écolittératie tinctoriale, esquissant les contours d'un design plus responsable, attentif aux défis écologiques, sociaux et culturels de la couleur.

Le sixième chapitre offre ensuite une mise en perspective des enjeux soulevés dans la thèse en les appliquant concrètement aux domaines de la formation et de l'industrie. Il explore les conditions nécessaires à l'émergence d'un modèle pédagogique écolettré et d'un système tinctorial local durable. Dans un premier temps, un état des lieux des formations locales en design textile et de mode identifie les lacunes et les potentiels existants pour intégrer les impératifs écologiques des colorants dans les cursus actuels. La deuxième partie présente un scénario prospectif pour une pédagogie fondée sur l'écolittératie tinctoriale. Ce modèle repose sur une épistémologie renouvelée, transdisciplinaire et ouverte à la centralisation et à la mutualisation des savoirs. Il vise également une transformation des mentalités et des pratiques, en plaçant les colorants au cœur des préoccupations écologiques, sanitaires, sociales et culturelles de l'apprentissage. Enfin, le chapitre aborde les perspectives d'une approche systémique des colorants textiles en contexte industriel local. En articulant les sphères éducatives, artisanales et industrielles, il suggère des leviers concrets pour la relocalisation d'une filière tinctoriale durable, ancrée dans les territoires et sensible aux intérêts contemporains du design.

Chapitre 1 Cadre conceptuel et approche méthodologique

Ce premier chapitre poursuit un double objectif : établir les fondations théoriques de la recherche et présenter la démarche méthodologique qui la structure. Il s'agit de penser la couleur comme un vecteur de transformation écologique et culturelle, puis de décrire l'approche hybride mise en œuvre pour explorer cet enjeu.

La première partie pose les fondements théoriques du design textile écologique et interdisciplinaire, articulés autour de quatre concepts complémentaires : le biomimétisme invite à s'inspirer du vivant pour concevoir des solutions régénératives (Benyus, 1997 ; Delannoy, 2022) ; l'écolittératie met l'accent sur l'acquisition de connaissances écologiques liées aux impacts de nos productions sur la santé et l'environnement (Boehnert, 2018 ; Capra, 1996 ; Orr, 1990) ; le design circulaire propose des modèles de production et de consommation basés sur la réutilisation et la régénération (Ellen MacArthur Foundation, 2017 ; McDonough & Braungart, 2009) et l'approche écosystémique permet une lecture globale des relations entre humains, techniques et environnements (Bertalanffy, 1968 ; Jones, 2022).

S'ensuit la méthodologie exploratoire qui s'articule autour de trois axes : des enquêtes contextuelles en chimie et santé environnementale pour cerner les enjeux environnementaux et sanitaires ; une exploration matérielle itérative à travers des prototypages de teintures et de colorants pour ancrer la recherche dans la pratique ; des entrevues avec des experts pour croiser les regards et enrichir la réflexion.

Enfin, le chapitre se conclut sur l'interaction créée avec les différents publics dans le cadre d'expositions, d'ateliers, de colloques scientifiques et de publications. Cette posture, qui définit le rôle de chercheuse engagée, souligne la conviction que la production de connaissances gagne à être partagée, validée et enrichie avec la société.

1.1 Cadre théorique et pratique

Cette section présente les concepts centraux de la recherche à la fois en tant que repères théoriques et leviers heuristiques pour guider la réflexion et l'expérimentation. Leur caractérisation permettra de préciser le cadre conceptuel à partir duquel la pratique tinctoriale et le design textile écologique sont envisagés.

Ces concepts dictent l'agencement même de la thèse selon une progression qui va de la compréhension du vivant vers l'action systémique : Le biomimétisme et l'écolittératie forment le point de départ (Chapitre 2), permettant l'acquisition des savoirs sur les colorants et la prise de conscience de notre interdépendance avec le vivant. Cette base permet d'aborder le design

circulaire (Chapitre 3), où la théorie se traduit en principes de biodégradabilité et de circulation des savoirs. Enfin, l'approche écosystémique assure la cohérence des chapitres finaux : elle permet de décomposer la problématique par échelles, de l'ancrage local (Chapitre 4) à la transdisciplinarité (Chapitre 5), jusqu'à la proposition d'un modèle pédagogique et industriel (Chapitre 6). Cette trajectoire conceptuelle établit le socle de l'écolittératie tinctoriale, conçue ici comme la synthèse de ces savoirs appliqués aux enjeux complexes de la couleur textile.

1.1.1 Le biomimétisme : les modes opératoires du vivant comme modèle créatif et économique

Le biomimétisme est un concept popularisé par la biologiste américaine Janine Benyus en 1997. Dans son livre *Biomimicry : Innovation inspired by nature*, elle invite à s'inspirer de la façon dont les organismes vivants interagissent en symbiose avec leur environnement. Au-delà de l'aspect théorique du fonctionnement des systèmes vivants, Benyus expérimente aussi le « biomimétisme en action » au sein du Biomimicry Institute qu'elle a cofondé en 2006. Dans son rapport *The nature of fashion: Moving towards a regenerative system* (2021) l'institut rappelle que « nous vivons dans une biosphère, composée d'un réseau d'êtres vivants qui s'étend sur l'ensemble du globe et au sein duquel les matériaux que nous fabriquons sont constamment dispersés » (p. 4). La nature assimile de la même façon les molécules nutritives et celles qui polluent la biosphère puisqu'elles sont pour la plupart composées d'un répertoire commun d'atomes tels que le carbone, l'hydrogène, l'azote et l'oxygène. En outre, leur dispersion incontrôlée entraîne leur présence dans des milieux où elles deviennent nuisibles, faute de pouvoir être assimilées ou transformées par les processus naturels.

Au-delà des couleurs et des matériaux, le biomimétisme inspire aussi de nouveaux systèmes organiques de pensée utiles à une société plus durable et résiliente. Le concept de permaéconomie du biologiste français Emmanuel Delannoy illustre cette approche, en invitant à concilier les activités économiques avec les processus biologiques « dans un rapport de soin et de réciprocité avec la nature et non de domination » (Delannoy, 2022, p. 63). Dans cette même lignée, le concept de permaindustrie développé par l'entrepreneur Thomas Huriez (2019, 2024), fondateur de la marque de jeans 1083, repense la production industrielle à travers la réindustrialisation locale. Celle-ci est conçue comme un puissant levier de décarbonation et d'économie au service de la personne (réduction des émissions de CO_2, création d'emplois, formation continue), tout en permettant un fonctionnement industriel en symbiose avec les écosystèmes naturels (respect du vivant, de la biodiversité et des ressources). La surexploitation intensive ne laissant pas assez de temps au vivant pour se régénérer, la permaindustrie propose de « réapprendre à nous connaître en tant qu'espèce intégrée à un milieu naturel afin de reconnecter nos activités économiques au rythme de la biosphère et de sa préservation » (2024, p. 44). Il s'agit d'aligner les ressources, matériaux et processus aux capacités de régénération du vivant.

Dans cette thèse, le biomimétisme est mobilisé pour inspirer des pratiques tinctoriales circulaires, voire régénératives, en s'inspirant des processus de décompositions nutritifs observés dans la nature.

1.1.2 L'écolittératie : un concept évolutif

Le concept d'écolittératie a été initialement formulé par le pédagogue américain David W. Orr au début des années 1990. Sa perspective éducative ancre la compréhension écologique au cœur de l'enseignement. Il a ensuite été repris, enrichi et largement diffusé par le physicien et penseur systémique Fritjof Capra, notamment à travers la création du Center for Ecoliteracy en Californie (1995). Ce centre conçoit des programmes pédagogiques pour développer une pensée systémique et sensibiliser les éducateurs et les jeunes aux interconnexions entre environnement, alimentation, société et économie.

L'écolittératie promeut l'acquisition citoyenne de connaissances écologiques dès le plus jeune âge et dans toutes les sphères de la société : des enfants aux preneurs de décisions économiques et politiques. Selon la théoricienne du design Joanna Boehnert (2013, 2018), l'écoresponsabilité est un problème politique lié à des choix structurels et non pas à des choix individuels de consommation. Dès 2013, dans son article *Ecological literacy in design education: a foundation for sustainable design*, elle pose les bases de l'intégration de cette littératie dans la formation des designers. Puis, dans son livre *Design, Ecology, Politics : Towards the Ecocene* (2018), elle explique que la littératie écologique fournit la base d'une réflexion intégrée sur la durabilité qui permet de s'engager dans les défis politiques nécessaires à la transformation des systèmes industriels. Cet engagement est un processus d'apprentissage social nécessitant de déconstruire des schémas de comportement, de valeurs et d'aspirations dommageables pour l'environnement. Elle ajoute que cet apprentissage critique, participatif et politique de la durabilité devrait faire partie intégrante de la formation du designer. L'objectif est ici de favoriser la compréhension des impacts des modes de production, l'acquisition de savoirs écologiques et le développement de compétences orientées vers une matérialité respectueuse du vivant.

Dans cette thèse, l'écolittératie offre un cadre pour examiner comment la pratique des colorants végétaux peut devenir un vecteur d'apprentissage écologique, favorisant une compréhension élargie du rôle du design textile dans les transformations sociétales, et plus particulièrement dans l'industrie de la mode durable.

1.1.3 Le design circulaire

L'idée de prendre la nature comme modèle (Benyus, 1997) a été approfondie par l'architecte William McDonough et le chimiste Michael Braungart qui ont popularisé la notion de « déchet comme ressource » (*waste = food*) dans leur livre *Cradle to Cradle* (2009). Inspirés par le

fonctionnement des systèmes naturels où les déchets d'une espèce servent de nutriments à une autre, ils placent la circularité au cœur du design durable. Selon leur modèle, les matériaux sont conçus pour rester en circulation continue : en fin de vie, ils intègrent soit un cycle technique – pour être indéfiniment recyclés sans perte de qualité, comme les métaux ou certains plastiques – soit un cycle biologique. Ils retournent alors – via le compostage ou la biodégradation – à la biosphère sans lui nuire. Par exemple, un textile en fibres naturelles (coton, lin, soie, laine) teint avec des colorants végétaux se décompose en fin de vie et enrichit le sol, démontrant ainsi concrètement un métabolisme biologique.

Dans une perspective circulaire, aucun matériau ne doit devenir un déchet ultime. Chaque composant s'insère dans un cycle de valorisation afin de prolonger son utilité tout en réduisant l'extraction de nouvelles ressources. Ce principe est particulièrement pertinent pour l'industrie de la mode. Toutefois, sa mise en œuvre se heurte à plusieurs obstacles : la composition hybride des textiles, souvent faits de fibres mélangées, rend leur séparation et leur recyclage complexes. Par ailleurs, l'usage de teintures synthétiques sur des fibres naturelles altère leur biodégradabilité, compromettant leur retour au sol par compostage.

Ces constats démontent la nécessité de développer des modes de coloration respectueux des cycles naturels. Contrairement aux colorants synthétiques issus de la pétrochimie, ils sont généralement biodégradables, moins toxiques et peuvent s'intégrer dans des cycles biologiques en perturbant minimalement les écosystèmes.

Ce besoin est d'autant plus impérieux que l'interdépendance entre les produits manufacturés et le monde vivant, mise en évidence par le rapport *A New Textiles Economy* (2017) de l'Ellen MacArthur Foundation, confirme que chaque étape du cycle de vie d'un vêtement affecte la biosphère avec le risque de contaminer la chaîne alimentaire. La figure 1.1 illustre la libération de molécules synthétiques dans l'environnement lors de la production de fibres et de textiles (pesticides, teintures, solvants, apprêts), mais aussi lors du lavage, de l'enfouissement et de l'incinération des vêtements.

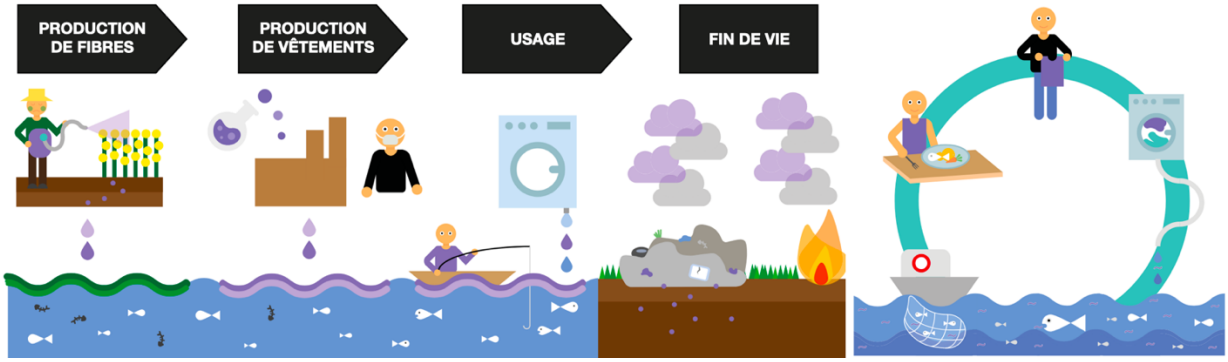


Figure 1.1 Impact de la production textile sur l'environnement à chaque étape du cycle de vie. Source: Ellen MacArthur Foundation (2017), *A new textiles economy: Redesigning fashion's future* (pp. 55, 66). Reproduit avec autorisation.

Le concept de design circulaire est appliqué dans cette recherche pour orienter la pratique tinctoriale vers des modes de production et de consommation en circuits fermés. Ceci favorise la réutilisation et la valorisation des matériaux existants, la réduction des déchets et la préservation des ressources naturelles, notamment l'eau et les nutriments des sols. Il s'agit également de promouvoir la circulation des connaissances, en partageant les pratiques et savoir-faire entre designers, artisans, chercheurs et communautés locales, afin d'accélérer la transition écologique dans le secteur textile. Dans cette perspective, la circularité englobe aussi la récupération des sous-produits des teintures pour créer de nouvelles matières, l'optimisation de l'eau utilisée lors des bains de teinture et l'intégration de matériaux locaux et saisonniers dans la chaîne de production. Le design circulaire devient ainsi un levier à la fois pratique et pédagogique, contribuant à la durabilité des processus tinctoriaux et à l'émergence d'une écolittératie tinctoriale partagée.

1.1.4 L'approche écosystémique

Dès les années 1920, en Europe comme aux États-Unis, plusieurs disciplines – dont la biologie, le design et l'économie – commencent à se préoccuper des effets nocifs de l'activité humaine sur l'environnement et la santé. Ainsi, l'économiste britannique Arthur Cecil Pigou (1920), à l'origine du concept d'économie du bien-être, dénonce l'utilisation abusive de ressources naturelles à des fins marchandes et leur coût social et écologique. Ces impacts socio-environnementaux interpellent aussi le biologiste autrichien Ludwig von Bertalanffy (1937) qui s'intéresse aux interactions complexes opérant entre les espèces vivantes et l'environnement. Nommant ce phénomène « science des relations », il pose les fondements de l'approche systémique (1968) qui permet d'aborder une situation donnée comme un ensemble complexe d'interactions mutuelles. De son côté, l'écologue américain Aldo Leopold (1949), alarmé par les conséquences de l'industrialisation sur la biodiversité, appelle à une « responsabilité morale » envers la nature et développe le concept « d'éthique environnementale » afin d'amener la société à réfléchir aux droits et aux devoirs de l'humain envers les autres espèces vivantes. Dans les années 1970, le philosophe norvégien Arne Naess (1973) développe le concept « d'écologie profonde » aussi appelée « écosophie ». Cette

philosophie écologique cherche à positionner l'humain dans une perspective plus systémique par rapport aux organismes vivants et aux environnements avec lesquels il interagit. L'écologie profonde encourage donc un rapport à la nature moins anthropocentrique dans lequel les règnes végétaux et animaux ne sont plus simplement vus comme de simples ressources, mais comme de riches processus de fonctionnement et d'interdépendance entre systèmes vivants et non-vivants. Tout comme ses prédécesseurs, Naess invite à développer une approche écosystémique du monde, permettant d'intégrer les interactions entre le monde vivant, les écosystèmes et le milieu manufacturé, mais aussi entre différentes disciplines. À l'instar du designer austro-américain Victor Papanek (1971), qui défend une approche interdisciplinaire où le designer joue un rôle de médiateur, Naess imagine un collectif écologique composé de scientifiques, de politiciens et de décideurs. Puis, dans les années 1980 apparaît le concept de développement durable initié par l'agroéconomiste américain Lester R. Brown (1981) et popularisé par le rapport *Notre avenir à tous* (Brundtland, 1987). Ce concept a permis de mettre en lumière la nécessité de concilier croissance économique, justice sociale et préservation de l'environnement, offrant un cadre pour repenser les modes de production et de consommation.

Cette pluralité d'approches historiques et disciplinaires converge vers une société qui favorise des interactions harmonieuses entre l'humain et les écosystèmes. Il s'agit de construire un cadre pour penser les pratiques de conception au service de la société et de l'environnement. Dans cette continuité, le chercheur canadien en design Peter Jones propose une approche systémique de conception comme levier de transformation, en réponse à la complexité croissante des enjeux environnementaux actuels. À travers le concept d'*Envisioning Desired Futures* (2022, p. 133), il mobilise l'imaginaire pour accompagner les transitions sociétales. Sa démarche se fonde sur l'intégration du design (outils de cocréation, gabarits de réflexion, ateliers) et d'une approche prospective (les futurs désirés) afin de codéfinir le but (*Purpose Finding*) et orienter collectivement l'action vers des systèmes plus résilients et équitables.

L'approche écosystémique sert ici à envisager la production de teintures végétales non pas comme un processus isolé, mais comme un réseau intégré combinant matériaux, méthodes et systèmes éducatifs et industriels. Elle permet de comprendre les interactions environnementales, sociales, économiques et politiques. Ceci afin d'évaluer les effets des circuits de production sur la biosphère et les communautés locales. Elle offre ainsi un portrait global des enjeux et des potentiels de transformation des pratiques. Elle intègre la préservation écologique, le contexte économique responsable et les dynamiques politiques nécessaires pour soutenir une transition vers des pratiques tinctoriales durables.

Ma recherche s'appuie sur des modèles économiques (Delannoy, 2021 ; Thackara, 2015) et industriels (Huriez, 2019; Huriez et al., 2024) pour explorer comment la production textile peut être pensée de manière régénérative.

Les quatre concepts porteurs de la recherche présentés ici dessinent les contours d'une véritable philosophie du design : le biomimétisme inspire les processus techniques, l'écolittératie fixe l'ambition éducative, le design circulaire structure la mise en œuvre matérielle et l'approche écosystémique définit la vision holistique.

Traduire une telle philosophie en action ne pouvait se faire sans une approche de recherche tout aussi attentive et ancrée dans le réel. La section suivante présente ainsi la méthodologie exploratoire mise en place pour être à l'écoute de ces pratiques.

1.2 Une méthodologie exploratoire à l'écoute des pratiques

Le cadre pratique de cette thèse s'appuie sur des travaux de designers-chercheurs comme Kate Fletcher, Rebecca Earley et Suzanne Lee qui étudient les relations écologiques et culturelles liées au vêtement, dans lesquelles les teintures naturelles s'intègrent aux cycles biologiques.

Le domaine de la teinture est empirique et repose principalement sur l'expérience et la pratique. Bien que ma recherche s'inspire de concepts de nombreux théoriciens, plusieurs procédés durables évoqués ici sont issus d'expérimentations tinctoriales personnelles en laboratoire et de stages d'initiation aux colorants naturels au cours desquels j'ai utilisé des protocoles de teintures issus de la littérature spécialisée (Boutrup et Ellis, 2019 ; Burgess, 2011 ; Cardon, 2014 ; Garcia, 2002 ; Kwon, 2020 ; Marquet, 2019 ; Wolff, 2018).

Des études avec mes superviseurs scientifiques ont également été réalisées. La première – dirigée par le Dr Gélinas (Université Concordia) – m'a permis d'analyser des textiles teints et différentes molécules colorantes ; la deuxième – encadrée par la Dre Larissa Takser (Université de Sherbrooke) – leurs effets sur la santé.

De plus, des entrevues semi-dirigées menées avec des professionnels de la couleur végétale ont apporté des données concrètes sur les processus tinctoriaux et sur leurs multiples implications artistiques, artisanales, industrielles, mais aussi agricoles et épidémiologiques. Les discussions avec des experts du domaine tinctorial – historiens, artisans, agriculteurs, designers, chimistes, teinturiers – et de disciplines connexes – écotoxicologie, analyse du cycle de vie, économie – ont généré des connaissances de terrain et ont nourri une compréhension fine des pratiques tinctoriales et de leur articulation avec les enjeux environnementaux, culturels, économiques et sociaux.

Enfin, ces enquêtes empiriques – centrales dans ma méthodologie – s'appuient aussi sur des études de cas plus systémiques du design textile, comme le mouvement Fibershed de Rebecca Burgess (Californie, États-Unis) et le laboratoire textile de l'atelier LUMA (Arles, France). Tous deux partagent la même vision d'un écosystème textile ancré dans son territoire valorisant à la fois les matières locales et les savoir-faire traditionnels. Fibershed a progressivement engendré une

communauté internationale de praticiens et de chercheurs engagés dans la relocalisation des chaînes textiles. Ce modèle inspire aujourd'hui de nombreuses initiatives dans le monde, parmi lesquelles Fibershed Québec. Le laboratoire textile de LUMA développe, quant à lui, une démarche de design appliqué, ancrée dans la recherche matérielle et territoriale de sa région, la Camargue. Ces deux initiatives seront détaillées dans le chapitre 4 consacré à la localité.

La méthodologie exploratoire et réflexive décrite ci-dessous vise à cartographier les meilleures pratiques et à modéliser une approche tinctoriale permettant de guider les designers vers des procédés circulaires et régénératifs qui valorisent des savoir-faire locaux.

Elle se divise en trois axes interconnectés : une recherche exploratoire en chimie et en santé environnementale soutenant la problématique de la toxicité des teintures ; une expérimentation matérielle à partir d'éléments non toxiques menant à des recettes et des prototypes de teintures compostables ; des entrevues avec des experts permettant d'identifier les méthodes à privilégier et de les confronter à mes propres résultats (fig. 1.2).

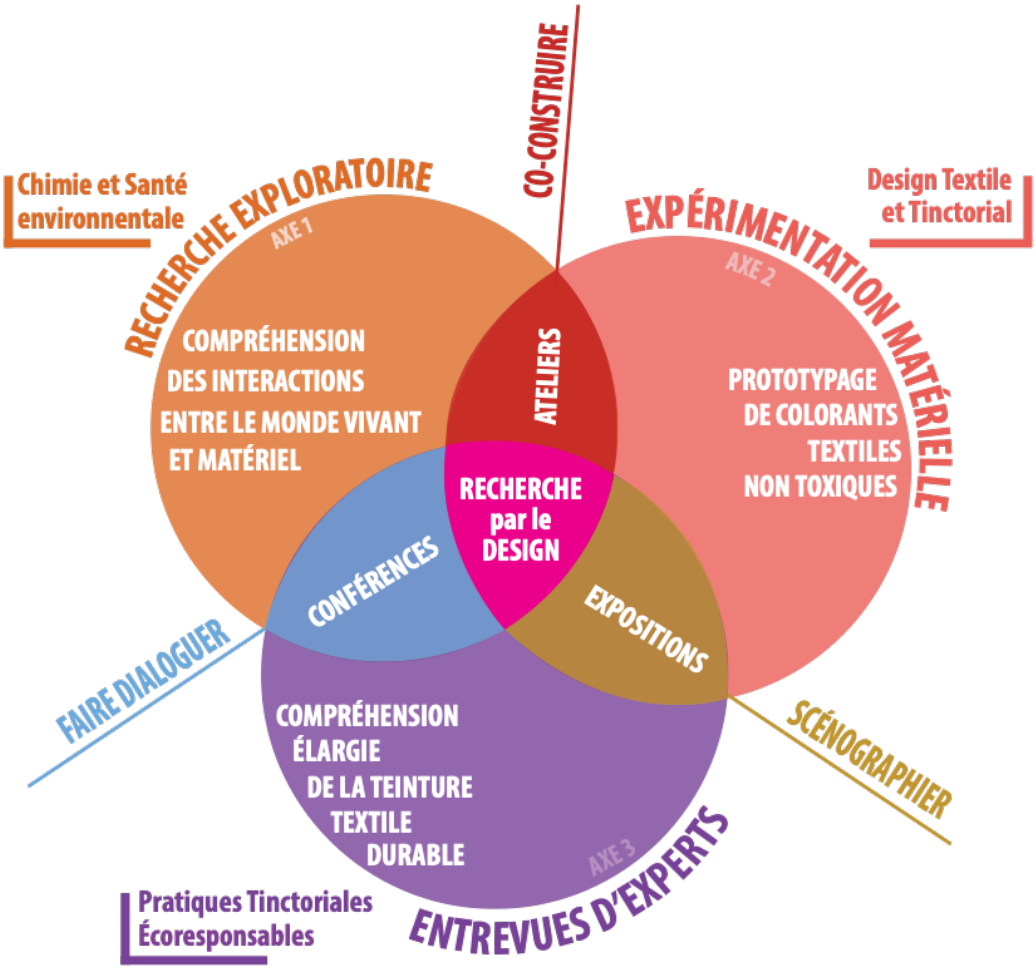


Figure 1.2 Méthodologie de la recherche.

Mon parcours doctoral – combinant recherche-création et recherche par le design – a intégré ces trois axes à une démarche de diffusion et d'échanges des connaissances : expositions, ateliers, conférences (fig. 1.2). De telles interactions avec la communauté des pairs et le public ont permis de tester les résultats, de générer des discussions et des réflexions sur les pratiques tinctoriales en design de mode, leur toxicité et les alternatives durables. Plusieurs constats ont ainsi émergé : la perte de savoir-faire traditionnels, le manque de connaissances sur l'impact sanitaire et environnemental des teintures synthétiques, et le besoin de modèles pour adopter des pratiques colorantes non toxiques. Les échanges ont également révélé un besoin d'éducation interdisciplinaire alliant arts, sciences du vivant et design, ainsi qu'une volonté de réinventer le modèle industriel de teinturerie. Ceci tout en favorisant des structures locales à échelle humaine, et en privilégiant les valeurs de durabilité, de soin et de transmission.

Ancrée dans le champ de la recherche « par » le design (*Research through Design*, RtD; Frayling, 1993), la méthodologie adopte une posture de « designer-enquêteur » (Nova, 2021). Cette approche

met l'accent sur la production de connaissances à travers l'observation et l'échange. Elle s'inscrit dans les étapes du processus de recherche qualitative décrites par Fortin et Gagnon (2016) – formulation du problème, collecte de données, analyse inductive, interprétation – tout en intégrant des outils propres au design tels que les prototypes, les recettes et les cartographies.

1.2.1 Enquêtes contextuelles : une immersion en chimie et en santé environnementale

Parallèlement à cette analyse inductive, l'« enquête contextuelle » (Martin & Hanington, 2012) constitue une autre approche qualitative mobilisée dans cette recherche. Cette expérience immersive en science encourage les interactions multidisciplinaires pour comprendre le « médium couleur » au-delà de son aspect esthétique. Elle a débuté par deux études dirigées – l'une en chimie et l'autre en santé environnementale – portant sur l'activité biologique des teintures. Elle s'est poursuivie par une exploration théorique menée à travers des revues de littérature scientifique et une formation en ligne sur les fondamentaux de la toxicologie (*Beginner's Guide to Toxicology*, Chemical Watch)[4]. Ceci a permis d'appréhender les différents effets toxiques (exposition chronique, toxicité aiguë, effets cocktail, etc.) ainsi que les obligations réglementaires sur la classification et l'étiquetage des substances chimiques. Cette base théorique a été complétée par une approche pratique incluant des discussions sur les méthodologies analytiques et des analyses chromatographiques[5] pour identifier les nombreuses substances présentes dans les teintures.

Cette immersion dans le champ scientifique a été synthétisée dans quatre rapports : *Environmentally Hazardous Textile Industry* (2017) présentait une revue de littérature sur les différentes teintures synthétiques et leurs impacts sur le corps humain et l'environnement ; *Sustainable Alternatives for the Polluting Fashion and Textile Industry* (2017) mettait en avant les voies d'exploration non toxiques actuellement étudiées comme la chimie verte, l'économie circulaire et les écolabels ; *A Cancer Journey* (2018) montrait la genèse de la formation de tumeurs induites par des substances cancérigènes et des perturbateurs endocriniens ; *Is our clothing toxic? Understand chemicals and their effects on health* (2019) explorait les voies de pénétration des molécules toxiques des textiles dans l'organisme humain.

Ces études ont permis une meilleure compréhension des interactions complexes entre les produits chimiques (qu'ils soient synthétiques ou naturels) et les organismes vivants. Elles ont aussi orienté la recherche matérielle vers des colorants compostables et sans pétrochimie, conçus pour retourner à la biosphère comme nutriments.

[4] https://events.chemicalwatch.com/62865/beginners-guide-to-toxicology

[5] Liquid chromatography coupled to mass spectrometry (LC-MS).

1.2.2 Exploration matérielle : une approche itérative de la teinture

Les expérimentations artistiques autour des teintures non toxiques s'attachent à faire dialoguer le médium-couleur (outil d'expression du designer), la source du colorant (valorisation de sous-produits agroalimentaires, plantes tinctoriales) et ses qualités matérielles (stabilité, vivacité). À l'instar de l'agir réflexif décrit par Donald Schön (1983), ces premières explorations ont suscité une série de questionnements : faut-il privilégier des teintures issues de sources cultivées, revalorisées ou recyclées ? Dans quelle mesure les molécules colorantes devraient-elles provenir de ressources locales plutôt que lointaines ? Doit-on favoriser des matériaux naturels plutôt que des composés de synthèse ? Ces interrogations témoignent d'un processus de réflexion en situation, inhérent à la pratique. Elles s'inscrivent également dans des problématiques plus larges de design responsable, soulevant les implications éthiques, écologiques et systémiques de certains choix de conception.

Pour le théoricien du design Nigel Cross, « concevoir est un processus exploratoire » où le designer doit s'engager dans « le faire », à travers des expérimentations matérielles (prototypes, recettes) pour pouvoir interagir avec le problème et sa solution (2011, p. 8). Les premiers tâtonnements tinctoriaux ont commencé intuitivement, en solitaire, dès le début de mon cursus doctoral, au Speculative Life Biolab de l'Institut Milieux (Université Concordia). Ils consistaient à teindre des textiles à partir de déchets alimentaires, comme des pelures d'oignon ou des noyaux d'avocat, ainsi qu'à partir de bactéries telles que *Serratia marcescens*, dans une dynamique de circularité.

À la suite de l'exposition de mes travaux *Culture de la couleur : une écolittératie du design textile* (2021), j'ai constaté la sensibilité de certaines couleurs végétales à la lumière. Ceci a suscité de nouvelles interrogations sur la stabilité des teintures naturelles et a constitué un tournant dans mon travail. Consciente des limites de mes connaissances techniques et du besoin d'approfondir la compréhension des enjeux liés à la durabilité, à la production et à l'application des colorants naturels, j'ai décidé de contacter des praticiens et des experts du domaine.

1.2.3 Entrevues d'experts: regards croisés sur les teintures écoresponsables

Une vingtaine de rencontres, dont une dizaine d'entrevues semi-dirigées, ont été organisées. Envisagées comme un outil d'investigation, elles visaient à répondre à plusieurs questions. À titre d'exemple : comment la durabilité et les approches régénératives sont-elles abordées par les praticiens de la couleur végétale? Comment ces experts examinent-ils la question de la mise à l'échelle pour permettre à la teinture naturelle de dépasser le cadre artisanal ?
Ces échanges poursuivaient un double objectif : cartographier les initiatives en design tinctorial durable dans divers domaines d'expertise et mettre en évidence leur pertinence, mais aussi leurs défis afin d'inspirer de nouveaux modèles transférables pour améliorer les processus.

1.2.3.1 Choix des experts

La sélection des participants repose sur un échantillonnage structuré autour de quatre axes stratégiques : historique, circulaire, local et pédagogique.

Le recrutement s'est articulé en deux étapes. D'abord, une analyse préliminaire a recensé les chercheurs et praticiens les plus actifs en termes de publications et d'innovations, garantissant ainsi des données issues de pratiques validées par les pairs ou éprouvées sur le terrain. Cette identification par expertise thématique a permis de solliciter des figures d'autorité pour chacun des axes de la recherche : Dominique Cardon (CNRS) pour la perspective historique, Michel Garcia pour la transmission, Axelle Gisserot (Atelier LUMA), Rebecca Burgess (Fibershed) et Marie-Ève Faust (Fibershed Québec) pour les dimensions biorégionales. Le volet pédagogique a été ancré par les expertises de Rachel MacHenry (Toronto Metropolitan University) et de Judith Van den Boom (UAL).

Dans un second temps, l'échantillon a été enrichi par des propositions issues du terrain. Chaque entretien a été l'occasion de solliciter des suggestions auprès des experts rencontrés, créant un maillage qui a élargi la recherche vers d'autres spécialistes clés. Ainsi, l'agronome Anne de la Sayette et la chercheuse Delphine Talbot ont été contactées sur les conseils de Dominique Cardon. De la même manière, Patrick Brenac (Green'Ing) a été approché suite aux échanges avec Axelle Gisserot lors de la visite de l'Atelier LUMA, où ses extraits tinctoriaux étaient utilisés.

Ce réseau de recommandations a également permis d'élargir le périmètre géographique de la thèse, notamment vers la teinturerie AppleOak FibreWorks en Irlande (via Patrick Brenac) ou encore vers le Dr Bosco en Inde, de la teinturerie BioDye qui collabore avec Rachel MacHenry. Enfin, le contact avec Cécile Bulle (experte en ACV) a été facilité par l'entremise de Marie-Ève Faust. L'ensemble des vingt experts consultés est répertorié dans le tableau 1.1 ci-dessous par ordre chronologique.

Cette diversité de profils assure une triangulation des données essentielle à la compréhension d'un système de production textile durable et systémique à l'échelle internationale.

Tableau 1.1 Liste des experts rencontrés par ordre chronologique.

Participants			
Nom & Affiliation	**Expertise**	**Discipline & Lieu**	**Date**
Rachel MacHenry Toronto Metropolitan University Botanica Tinctoria	Design tinctorial Éducation Entrepreneuriat	Teintures naturelles (Toronto, Ontario, Canada)	14/11/2022

Axelle Gisserot Atelier LUMA Laboratoire Textile	Approche textile biorégionale	Design textile et tinctorial (Arles, France)	21/12/2022
Dre Dominique Cardon *CNRS*	Recherche Éducation Autric	Histoire, archéologie, ethnographie des teintures naturelles (Saint-Jean-du-Gard, France)	24/01/2023
Mathieu St-Arnaud Lavoie Grappe métropolitaine de la mode (mmode)	Directeur principal	Développement des marchés de la mode québécoise (Montréal, Canada)	02/02/2023
Dr Bosco Henriques BioDye India Pvt Ltd	Chimie Agronomie Entrepreneuriat	Teinturerie artisanale et semi industrielle (Goa, Inde)	13/02/2023
Dre Cécile Bulle UQAM, CIRAIG[6]	Recherche Éducation	Responsabilité environnementale et analyse du cycle de vie (Montréal, Canada)	07/03/2024
Dre Delphine Talbot Université de Toulouse 2 – Jean Jaurès	Recherche Éducation	Couleur et Santé (Toulouse, France)	25/04/2023
Emmanuel Delannoy Pikaia	Biologie Économie Auteur	Permaéconomie (Paris, France)	01/06/2023
Rebecca Burgess Fibershed	Approche biorégionale Activisme Autrice	Textile et teintures écoresponsables (San Geronimo, États-Unis)	06/10/2023
Dr Patrick Brenac Green'Ing	Chimie Recherche Entrepreneuriat	Teintures naturelles (Hérépian, France)	13/12/2023
Kathy Hattori Botanical Colors	Éducation Entrepreneuriat	Teintures naturelles (Seattle, États-Unis)	16/01/2024
Dr Johann Sosoe Université de Montréal (UdeM)	Chimie Recherche	Chimie organique (Montréal, Canada)	28/03/2024
Anne de la Sayette CRITT Horticole Couleurs de Plantes	Agronome Recherche Entrepreneuriat	Teintures végétales (Rochefort-sur-Mer, France)	21/05/2024
Judith Van den Boom Central Saint Martin's (UAL)	Recherche Éducation	Design régénératif (Londres, Royaume-Uni)	28/05/2024

[6] Centre interdisciplinaire de recherche sur l'analyse du cycle de vie et la durabilité (CIRAIG) à l'Université du Québec à Montréal (UQAM).

Michel Garcia Couleur Garance	Recherche Éducation Entrepreneuriat Auteur	Teintures naturelles (Faouët, France)	21/07/2024
Guillaume Boissonnat Co-fondateur PILI	Chimiste Entrepreneuriat	Teintures biosourcées (Toulouse, France)	23/07/2024
Marie-Ève Faust Professeure	Système textile biorégional Autrice	Fondatrice Fibershed Québec (Montréal, Canada)	17/09/2024
Janie-Claude Viens Concertation Montréal	Agente de développement	Transition écologique (Montréal, Canada)	18/10/2024
Jennifer &Tristan Lienhard AppleOak FibreWorks	Teinturière et horticulteur	Teinturerie écoresponsable (Tuamgraney, Irlande)	25/10/2024
Dr Jan Beringer Hohenstein	Chimiste	Analyses toxicologiques pour l'écolabel Oeko-Tex (Bönnigheim, Allemagne)	28/10/2024
Pauline Leroux Fondatrice du podcast ArtEcoVert	Ingénieure et agronome	Pédagogie et transmission (Rumegies, France)	04/07/2025

Une présentation synthétique des domaines d'expertises des participants permet de situer plus précisément les attentes de cette démarche.

Histoire, savoirs traditionnels et transmission des teintures naturelles

Les travaux de Dominique Cardon sont une référence incontournable pour comprendre les colorants naturels. Elle illustre les liens entre culture matérielle, pratiques artisanales et chimie organique. De même, Michel Garcia joue un rôle clé dans la transmission contemporaine de ces savoirs à travers un enseignement expérimental et écologique. Tous deux participent activement à la valorisation des teintures naturelles dans une logique de patrimoine vivant.

Design textile durable, pratiques pédagogiques et biorégionales

Axelle Gisserot et Rachel MacHenry croisent le design textile avec des enjeux de durabilité, de production locale et d'éthique. Leur approche intègre la recherche, la pédagogie et la collaboration avec des communautés d'artisans. La Dre Delphine Talbot, quant à elle, enrichit cette perspective par une approche sensorielle et interculturelle de la couleur végétale dans le champ du design. Alors que Judith van den Boom explore plutôt les dimensions régénératives du design.

Innovation industrielle et filières professionnelles

Patrick Brenac (Green'Ing) et Anne de la Sayette (Couleurs de plantes) développent les colorants naturels à l'échelle commerciale. Leur travail articule extraction végétale, certification biologique

et accompagnement des entreprises dans la transition écologique. De son côté, Kathy Hattori (Botanical Colors) offre des prestations de teinture végétale aux designers comme Eileen Fisher, ainsi qu'à d'autres marques engagées dans une approche écoresponsable de la mode.

Recherche scientifique, microbiologie et innovation biotechnologique
Johann Sosoe, Guillaume Boissonnat et Jan Beringer apportent une perspective centrée sur les propriétés chimiques et biotechnologiques des colorants. Bosco Henriques allie expertise scientifique et pratique de la teinture. Il développe des colorants à base de plantes, en veillant à leur résistance et à leur biodégradabilité, et teint pour des entreprises internationales. Son approche éthique et scientifique renforce le potentiel des teintures naturelles dans un contexte industriel.

Approches territoriales, agricoles et écosystémiques
Rebecca Burgess, Dahlia Milon, Nadia Bunyan ainsi que Jennifer et Tristan Lienhard, illustrent l'intégration des cultures tinctoriales au sein d'écosystèmes locaux. Leurs projets conjuguent agriculture régénérative, design écologique et pratiques éducatives. Ils démontrent que la production de colorants peut s'inscrire dans des circuits courts cohérents, avec un fort ancrage communautaire. Dans cette même lignée Marie-Ève Faust œuvre au développement d'un système textile biorégional au Québec, à travers la relocalisation de la chaîne de valeur et la valorisation des ressources locales comme la laine, le lin et le chanvre.

Médiation, vulgarisation et engagement pour une filière inclusive
Pauline Leroux joue un rôle de médiatrice entre la science, l'artisanat et l'éducation. À travers son travail de vulgarisation (podcast, magazine), elle participe activement à la diffusion des connaissances autour de la couleur végétale, tout en promouvant une filière durable, locale et accessible.

Les biographies des participants sont présentées à l'Annexe E.

1.2.3.2 Des entrevues aux visites de terrain

Certaines entrevues ont conduit à des visites de terrain. Celles-ci ont renforcé ma compréhension des pratiques, des outils utilisés, des méthodes appliquées et des environnements de travail. Je me suis ainsi rendue à Arles au laboratoire textile de l'atelier LUMA mais également dans les champs de plantes tinctoriales de l'artisane-paysanne Dahlia Milon à Kamouraska (fig. 1.3) et de la designer de mode Nadia Bunyan à Montréal.

Toutes les étapes de conception et de production de teintures – du champ au colorant en passant par le séchage, le stockage et la décoction de plantes – ont ainsi pu être documentées. Les éléments théoriques ont été complétés et validés. L'ensemble fournissant une vision plus empirique et nuancée des pratiques tinctoriales locales.



Figure 1.3 Visite du champ tinctorial de Dahlia Milon, Kamouraska (2023). De gauche à droite : culture ; séchage de fleurs tinctoriales ; cuve d'indigo et pelotes de laine teintes in-situ. Photos © Y. Cardona Arias, publiées avec autorisation de Dahlia Milon.

Les visites ont généré un dialogue entre les différents experts. Ils ont été réunis pour participer à une réflexion interdisciplinaire et internationale (cf. chapitre 5).

1.2.3.3 Analyse thématique et synthèse des entrevues

Les entrevues semi-dirigées ont été menées à distance, par visioconférence sur Zoom, en conformité avec le protocole éthique de l'Université Concordia, entre novembre 2022 et juillet 2025. Ces rencontres, d'une durée moyenne d'une heure, s'articulaient autour d'une grille thématique flexible. Chaque questionnaire était personnalisé pour correspondre à l'expertise spécifique du participant (historique, technique, entrepreneuriale) et guider les échanges autour de quatre axes :

1. Parcours et expertise : trajectoire professionnelle et relation du participant avec les colorants naturels ;
2. Enjeux techniques et écologiques : procédés, toxicité, durabilité et impact environnemental ;
3. Écosystème et circularité : approvisionnement local, gestion des déchets et modèles économiques ;
4. Transmission et vision d'avenir : pédagogie et perspectives de transition écologique dans l'industrie textile.

Réalisés en français ou en anglais, les échanges ont été enregistrés et retranscrits intégralement dans le logiciel de traitement de texte Word.

L'analyse des données a reposé sur une démarche rigoureuse pour garantir la transparence et la cohérence du processus interprétatif. Dans cette recherche, l'utilisation du logiciel NVivo a permis de systématiser l'organisation et le codage des données à partir de mots-clés correspondant aux principaux concepts de la thèse : biomimétisme, interdisciplinarité, écolittératie, circularité,

localité et approche systémique du design. Cette méthode de recherche qualitative, qualifiée d'analyse thématique, a facilité l'identification d'idées récurrentes mettant en lumière les points de convergence et de divergence entre les participants (Fortin & Gagnon, 2016).

Pour l'analyse de l'entretien de Dominique Cardon, par exemple, certains codes comprenaient les concepts clés de la recherche, alors que d'autres ont émergé lors de la discussion, tels que : l'extraction de colorants *in-situ*, la pertinence de techniques tinctoriales historiques ou encore la valorisation de coproduits forestiers.

Afin de restituer de manière claire et structurée la diversité des points de vue et des pratiques recueillis, j'ai réalisé des cartes-synthèses graphiques pour chaque entretien. Trois d'entre elles sont présentées à l'annexe D. Elles constituent un outil visuel complémentaire qui illustre à la fois les spécificités de chaque expertise et leur apport à une meilleure compréhension de la couleur.

1.2.3.4 Objectifs et résultats préliminaires

Les connaissances collectées lors de ces échanges sont déclinées dans les chapitres 3 et 4. Une synthèse des meilleures pratiques observées est présentée dans le chapitre 5. Cette recherche, éclairée par les savoirs des praticiens et les apports théoriques, vise à enrichir la discipline du design tinctorial en proposant des orientations concrètes pour des approches plus durables et éthiques.

Les premiers résultats des entrevues révèlent d'emblée une perte de savoir-faire importante dans le domaine des teintures naturelles, le besoin d'une professionnalisation du secteur et la nécessité d'accroître la recherche en teinture végétale. Les discussions montrent également comment le design peut contribuer à faire émerger de nouveaux modèles de production de teintures à l'intersection de plusieurs disciplines artistiques, scientifiques, économiques et éducatives. Pour Dominique Cardon, par exemple, le design est une « interface » indispensable qui s'adresse à un large public grâce à ses capacités esthétiques de synthèse et de communication (D. Cardon, communication personnelle, 24 janvier 2023).

Les entrevues ont également mis en lumière plusieurs axes de transformation : certains experts s'emploient à faire revivre des techniques tinctoriales ancestrales ou vernaculaires, tandis que d'autres explorent des approches de biodesign, en développant des colorants à partir de microorganismes (comme les bactéries). Plusieurs proposent des modèles fondés sur le biomimétisme ou la permaculture, en lien avec l'économie circulaire ou encore les circuits courts qui privilégient la proximité entre producteurs et usagers.

L'un des constats majeurs est l'importance accordée à la transmission de connaissances, au croisement de l'art, du design, des sciences du vivant et de l'artisanat. Les différentes approches pédagogiques et modes de diffusion convergent vers une vision régionale et écosystémique de la couleur naturelle.

Enfin, les échanges ont aussi fait ressortir un fort besoin d'interdisciplinarité pour répondre aux multiples enjeux liés aux colorants naturels, non toxiques et biomimétiques, lesquels mobilisent des savoirs issus de domaines variés. Par exemple, l'histoire et l'archéologie des colorants jouent un rôle essentiel dans la redécouverte de techniques ancestrales et de pratiques tinctoriales oubliées, offrant des références précieuses pour l'innovation contemporaine. La botanique permet de répertorier les espèces tinctoriales et d'identifier leurs composés actifs. L'horticulture, quant à elle, contribue à valoriser la sélection des semences et à adapter les cultures aux contextes climatiques locaux grâce aux connaissances agronomiques. La pharmacologie apporte des données fiables sur la composition chimique des plantes, les évaluations de toxicité et les méthodes d'extraction inspirées de la recherche pharmaceutique : de nombreuses plantes tinctoriales possédant également des propriétés médicinales. L'écotoxicologie évalue l'impact environnemental des substances utilisées dans les processus de teinture, notamment en termes de biodégradabilité et de toxicité pour les écosystèmes. À cela s'ajoute la biologie, qui étudie le vivant et les processus naturels tels que la biosynthèse des pigments. Cette approche permet de concevoir des colorants plus sécuritaires, en s'inspirant directement de ces mécanismes naturels. L'ingénierie mécanique, quant à elle, joue un rôle clé dans la transformation des plantes en extraits colorants : elle développe des procédés adaptés à leur mise à l'échelle. C'est le cas chez Green'Ing, par exemple, où Patrick Brenac déploie des technologies pour transformer les plantes tinctoriales et les coproduits agroalimentaires en colorants en vue d'applications artisanales et industrielles.

Maintenant que les fondements théoriques et méthodologiques de ma démarche sont établis, la discussion s'oriente sur les modalités de diffusion des résultats. Il s'agit ici d'explorer des formes de partage des connaissances qui dépassent les formats académiques conventionnels, en s'appuyant sur des dispositifs expérimentaux, des présentations publiques et des publications hybrides, aptes à rendre accessibles les processus autant que les résultats.

1.3 L'engagement avec des publics ciblés

Plusieurs publics sont concernés par cette recherche : les designers, les consommateurs, les industriels et la communauté académique. Selon les cibles, différents canaux de transmission ont été retenus pour faciliter une réflexion critique sur les modes de conception, de production et d'usage des teintures : les expositions, les ateliers et les conférences. Ils sont présentés dans les sections suivantes.

1.3.1 L'exposition comme stratégie de communication

L'exposition est ici envisagée comme une scénographie dynamique de réflexion et d'engagement. Pour Samuel Bianchini (2019), artiste-chercheur et théoricien de la recherche-création, cette « publicisation » par le biais du sensible renouvelle les formats traditionnels de dissémination des connaissances (colloques, publications scientifiques, affiches). Elle offre des expériences plus

immersives au sein desquelles les liens entre science et société opèrent à travers des expositions et des ateliers permettant des mises en situation exploratoires.

Bianchini ajoute que la recherche-création amène ainsi à inspirer d'autres disciplines à changer leurs modes de diffusion et, par conséquent, leurs relations à la société. L'exposition *Design and the Elastic Mind* organisée par Paola Antonelli (MoMA, 2008) illustre aussi ce point de vue. Elle visait à sensibiliser le grand public au rôle du design comme vecteur d'innovation et de réponse aux défis contemporains. L'exposition présentait des concepts et des objets conçus par des équipes interdisciplinaires qui fusionnaient design, science et technologie. Leur démarche incarne une vision systémique du design, qui reconnaît l'interconnexion profonde entre les matériaux, les modes de production et leurs impacts sur l'environnement (Antonelli et al., 2008).

Selon Martin Guinard (2021), commissaire d'exposition au Centre Pompidou, l'expérience muséale que proposent les artistes-chercheurs ne consiste pas seulement à nous sensibiliser à une situation, comme le souligne Bruno Latour, mais aussi à « faire face à » la crise environnementale. Dans le même esprit d'implication, le philosophe (Latour, 2005), par le biais de son exposition *Making Things Public,* nous invite à nous impliquer autrement, en considérant les non-humains comme des acteurs à part entière. Il suggère un espace où les entités non-humaines, comme l'environnement, pourraient avoir le même poids que les humains dans les débats et décisions qui concernent notre monde dont la planète est justement l'acteur oublié.

Cette thèse-création s'appuie sur deux expositions (cf. chapitre 3) : *Culture de la couleur : une écolittératie du design textile* (École supérieure de mode de l'Université du Québec à Montréal, UQAM, 2021) et *Residual Textile Dye Spectrum* (*In the Middle : A chimera*, Milieux Institute, Université Concordia, Montréal, 2022). En écho aux perspectives des designers et théoriciens précédemment cités, l'exposition en tant que médium, présentée dans cette thèse-création, se veut un espace de dialogue interdisciplinaire entre le design textile, le design de mode et la fabrication de tissu grâce aux collaborations avec la marque de mode écoresponsable Atelier b et l'entreprise de tissus écologiques Montloup. Cet espace devient alors un outil de « design critique » (Dunne & Raby, 2013) et un laboratoire d'idées : le public peut interagir avec des scénarios tangibles (recettes, échantillons, prototypes) amorçant une réflexion collective sur les implications sociales, culturelles et éthiques des teintures textiles.

Le choix de l'École supérieure de mode de l'ESG UQAM comme lieu d'exposition a constitué une stratégie méthodologique clé dans cette recherche. Il visait à offrir aux étudiants en design de mode un espace de réflexion critique et de sensibilisation aux enjeux environnementaux liés à leur pratique, tout en ouvrant la voie à des modes de conception, de production et d'usage plus responsables. L'exposition a aussi joué un rôle didactique pour la diffusion et la compréhension des savoirs associés à la couleur végétale.

La diffusion des résultats s'est accompagnée d'ateliers expérimentaux sur la matérialité textile et les colorants, destinés aux étudiants et au grand public.

1.3.2 Les ateliers et les discussions publiques comme démarche expérimentale

Les ateliers publics ont enrichi le processus itératif en incluant les participants pour valider les procédés de teinture. Dans le cadre de cette thèse, ils ont permis de manipuler les plantes, les fibres et les bains colorés afin de comprendre les méthodes et les réactions chimiques. Ils ont invité à expérimenter la préparation des textiles, l'extraction des colorants et le nuançage (variation de pH), favorisant la découverte de la chimie des couleurs de manière intuitive et accessible.

Les ateliers *Cooking and Culturing Colour* (Université Concordia), *Laboratoire de teinture urbaine* : *le jardin comme ressource cachée* (Centre communautaire Santropol Roulant) et *De la cuisine à la couleur : initiation à la teinture durable* (Échofab) que j'ai animés et qui s'adressaient aux étudiants, aux designers et au grand public montréalais en 2022 sont présentés au chapitre 3. Ils ont permis de synthétiser et de reproduire les connaissances acquises lors des expérimentations en laboratoire, ont favorisé l'implication active des participants dans le processus de recherche et ont contribué à la transmission de savoir-faire, de gestes et de techniques.

Loin d'être de simples démonstrations, les ateliers de teinture constituent des écosystèmes dynamiques : les savoirs se testent, s'enrichissent et se partagent. Les manipulations des participants, leurs questions et même leurs « erreurs » offrent de précieuses rétroactions, validant la faisabilité des techniques et ouvrant des pistes créatives inattendues. Les ateliers favorisent aussi le passage de la théorie à une expérience sensorielle mobilisant le toucher, l'odorat et l'observation des couleurs se fixant sur les fibres. Ils contribuent à une compréhension approfondie de la chimie des colorants et du processus tinctorial. Enfin, sur le plan social, les ateliers tissent une communauté de pratiques, transformant la transmission en co-construction de connaissances.

Ce type d'approche s'inscrit dans un mouvement plus large de recherche-création, comme l'illustre l'atelier *Behavioral Matter*, co-organisé par Samuel Bianchini et Alice Jarry au Centre Pompidou (2019), en dialogue avec l'exposition *La Fabrique du vivant*. Cet événement international, réunissant plus de 70 participants (artistes, designers, chercheurs, étudiants, ingénieurs), invitait à expérimenter la notion de comportement de la matière, en travaillant avec des systèmes vivants ou semi-vivants et en explorant des approches écosystémiques et écologiques. Les résultats et réflexions issus de ces trois jours étaient partagés publiquement en fin d'atelier.

Ainsi l'épreuve publique des ateliers induit un processus itératif qui fait évoluer l'approche artistique, de singulière à transférable. Ceci donne lieu à d'autres applications permettant de répondre à des enjeux sociétaux. Ce mode de pensée rejoint Nigel Cross (2011), qui met en lumière

la nature dynamique du processus de conception en atelier : un lieu où les idées évoluent et se perfectionnent grâce aux interactions et aux réflexions des participants.

S'inscrivant dans la continuité des ateliers et des entrevues, la discussion publique *Les Zones grises de la couleur à travers le prisme du design textile* (4th Space, Université Concordia, 2024) a mutualisé les questionnements émergents et élargi la réflexion. Cet événement a réuni des experts mondiaux en teintures naturelles et d'autres issus de domaines connexes (science, éducation, analyse du cycle de vie). L'objectif de cette conversation internationale et ouverte au public (cf. chapitre 5) était de dresser un état des lieux interdisciplinaire des enjeux liés aux teintures naturelles : bénéfices environnementaux et sanitaires, impacts socio-économiques, limites techniques et industrielles, mise à l'échelle et rôle dans la transition écologique du secteur de la mode.

Ont participé aux débats Dominique Cardon, Patrick Brenac, Axelle Gisserot, Kathy Hattori, Dahlia Milon, Cécile Bulle, Johan Sosoe, Nadia Bunyan, Rachel MacHenry, Cathy Vaillancourt et Martina Planty. Cette rencontre affichait la vision de design interdisciplinaire de Victor Papanek en associant différentes sphères de connaissances pour répondre aux défis complexes des colorants textiles. Elle m'a permis d'adopter une approche transversale du design tinctorial et une vision élargie des teintures : intégrer leurs origines, leurs processus de transformation ainsi que leurs interactions avec le vivant et les écosystèmes dans la conception des colorants.

Ces activités publiques – expositions, ateliers, discussions – ont ouvert la voie à d'autres modes de dissémination des connaissances, notamment à travers la médiation scientifique – colloques, tables rondes – et mon rôle de *Public Scholar*[7] (Université Concordia, 2023-2024). Cette posture de « chercheuse engagée » vise à dialoguer avec un public élargi afin de rendre la recherche accessible au-delà du milieu académique – médias, décideurs politiques.

1.3.3 Les colloques scientifiques comme outils d'ouverture vers d'autres disciplines

En mai 2023, ma communication au 90e congrès de l'Acfas[8] décrivait le rôle de l'aspect narratif de l'exposition dans la construction d'expertises en développement durable. La préparation d'une communication pour un colloque m'a permis de construire le récit utile à la modélisation de mon processus itératif. Lors d'exposés, ce récit sert à illustrer différentes phases de la recherche. La figure 1.4 illustre le cheminement conceptuel et artistique, amorcé par l'élément déclencheur de cette recherche : la publication du rapport de Greenpeace (2012) sur la toxicité textile. Qualifié de

[7] Le programme *Public Scholars* vise à soutenir les doctorants dans la diffusion élargie de leurs recherches : https://www.concordia.ca/gradstudies/professional-skills/public-scholars.html

[8] L'association francophone pour le savoir est une organisation canadienne qui a pour mission de promouvoir la recherche et la diffusion des connaissances scientifiques dans la francophonie, notamment au Québec.

phase d'identification, ce point de départ mène à une enquête scientifique sur les teintures qui vise à acquérir une meilleure compréhension structurelle des colorants. Les prochaines étapes prennent la forme d'explorations matérielles autour de prototypes de teintures. La dernière phase se concentre sur la diffusion créative de ces nouvelles connaissances.



Figure 1.4 Déploiement du processus itératif. Récit de recherche-création présenté au 90e Congrès de l'Acfas, HEC Montréal (2023).

Ces colloques, avec leurs séminaires et tables rondes associés, donnent de la visibilité à la recherche en design dans un cadre scientifique. Ils enrichissent les perspectives en favorisant la pollinisation croisée d'idées et de rencontres propices à des collaborations entre différentes disciplines. Un exemple concret : ma participation à la table ronde *Relève scientifique : votre avenir, vos choix,* organisée par la Fondation canadienne pour l'innovation (FCI), lors du 90e congrès de l'Acfas (HEC Montréal, 2023). Le panel de discussion réunissait des doctorants en sciences de l'Université McGill et de l'Université de Montréal (UdeM) pour explorer des thèmes transversaux aux arts et aux sciences, tels que l'interdisciplinarité, l'environnement, l'importance du bien-être individuel et communautaire. Cette réflexion sur le bien-être trouve une application directe dans le contexte de l'industrie textile parce que les pratiques de production éthiques et non toxiques sont indissociables de la santé des communautés.

1.3.4 Publications : de la diffusion publique à l'article scientifique

Cette rencontre a mené à la publication *Plaidoyer pour une mode éthique* (Delattre, 2024)[9] par la FCI. Cet article de vulgarisation défend un modèle de production textile local et circulaire, en opposition à la dépendance aux teintures pétrochimiques. Il met en lumière le potentiel des bioteintures issues de la valorisation de co-produits agroalimentaires et les bénéfices d'une telle approche pour la santé des écosystèmes et des populations. L'article positionne ainsi la recherche en design comme une force de proposition pour une industrie de la mode plus éthique et non toxique. Il expose aussi les principaux axes de la recherche, notamment les liens entre pratiques tinctoriales et santé, la teinture textile à base d'extraits végétaux compostables et l'interdisciplinarité.

Sur un plan académique, cette réflexion interdisciplinaire a été enrichie par une collaboration avec la chercheuse Dre Delphine Talbot (Université de Toulouse 2 - Jean Jaurès). Cet échange a abouti à la publication de *Prendre soin par la couleur : du design tinctorial au Care* dans la revue *Sciences du Design* (2024)[10]. L'article analyse comment la couleur, au-delà de sa dimension esthétique, peut devenir un vecteur de soin, en explorant ses dimensions sensorielles, affectives et relationnelles. Il propose ainsi de reconsidérer la teinture non plus comme un simple procédé technique, mais comme une pratique éthique tissant des liens entre le corps, le vêtement et l'environnement.

Au-delà de la participation à des colloques et de la publication d'articles, la conduite de cette thèse a pleinement embrassé une posture de chercheuse engagée.

1.3.5 Le rôle de chercheuse engagée

Cette troisième piste d'exploration s'est concentrée sur la diffusion élargie et la vulgarisation des savoirs nécessitant l'emploi d'une panoplie d'outils : les médias traditionnels, les plateformes numériques, mais aussi la participation à des concours de communication scientifique tel que *Ma thèse en 180 secondes* (MT180)[11]. L'objectif était non seulement de sensibiliser aux enjeux de la recherche, mais aussi d'établir un dialogue actif entre la science, le design et la société afin de stimuler des mises en action concrètes.

Le rôle de chercheuse engagée (*Public scholar)* pendant un an à l'Université Concordia (2023-24) m'a fourni des outils pour élargir ce positionnement de diffusion et de vulgarisation scientifique

[9] Delattre, S. (2024, 21 mars). *Plaidoyer pour une mode éthique*. Fondation canadienne pour l'innovation. Disponible sur https://www.innovation.ca/fr/projets-resultats/exemples-succes-recherche/plaidoyer-mode-ethique

[10] Talbot, D., & Mardirossian, V. (2024). Prendre soin par la couleur : du design tinctorial au Care. *Sciences du Design*, *19*(1), 100-112. https://doi.org/10.3917/sdd.019.0100

[11] Mardirossian, V. (2023, 1er juin). *Ma thèse en 180 secondes | Vanessa Mardirossian | Finale nationale 2023* [Vidéo]. Acfas. YouTube. Repéré à https://www.youtube.com/watch?v=7NlpWsvJfeU

auprès du grand public. À travers des articles dans les médias (La Presse, Le Devoir, La Conversation), des entretiens radiophoniques (Radio Canada) et des émissions de vulgarisation scientifique (Savoir Média, Découverte), j'ai cherché à attirer l'attention des designers et du grand public sur les impacts environnementaux et sanitaires de l'industrie textile. Mon objectif était surtout d'alerter sur l'existence de modes de production tinctoriaux alternatifs et écoresponsables.

Ce rôle accroît considérablement la portée du message scientifique où le chercheur ne se limite plus à la production de connaissances, mais s'investit activement dans leur diffusion et leur application concrète au sein de la société. Cet engagement inclut l'utilisation stratégique des réseaux sociaux (LinkedIn, Instagram), devenus de précieux outils permettant une interaction directe et dynamique avec un large public. Des initiatives comme *Ask Me Anything* (AMA)[12] favorisent non seulement la vulgarisation scientifique et l'engagement du public, mais offrent également aux chercheurs l'opportunité de tisser des liens avec leurs pairs à l'échelle internationale. Un positionnement engagé favorise les collaborations interdisciplinaires, transcende les frontières institutionnelles et géographiques, amplifie la portée des messages des chercheurs, stimule le dialogue entre différentes disciplines et contribue à combler l'écart entre la recherche académique et son application concrète dans la société

[12] *Ask Me Anything* (AMA) est un format participatif de questions-réponses, popularisé par la plateforme de discussion Reddit, qui permet à une communauté d'interroger directement une personnalité ou un expert.

Conclusion

Rappelons que, selon Benyus (1997), le biomimétisme consiste à s'inspirer des formes, des processus et des dynamiques du vivant pour concevoir des matériaux et des procédés respectueux des écosystèmes. Appliquée à la teinture, cette approche ne vise pas seulement à réduire les impacts négatifs, mais aussi à imaginer des pratiques inscrites dans les cycles naturels et sociaux qui favorisent des interactions bénéfiques avec les milieux biologiques. Dans cette perspective, ce chapitre a illustré les trois axes méthodologiques qui orientent ma démarche : la recherche exploratoire en sciences, l'expérimentation matérielle et les entrevues d'experts.

De mon exploration scientifique menée en chimie et en santé environnementale sur la toxicité des teintures, il en est ressorti que la complexité de la structure chimique des colorants et de leurs nomenclatures ainsi que les effets potentiels de leurs interactions et de leur dégradation, rendent nécessaire une collaboration étroite du design avec ces disciplines. Ces constats ont ainsi posé les bases d'une approche biomimétique interdisciplinaire. Ils ont aussi ouvert des voies d'exploration, à la fois théoriques et matérielles, pour envisager des modèles de teinture compatibles avec la santé des milieux vivants. Ainsi, l'approche biomimétique exige de situer notre réflexion au croisement de la chimie, de la biologie, de l'écologie et du design.

Ma recherche s'est poursuivie par l'expérimentation matérielle sur des fibres naturelles, utilisant des substances colorantes non toxiques telles que des déchets alimentaires et des bactéries, afin d'élaborer des recettes de teintures biodégradables. Elle m'a permis de mettre à l'épreuve les principes biomimétiques en produisant des couleurs à partir du vivant. En observant les capacités colorantes de certaines bactéries, j'ai appris à développer un milieu nutritif propice au développement de leurs pigments. Puis, je me suis familiarisée avec l'extraction de colorants par décoction à partir de végétaux. Cette étape a été favorable à l'acquisition de connaissances par le faire et à la découverte de travaux d'experts permettant d'aborder les teintures non plus comme des produits figés, mais comme des processus évolutifs, en relation avec des milieux vivants, selon des logiques d'interaction et de régénération.

Puis, souhaitant confronter mes résultats et identifier les meilleures méthodes, j'ai mené une enquête qualitative auprès de praticiens. Cette phase a ancré l'approche biomimétique dans un réseau de connaissances interconnectées. Celles-ci se construisent à travers l'observation et l'écoute de pratiques tinctoriales enracinées dans des contextes géographiques, techniques et culturels variés. Le dialogue avec les experts s'apparente à une forme de coévolution des connaissances permettant de repérer des modèles circulaires et résilients déjà à l'œuvre. Cette enquête a nourri une vision systémique du design tinctorial, intégrant la matérialité, la transmission et la régénération des milieux.

La conjonction de ces trois axes méthodologiques a favorisé l'acquisition de savoirs techniques, chimiques, historiques et écologiques en design tinctorial auprès de publics ciblés à travers des modes de diffusion créatifs tels que des expositions, des ateliers, des tables rondes et des conférences.

L'exposition a ainsi été considérée comme vecteur d'une culture matérielle visant à stimuler l'imaginaire collectif et engager une réflexion critique sur des processus invisibles impliquant des chaînes de production complexes et des réalités écologiques, sociales et techniques jusqu'ici peu discutées en design.

Les ateliers ont, quant à eux, joué un rôle essentiel dans la démocratisation de la couleur, en tant qu'outils de médiation, de transmission, mais aussi de transformation collective des regards et des pratiques. Ils ont permis d'aborder la couleur au-delà de son statut esthétique pour en faire un objet de savoir partagé. Les conférences et publications scientifiques ont été garantes de la transmission aux pairs et de l'inscription académique des enseignements acquis. Enfin, les collaborations interdisciplinaires ont enrichi la démarche par des regards croisés et des transferts de connaissances.

Au-delà d'une stratégie de dissémination, ces modalités participent à « l'écologie du projet », à savoir son fonctionnement global. Ceci assure la circulation et la pollinisation des idées, mais aussi la rétroaction critique et la résilience du processus de recherche. En ce sens, l'approche biomimétique se manifeste également par une certaine plasticité méthodologique à partir de laquelle le savoir émerge des échanges : vecteurs de circulation et d'évolution des connaissances.

Finalement, mon positionnement de chercheuse engagée m'a amenée à mobiliser divers formats de vulgarisation scientifique pour créer des espaces de dialogue et faire interagir science, design et société. La vulgarisation devient alors un outil de réflexion et d'action permettant à différents publics de questionner, comprendre et transformer les pratiques liées aux colorants textiles.

Ayant posé les fondements méthodologiques de cette recherche, il s'agit désormais d'examiner ce que recouvre concrètement la notion de colorant textile, en particulier lorsqu'il est qualifié d'« écoresponsable ». Que désigne-t-on exactement lorsqu'on parle de teintures textiles dans une perspective écologique ? Quels en sont les origines, les matières premières, les processus de transformation et les impacts sur les milieux vivants ? Le prochain chapitre propose un survol des principales familles de colorants – naturels, synthétiques et biotechnologiques – ainsi qu'une analyse critique des effets environnementaux et sanitaires des colorants synthétiques.

Chapitre 2 Initiation aux teintures textiles pour une compréhension élargie des enjeux de la couleur en mode

À l'interface du design et de la chimie, la conception de colorants écoresponsables repose sur une compréhension fine de leur structure moléculaire et de leur interaction avec les fibres. Ce chapitre vise à fournir ces clés de lecture chimiques afin de comprendre les liaisons qui unissent les colorants aux fibres et assurent leur solidité. Pour ce faire, ma démarche s'articule en trois temps.

Elle débute par une initiation technique aux teintures naturelles, synthétiques et biotechnologiques, en se concentrant sur le processus détaillé des colorants naturels : préparation des fibres, bain de teinture et techniques de nuançage pour affiner les teintes.

Puis le chapitre contextualise les trois grandes classes de colorants sur les plans chimique et historique, depuis les pratiques ancestrales jusqu'à l'avènement des molécules de synthèse au XIX^{e} siècle et l'émergence récente de la biotechnologie. Un lexique des termes techniques est disponible dans l'Annexe B.

Cette analyse met en évidence les enjeux sanitaires et environnementaux liés aux teintures synthétiques. S'appuyant sur des articles scientifiques, des analyses chromatographiques et des études en santé environnementale, cette dernière partie examine la toxicité de certains composés et se conclut par une synthèse des connaissances actuelles, ainsi qu'une évaluation des avantages mais aussi des défis de chaque type de colorant.

2.1 Introduction à la teinture textile : principes et techniques de base

La teinture textile est une pratique millénaire qui n'a cessé d'évoluer. Elle a d'abord reposé sur l'usage de colorants naturels d'origine végétale, minérale et animale, appliqués à des fibres naturelles (Cardon, 2014). Puis, avec le développement de la chimie industrielle au XIX^{e} siècle, les colorants synthétiques, dérivés du pétrole, ont peu à peu remplacé les teintures traditionnelles, répondant aux exigences de reproductibilité, de performance et d'industrialisation (Lalonger, 2002). Aujourd'hui, face aux enjeux environnementaux, les teintures naturelles font l'objet d'un regain d'intérêt de la part des designers et de l'industrie de la mode. De plus, la recherche d'alternatives au monopole actuel des colorants pétrochimiques ouvre aussi de nouvelles voies biotechnologiques, qui permettent de produire des colorants biosourcés à partir de micro-organismes. Cette évolution témoigne d'une transformation progressive des paradigmes techniques, culturels et écologiques qui encadrent les pratiques de teinture.

2.1.1 Processus de teinture pour colorants naturels

Cette section propose une introduction aux principes de base de la teinture naturelle. Les termes techniques sont présentés dans un glossaire en Annexe B.

La préparation des fibres constitue une étape déterminante pour assurer la bonne fixation des colorants. Elle varie selon la nature des fibres : animales dites protéiques (laine, soie) ou végétales dites cellulosiques (coton, lin, chanvre, ramie). Le poids des fibres sèches (PdF) sert de base pour calculer les quantités de mordant et de colorant nécessaires, exprimées en pourcentage du PdF.
La préparation du bain de teinture est ensuite détaillée, ainsi que les opérations de nuançage post-bain par lesquelles on ajuste ou on modifie les teintes obtenues. Afin de mieux appréhender les différentes techniques tinctoriales, des recettes de mordançage et de teinture sont proposées dans l'Annexe A.

2.1.1.1 Lavage et débouillissage pour optimiser l'absorption des colorants

Après leur lavage en machine à cycle doux, les fibres végétales sont chauffées pendant une heure jusqu'au point d'ébullition (90˚C) avec un détergent neutre tel que Synthrapol et 2 % PdF de carbonate de sodium. Les fibres animales sont pour leur part dégraissées (laine) ou décreusées (soie) à température modérée (80 °C) avec un détergent neutre comme Orvus Paste, en évitant les écarts de températures et en limitant l'agitation pour éviter le feutrage, qui emmêle les fibres. Elles sont ensuite rincées.

Le débouillissage (coton, lin), le dégraissage (laine) et le décreusage (soie) se traduisent par le même terme en anglais (*scouring*)[13]. Ils permettent de retirer les impuretés – cires naturelles, huiles, résidus, apprêts – pour rendre la fibre plus hydrophile et augmenter la pénétration du mordant et des colorants. Ce sont des étapes essentielles dans la préparation des fibres avant le mordançage et la teinture.

2.1.1.2 Mordançage : pour fixer les couleurs sur les fibres

La plupart des teintures naturelles nécessitent l'emploi d'un mordant. Celui-ci agit comme un agent de liaison entre les molécules colorantes et les fibres textiles. Il s'agit généralement d'un sel métallique, tel que l'aluminium ou le fer, qui fixe le colorant à la fibre par un mécanisme de chélation (cf. Annexe B).

Le mordançage a pour objectif de créer des liaisons chimiques stables entre les fibres textiles et les colorants afin d'obtenir des teintures vives et résistantes. La teinte finale et sa solidité à la lumière ainsi qu'au lavage dépendent à la fois de la nature chimique du colorant – flavonoïdes, quinones, tanins, etc.– et de l'efficacité du mordant utilisé. Ainsi, le mordançage améliore la résistance à la lumière des molécules déjà solides – flavonoïdes du réséda, quinones de la garance. Cependant, dans le cas de certaines molécules, comme les anthocyanes – chou rouge, baies –, le mordançage n'améliore pas la résistance à la lumière. Ces colorants dits « évanescents » sont caractérisés par

[13] La terminologie anglaise est ici précisée, car une grande partie de la littérature sur les colorants naturels est rédigée en anglais.

leur sensibilité au pH et à la chaleur. Leurs variations colorées sont intéressantes à observer, mais ils ne conviennent pas à la teinture textile pour l'industrie de la mode, car la sueur (acide) et le détergent (basique) font varier les teintes. Ainsi, malgré leur potentiel colorant, les anthocyanes restent instables même en utilisant un mordant.

Il existe différents mordants, principalement minéraux et végétaux (cf. Annexe B). Les éléments métalliques comme le fer et l'aluminium, parmi les plus abondants de la croûte terrestre, sont généralement privilégiés en raison de leur relative faible toxicité (M. Garcia, communication personnelle, 21 juillet 2024). En revanche, les sulfates de cuivre et d'étain sont à restreindre car ils présentent une toxicité plus élevée. Quant au chrome, son utilisation en tant que mordant est aujourd'hui complètement interdite dans de nombreux pays en raison de sa très forte nocivité. Ainsi, l'alun (15% PdF) et le fer (2% PdF) s'imposent comme les mordants les plus sûrs et les plus répandus offrant un bon compromis entre efficacité et faible impact environnemental.

Les mordants végétaux sont quant à eux extraits de plantes naturellement riches en aluminium comme le symplocos (*Symplocos racemosa*), un arbuste des régions tropicales. Une plante est considérée comme étant accumulatrice d'aluminium à partir d'une teneur de 1000 mg/kg, soit 0,1% par rapport au poids de matière sèche. Le symplocos en contient par exemple entre 14 500 à 35 400 mg/kg (Cardon, 2014), ce qui en fait un mordant efficace et écologique. Les mordants végétaux produisent le même effet que les minéraux, mais nécessitent une quantité plus importante de matière première. Par exemple, il faut 50% du poids de la fibre pour le symplocos (Goodman et al., 2013) alors que l'alun en nécessite seulement 10 à 15% (Kwon, 2024). Le fer doit quant à lui être utilisé en infime quantité (1 à 2 %) car il a tendance à durcir les fibres et à foncer les couleurs (Kwon, 2024). Ces pratiques démontrent l'importance des mordants dans les processus de teintures naturelles parce que les molécules colorantes se fixent aux ions métalliques présents sur les fibres mordancées, plutôt qu'à la fibre elle-même, d'où leur appellation de « mordants ».

Les types de mordançages diffèrent selon la nature des fibres et des teintes souhaitées. Les fibres animales comme la laine et la soie – aussi appelées fibres protéiques – ont une grande affinité envers les colorants et requièrent un simple mordançage à l'alun avec l'ajout optionnel de crème de tartre – bitartrate de potassium. Ce sous-produit naturel de la vinification est utilisé comme adjuvant de mordançage pour acidifier le bain et favoriser l'homogénéité et la brillance des couleurs.

Les fibres végétales comme le coton et le lin – aussi appelées fibres cellulosiques – ont plus de difficulté à fixer les colorants. Leur mordançage doit donc être précédé d'un engallage (pré-mordançage). Cette étape consiste à tremper les tissus dans un bain de tanin. Il existe des tanins clairs qui ne modifient pas la couleur de la fibre (noix de galle), de même que des tanins qui donnent une légère coloration jaunâtre (myrobolan, grenade), brunâtre (thé, thym et châtaignier) ou rosâtre (pépins de raisin, sumac). En plus de fixer les teintures et d'améliorer leur résistance

à la lumière, cette légère coloration de fond agit comme une base qui influence la nuance finale (fig. 2.1). Le choix du tanin permet de diversifier la gamme de couleurs obtenues et de diminuer la quantité de colorant principal nécessaire, souvent plus coûteux. Par exemple, une base rosée issue de l'extrait de pépins de raisin élargit la gamme de roses-orangés possibles lorsqu'on l'associe à la garance, tandis qu'une base jaunâtre apportée par le myrobolan produit de subtils bleu-vert lorsqu'elle est plongée dans un bain d'indigo.



Figure 2.1 Sept différents tanins sur fibre de lin. De gauche à droite : engallage à la noix de galle issue du chêne, myrobolan, thé, châtaignier issu de la valorisation forestière (Green'Ing), peaux de grenades, thym, pépins de raisin. En bas : ces mêmes différents tanins, ensuite mordancés à l'alun puis plongés dans un bain de gaude (7 % PdF) permettent d'obtenir différentes nuances de jaunes.

On peut citer d'autres mordants végétaux abondants en tanins, comme le sumac, l'aulne, le bouleau et les lycopodes, une espèce menacée. D'autres sources de tanins sont issues de la valorisation de

sous-produits de l'industrie agroalimentaire et s'inscrivent dans une démarche d'économie circulaire, comme le thé, les peaux de châtaignes (Cardon, 2014), les peaux de grenades (Kwon, 2024), les coquilles extérieures vertes des noix de coco (D. Cardon, communication personnelle, 24 janvier 2023) ou encore les pépins de raisins issus de la production vinicole (P. Brenac, communication personnelle, 12 décembre 2023).

Les concentrations de mordant et d'extrait colorant jouent un rôle déterminant dans la teinte finale. La figure 2.2 montre l'impact des différentes intensités d'extrait de garance. Tous les échantillons de lin ont subi un premier bain de noix de galle suivi d'un bain d'alun (15% PdF).

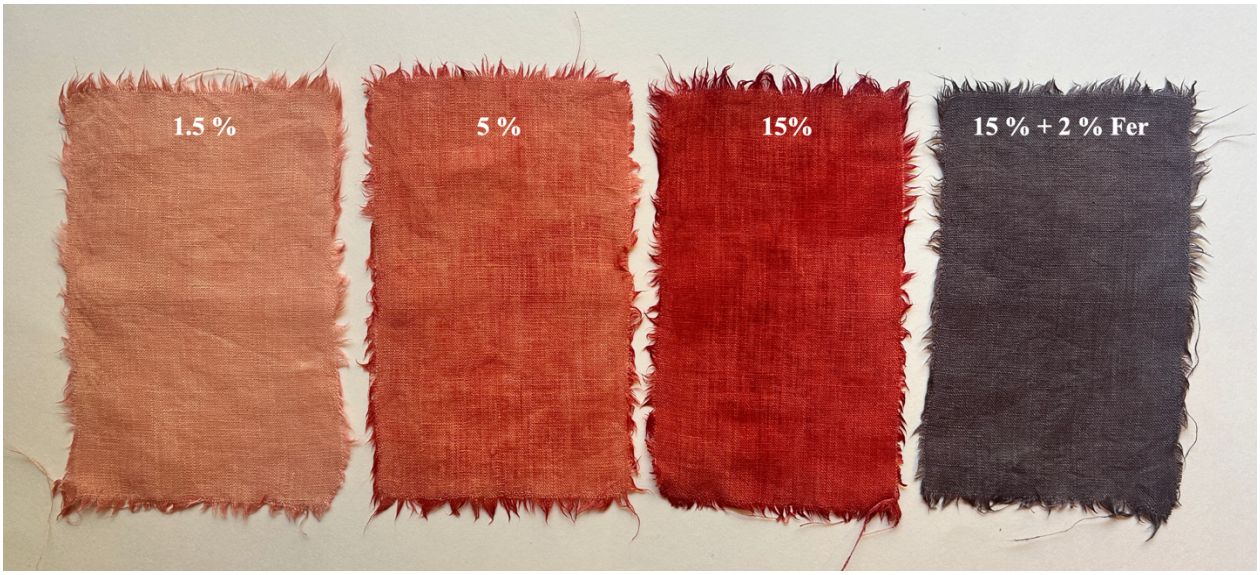


Figure 2.2 Impact des variations de ratio d'extrait de garance sur la teinte finale. De gauche à droite : extrait de garance à 1,5 %, 5 %, 15 %, puis avec 2 % de fer.

Note de chercheur : Pour une présentation exhaustive des diverses méthodes employées et de leur contexte historique, je recommande la lecture du chapitre sur les mordants de l'ouvrage *Le monde des teintures naturelles* (Cardon, 2014). Je préconise aussi le livre *The Art and Science of Natural Dyes* pour sa synthèse de connaissances chimiques et pratiques sur le sujet (Boutrup et al., 2019), ainsi que les informations en ligne de *Botanical Colors*. Dans ces références, les autrices soulignent que les bains de mordants peuvent se garder plusieurs mois, voire plusieurs années. Ils peuvent être rechargés (ajout de 50% de mordant) ou être utilisés jusqu'à épuisement des sels métalliques, avant de pouvoir être utilisés pour arroser les cultures après filtration. Cette pratique est couramment utilisée par les teinturiers comme Dr Henriques pour irriguer ses plantations de cajous (B. Henriques, 13 février 2023) et Tristan Lienhard pour arroser la forêt avoisinante (T. Lienhard, communication personnelle, 25 octobre 2024).

2.1.1.3 Teinture

La phase de teinture consiste à immerger des textiles dans des bains colorants. Celle-ci se fait par décoction de plantes tinctoriales sèches, fraîches ou d'extraits colorants chauffés pendant environ une heure. Après filtration de la décoction, les textiles sont plongés dans ce bain coloré et chauffés pendant une heure supplémentaire, puis ils sont rincés. Une fois les teintures obtenues, il est aussi possible de modifier les couleurs par nuançage afin d'élargir la palette chromatique (fig. 2.3).



Figure 2.3 Processus de teinture à l'oignon. De gauche à droite : décoction de peaux d'oignon ; bain de teinture ; échantillons de teintes obtenues, incluant les variations par post-bain.

2.1.1.4 Nuançage en post-bain

La teinte finale peut être ajustée en post-bain de nuançage en modifiant le pH ou en ajoutant des modificateurs – comme le fer – dans la solution de trempage jusqu'à l'obtention de la couleur souhaitée. Les bains peuvent être acidifiés avec de l'acide citrique ou du vinaigre, alors que les bains alcalins sont obtenus avec du carbonate de sodium. Par exemple, une teinture jaune réalisée à base de gaude (réséda) permet d'obtenir toute une famille de vert-kaki lorsqu'elle est plongée dans un bain ferreux. Dans un autre registre, une teinture mauve issue du chou rouge donne du rose en bain acide et du vert en bain basique. La figure 2.4 illustre la sensibilité aux modulations de pH des anthocyanes.



Figure 2.4 Palette chromatique des anthocyanes issues du chou rouge. En milieu neutre (pH 7), elles produisent un colorant mauve. Cette teinte se transforme en rose lorsqu'on ajoute un agent acide et en bleu ou vert si on incorpore un agent basique.

2.1.1.5 Tests de solidité à la lumière

La solidité à la lumière des teintures naturelles est souvent considérée comme un point faible. Ce préjugé est cependant démenti par de récentes analyses démontrant des performances tout à fait satisfaisantes. En effet, Dominique Cardon et Sandrine Rozier[14] font tester les teintures qu'elles réalisent lors de leurs stages par l'entreprise Proverbio. Spécialisée en ennoblissement textile, cette dernière utilise la technique standardisée appelée Blue Wool Scale[15] ou Échelle de bleus, qui comprend un ensemble de huit bandes de laine teintes en bleu, chacune avec un colorant offrant

[14] Sandrine Rozier est designer textile et costumière spécialisée en teinture naturelle (Montpellier, France). Elle collabore régulièrement avec les arts vivants (théâtre, opéra, cinéma) pour lesquels elle conçoit des costumes teints naturellement. Engagée dans la transmission de ces savoir-faire, elle enseigne, anime des formations professionnelles, et co-anime des stages dont Les 157 couleurs de Paul Gout avec Dominique Cardon.

[15] https://www.green-ingredients.com/produit/test-solidite-lumiere

différentes résistances à la lumière. Ces bandes sont fixées côte à côte sur une petite carte, formant une échelle de référence (fig. 2.5). Ce test de vieillissement accéléré consiste à exposer l'échantillon coloré et la carte Blue Wool simultanément à la lumière pendant une période équivalente à trois mois d'exposition solaire. Puis, la décoloration de l'échantillon testé est comparée avec celle des bandes de référence sur la carte Blue Wool. À la suite de cet examen, une note de 1 à 8 est attribuée à l'échantillon en identifiant quelle bande de l'échelle a subi une décoloration similaire. La meilleure solidité équivaut à 8. Généralement, l'exigence basse est inférieure ou égale à 3, l'exigence moyenne se situe entre 3 et 4 (préconisée pour l'industrie textile, secteur habillement) et l'exigence haute supérieure à 7 (préconisée pour l'industrie textile, secteur ameublement).



Figure 2.5 Tests de solidité à la lumière réalisés avec la technique Blue Wool Scale. Dominique Cardon, à droite, accompagnée de Delphine Talbot et David Santandreu chez Green'Ing. Présentation des échantillons de laine teints lors de son stage de teinture : Les 157 couleurs de Paul Gout (2024). À gauche : échantillons réalisés par Axelle Gisserot lors du stage Paul Gout. Photo © V. Mardirossian.

Les résultats montrent des résistances à la lumière supérieures à 4 pour la majorité des échantillons, performance honorable pour l'industrie de la mode. Certains ont atteint des notes supérieures à 7, exigées pour les textiles d'ameublement plus exposés à la lumière.

2.1.2 Processus de teinture pour colorants synthétiques

Il existe quatre grandes familles de colorants synthétiques définies par leur mode d'interaction avec les fibres : les directs, les réactifs, les acides et les dispersés. Ces catégories, détaillées dans la section suivante, se distinguent principalement par leur solubilité dans l'eau. Les trois premières

familles (directs, réactifs et acides) sont hydrosolubles. Au sein de ce groupe, les colorants directs et réactifs se fixent aux fibres cellulosiques, tandis que les colorants acides sont réservés aux fibres protéiques et au nylon. À l'inverse, les colorants dispersés sont insolubles dans l'eau, ce qui les destine aux fibres synthétiques comme le polyester et l'acrylique. Ils sont appliqués sous forme de fines particules en suspension. Sous l'effet de la chaleur, elles pénètrent au cœur de la fibre. Ce procédé est plus polluant que les trois autres.

Après la teinture, un rinçage minutieux est nécessaire pour éliminer les excès de colorant. Enfin, un traitement de fixation thermique ou chimique est parfois appliqué pour améliorer la tenue des couleurs.

Il est facile de teindre chez-soi avec des colorants synthétiques grâce à des kits commerciaux prêts à l'emploi, tels que ceux proposés par les marques Rit et Dylon. Cependant, les formules ne sont pas toujours détaillées publiquement. Leur utilisation soulève des préoccupations similaires à celles rencontrées dans le secteur industriel, notamment en ce qui concerne la composition chimique précise de leurs colorants organiques synthétiques et leurs potentielles répercussions sur la santé humaine et l'écosystème.

Face à ces enjeux de toxicité et d'opacité, la recherche s'oriente vers des alternatives innovantes. Parmi celles-ci, les colorants issus des biotechnologies représentent une voie d'avenir prometteuse.

2.1.3 Processus de teinture pour les colorants biotechnologiques

La teinture biotechnologique est une approche innovante en pleine expansion. Elle exploite les capacités de certaines bactéries à produire des pigments naturels. Ces micro-organismes proviennent de milieux aquatiques ou terrestres et chaque souche bactérienne engendre une couleur différente.

Plusieurs souches de bactéries produisent des pigments. Les deux souches bactériennes expérimentées dans le cadre de cette recherche sont : la *Serratia marcescens* [29632][16] et la *Vogesella indigofera* [19706][17]. Elles sont considérées non pathogènes et classées au niveau de biosécurité 1, présentant un faible risque pour l'humain et l'environnement.

Cependant, travailler avec le vivant requiert des mesures de sécurité de base pour minimiser le risque d'exposition : port d'équipement de protection individuelle (EPI : gants, blouses, lunettes),

[16] Achetée en 2017 à Merlan Scientific, une entreprise canadienne spécialisée dans le matériel éducatif pour l'enseignement des sciences. https://www.atcc.org/products/29632

[17] Achetée en 2018 à ATCC (American Type Culture Collection), une entreprise américaine. https://www.atcc.org/products/19706

manipulation prudente des échantillons et stérilisation des cultures bactériennes après usage par ajout d'eau de Javel diluée ou par chauffage à 120°C sous pression (20 min. en autoclave).

Le processus commence par la culture des bactéries dans un milieu de croissance spécifique comme une culture liquide enrichie en nutriments, favorisant la production de colorants. Puis cette culture liquide est appliquée sur un substrat humide (agar et nutriments) dont la composition est détaillée au chapitre 3 (cf. section 3.2.3). Cette étape nécessite 48 h. Les bactéries ont besoin d'oxygène et se développent à température ambiante, autour de 20˚C. Puis, à l'aide d'un pinceau ou d'une pipette, on enduit le textile de la culture bactérienne liquide. Une période de 48h est encore nécessaire pour la croissance des pigments bactériens sur le textile (fig. 2.6). Enfin, les tissus sont stérilisés à 120˚C pendant 20 minutes.

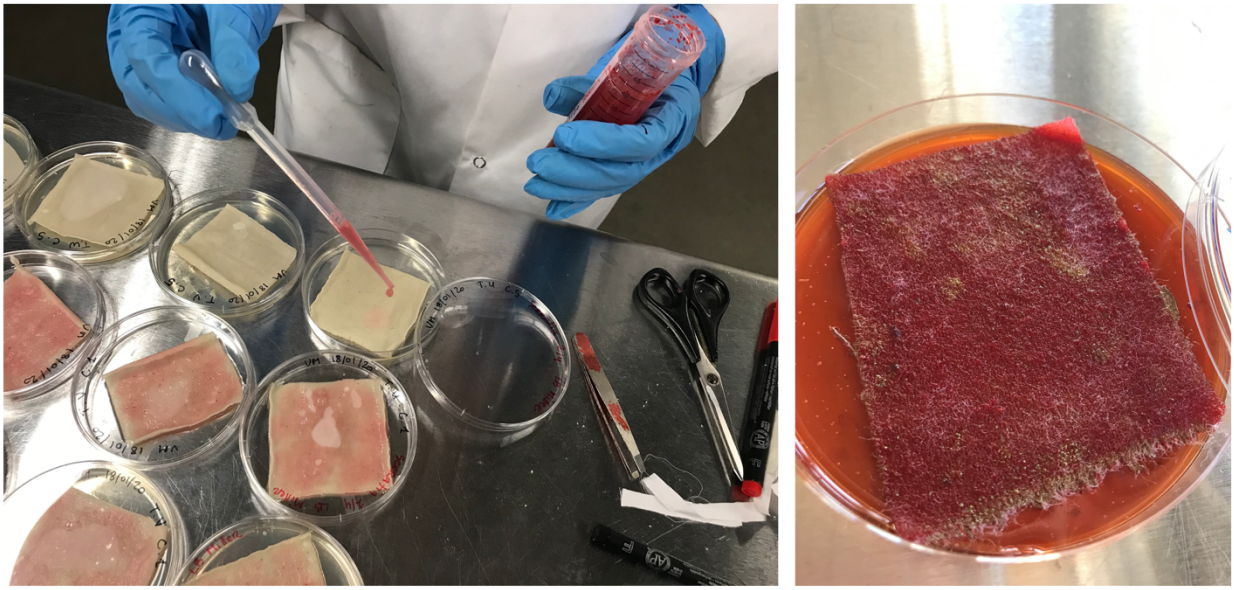


Figure 2.6 Application d'une culture liquide sur textiles. De gauche à droite : culture liquide appliquée à la pipette sur divers textiles ; culture après 48h sur laine.

La bactérie *Serratia Marcescens*[18] produit par biosynthèse un colorant rouge, appelé prodigiosine (fig. 2.7). Ce processus complexe convertit des acides aminés en prodigiosine grâce à des enzymes produites par la bactérie.

[18] https://www.atcc.org/products/29632#detailed-product-information

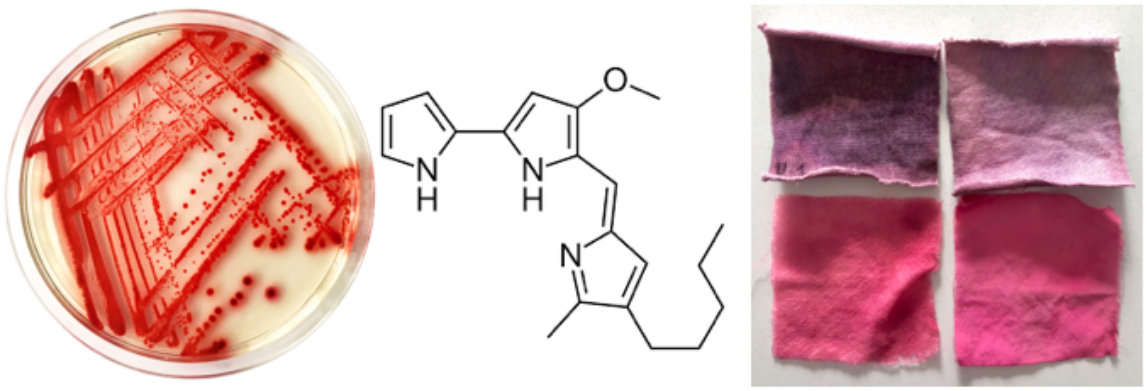


Figure 2.7 Culture de la bactérie *Serratia marcescens* sur agar. De gauche à droite : culture sur un médium gélatineux à base d'algues dans milieu nutritif LB (*Lysogeny Broth*) composé de tryptone (acides aminés), de levure et de chlorure de sodium (sel) ; structure moléculaire de la prodigiosine [$C_{20}H_{25}N_3O$], le colorant rouge produit par la bactérie ; échantillons de coton, laine et soie teints avec la bactérie.

La souche bactérienne *Vogesella indigofera*[19] produit un pigment bleu appelé indigoïdine à partir de l'acide aminé tryptophane (fig. 2.8). Ce dernier joue le rôle de précurseur : c'est une molécule de base à la fabrication du pigment qui fait suite à une série de réactions enzymatiques. De la même manière que pour l'indigo végétal extrait de l'indigotier (*Indigofera tinctoria*), l'indican sert de précurseur, c'est-à-dire de molécule de départ nécessaire à la production du colorant bleu.

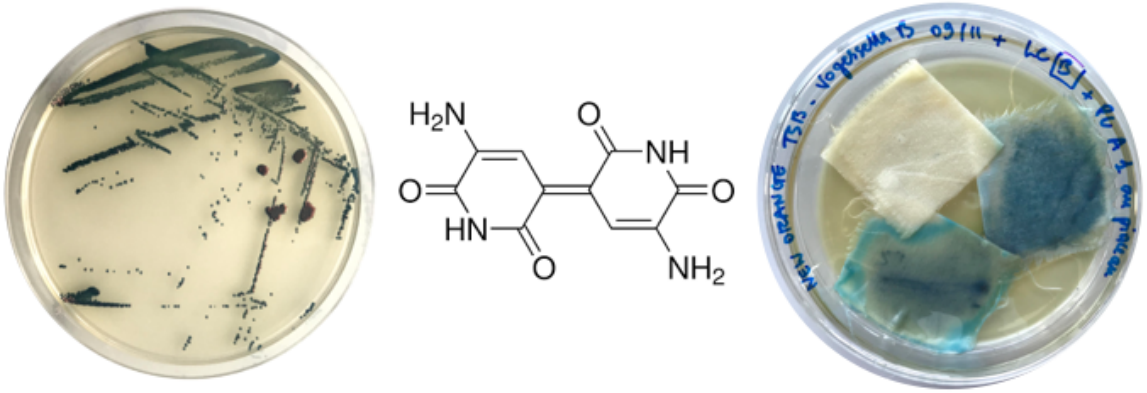


Figure 2.8 Culture de la bactérie *Vogesella indigofera* sur agar. De gauche à droite : culture de la bactérie sur un médium gélatineux à base d'algues et de nutriments TSB (*Tryptic Soy Broth*) composé d'acides aminés issus de caséine, de dextrose (source de carbone), de chlorure de sodium et de phosphate de dipotassium : structure moléculaire de l'indigoidine [$C_{10}H_8N_4O_4$], le colorant bleu produit par la bactérie ; échantillons de coton, laine et soie teints avec la bactérie.

Cette première partie a montré que la teinture est un processus complexe et rigoureux qui dépend de la nature chimique des fibres et des sources colorantes.

[19] https://www.atcc.org/products/19706

La prochaine section est consacrée aux origines, à l'histoire et aux structures chimiques de ces différentes familles de colorants textiles pour cerner ce qui les distingue et justifie leurs spécificités d'application.

2.2 Les trois grandes classes de colorants textiles : origines, histoire et structures chimiques

Toutes les teintures sont des matières colorantes organiques, explorées au sein d'une branche spécifique des sciences : la chimie organique.

Michel Garcia la définit comme la chimie du vivant, ou encore la chimie du carbone, élément central de cette discipline. Il explique que le carbone organique peut être issu du CO_2 transformé en tissus biologiques par les plantes et les microorganismes, ou provenir de ressources fossiles, comme le charbon et le pétrole. Ces derniers sont issus de la décomposition de matière organique, principalement végétale, produite par des organismes photosynthétiques, comme les cyanobactéries et autres microorganismes, fossilisés au cours de millions d'années pour former d'immenses réservoirs de ressources dans lesquels nous puisons aujourd'hui (M. Garcia, communication personnelle, 21 juillet 2024).

L'enjeu de la toxicité des teintures est commun aux arts et aux sciences. Johann Sosoe explique ainsi qu'une molécule organique, qu'elle soit naturelle, synthétique ou biotechnologique, est principalement composée de carbone, hydrogène, azote et oxygène (C, H, N, O), ainsi que d'autres éléments essentiels en plus faible quantité. Pour simplifier son explication, Sosoe compare une molécule organique à un édifice dont les briques de construction sont C, H, N et O. La proportion et la manière dont ces quatre éléments sont liés dans une molécule lui confèrent son identité unique et déterminent les propriétés des matériaux, y compris celles des teintures et des textiles. Cette construction moléculaire s'applique aux trois principales classes de colorants : naturels, synthétiques et biotechnologiques. Les formules et structures moléculaires sont utiles d'une part, pour identifier l'origine d'un colorant retrouvé sur des textiles anciens – origine végétale pour l'alizarine de la garance, ou $C_{14}H_8O_4$, composée de 14 atomes de carbone, 8 atomes d'hydrogène et 4 atomes d'oxygène –, notamment grâce à la spectrométrie de masse et d'autre part, pour reproduire les recettes de nuances désirées (J. Sosoe, communication personnelle, 19 avril 2024).

Les éléments C, H, N et O sont omniprésents et jouent un rôle fondamental dans les systèmes biologiques. Ils composent à la fois les organismes vivants et les produits manufacturés, dont les textiles. La structure moléculaire de ces derniers affecte directement leur capacité d'absorption des colorants ainsi que leur résistance à l'usure. Par conséquent, toute discussion sur les teintures est intrinsèquement liée aux fibres qui les supportent. Les textiles ne sont donc pas de simples supports passifs, mais plutôt des structures complexes dont les propriétés sont directement influencées par

leur composition chimique. Par exemple, les structures moléculaires des fibres naturelles animales sont composées de protéines : la kératine pour la laine et la fibroïne pour la soie. Ces fibres protéiques permettent une meilleure fixation des molécules colorantes car elles interagissent mieux avec les molécules organiques grâce à leur structure plus poreuse et réactive que les fibres végétales comme le coton et le lin. Celles-ci sont principalement formées de cellulose, qui est composée d'unités de glucose assemblées en polymère. Un polymère est une macromolécule générée par l'assemblage de molécules plus petites servant d'unités de construction (monomères). Les monomères sont comparables à des perles assemblées pour faire un collier qui représente le polymère. Du côté des fibres synthétiques, les polyesters et les nylons sont aussi des familles de polymères qui sont produits par l'humain grâce à la synthèse chimique.

2.2.1 Les colorants naturels : un usage millénaire

Dominant l'artisanat textile depuis la préhistoire, et notamment le Néolithique (6000-3200 avant notre ère), les colorants naturels ont été la seule source de couleur jusqu'à la découverte fortuite de la mauvéine par William Perkin en 1856. Cet événement a inauguré l'ère des colorants synthétiques, qui ont par la suite graduellement supplanté leurs prédécesseurs naturels.

Les colorants naturels sont classés selon leur composition chimique et leur structure moléculaire. Les principaux sont les flavonoïdes (gaude), les quinones (garance), les indigoïdes (indigo) et les tanins (noix de galle). Ils se distinguent aussi par une classification technique selon leur mode d'application. Par exemple, les colorants substantifs se fixent sans mordançage (thé, curcuma, oignon), les colorants à mordant nécessitent un mordançage pour se fixer durablement (garance, gaude) et les colorants de cuve nécessitent une réduction chimique (indigo). La majorité des colorants naturels sont des colorants à mordant et sont principalement issus de végétaux (racine, feuille, écorce, bois, fruit, fleur), parfois aussi d'insectes (cochenille, laque, kermès), de mollusques, de lichens et de champignons.

Les travaux de Dominique Cardon ont contribué de manière significative à la redécouverte et à la préservation de techniques traditionnelles utilisées avant l'avènement des colorants synthétiques. Dans l'ouvrage *Le monde des teintures naturelles,* elle répertorie les principes tinctoriaux de plus de 400 plantes, de lichens, de champignons et d'une quarantaine d'animaux du monde entier. L'autrice explique que les pratiques tinctoriales ont commencé par le glanage, puis par la sélection des plantes les plus performantes en termes de vivacité et de solidité, pour ensuite passer de la cueillette à l'agriculture (Cardon, 2014).

Note de chercheur : Pour approfondir la connaissance de la chimie des colorants naturels et de leurs composés tinctoriaux, je recommande le chapitre de son livre qui recense près de 300 structures moléculaires classées par familles de composés organiques : les quinones (dont les anthraquinones telles que l'alizarine extraite de la garance des teinturiers), les flavonoïdes (dont les flavones, flavonols, isoflavones et anthocyanes), les caroténoïdes et les tanins (dont les gallotanins).

Cette section présente quelques structures moléculaires de plantes tinctoriales donnant les trois couleurs primaires les plus anciennes et les plus solides à la lumière : le jaune extrait de la gaude, le rouge extrait de la garance et le bleu extrait de l'indigo. Ces dernières sont qualifiées de « grand-teint » pour leur grande stabilité à l'usure et au lavage.

Les jaunes sont généralement issus de la famille des flavonoïdes (du latin *flavus*, jaune). C'est l'une des teintes plus répandues dans le monde végétal. Elle se divise en deux groupes : les flavones, en particulier la lutéoline, assez stable à la lumière (fig. 2.9) et les flavonols, plus sensibles aux rayons UV. On les trouve dans de nombreuses plantes, dont la gaude, la verge d'or du Canada, la sarrette des teinturiers, le genêt des teinturiers et dans des bois tinctoriaux comme le fustet[20].

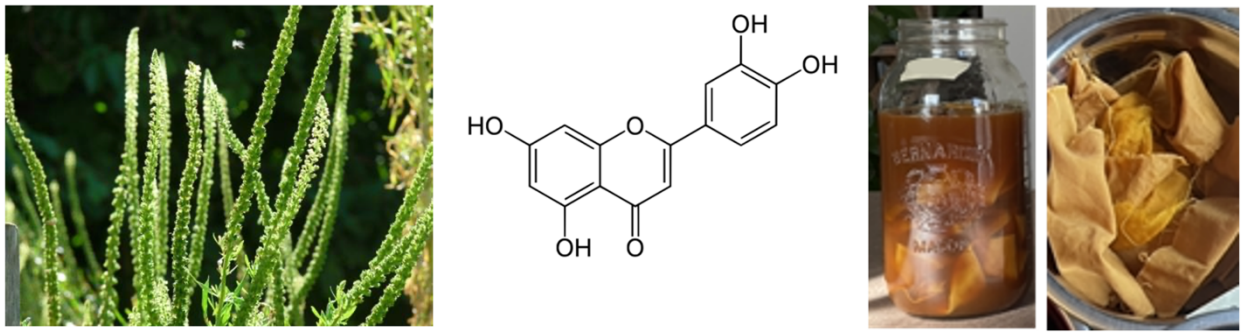


Figure 2.9 La gaude : de la plante à la teinture. De gauche à droite : plante tinctoriale (*Reseda luteola*) dont les feuilles et les graines sont utilisées pour extraire la lutéoline, le principal composé colorant jaune (© P. Brenac, Green'Ing) ; structure moléculaire de la lutéoline ($C_{15}H_{10}O_6$) ; échantillons de laine et de coton teints avec de l'extrait de gaude.

Les rouges sont majoritairement issus de plantes de la famille des rubiacées, dont la garance des teinturiers (fig. 2.10). Cette plante tinctoriale, la plus anciennement mentionnée, a été retrouvée sur des fils de laine issus de fouilles archéologiques datant de l'âge du Bronze (vers 2000 avant notre ère) dans le désert du Taklamakan, en Chine (Cardon & Brémaud, 2023). Les analyses chromatographiques de ces vestiges ont révélé la présence d'alizarine, un pigment organique issu de la racine de garance. Cette famille comprend des milliers d'espèces offrant une ressource

[20] Le livre *Le monde des teintures naturelles* offre un éventail enrichi des sources de colorants jaunes et de leurs propriétés (Cardon, 2014).

majeure en quinones (anthraquinones, benzoquinones, naphtoquinones), qui sont des composés organiques colorés présents dans la nature.

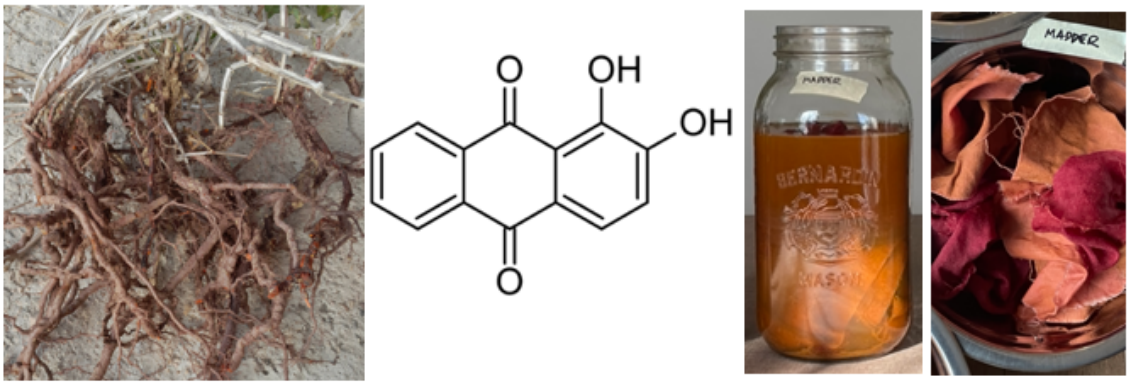


Figure 2.10 La garance : de la racine à la teinture (2024). De gauche à droite : racine de garance (*Rubia tinctorum*), dont on extrait l'alizarine, le composé colorant rouge principal (©P. Brenac, Green'Ing) ; structure moléculaire de l'alizarine ($C_{14}H_8O_4$) ; échantillons de laine et de coton teints avec de l'extrait de garance ; la garance donne des rouges variés selon plusieurs variables : nature de la fibre, ratio plante/mordant, pH, temps et température du bain.

Les bleus sont obtenus à partir de plantes à indigo dont la plus couramment utilisée en teinture est l'indigotier (*Indigofera tinctoria*). Cette variété est originaire d'Asie tropicale, notamment de l'Inde, de la Chine et de l'Indonésie, car elle nécessite un climat chaud et humide pour bien se développer. Au Québec, on cultive plutôt l'indigo japonais (*Persicaria tinctoria*) alors que dans le sud de la France, on cultive le pastel des teinturiers (*Isatis tinctoria*), qui était la source principale d'indigo en Europe avant l'importation de l'indigo tropical. Contrairement à la gaude et la garance, qui sont des colorants nécessitant un mordançage, l'indigo est un colorant de cuve. Pour produire sa couleur bleue, l'indigo a besoin d'un agent réducteur (fructose, bananes, dates, henné, sulfate de fer) et d'un alcalin (chaux). Dans cette cuve basique et anaérobique, l'indigo est présent sous une forme réduite, jaune verdâtre. Une fois la fibre sortie du bain, l'oxygène la bleuit.

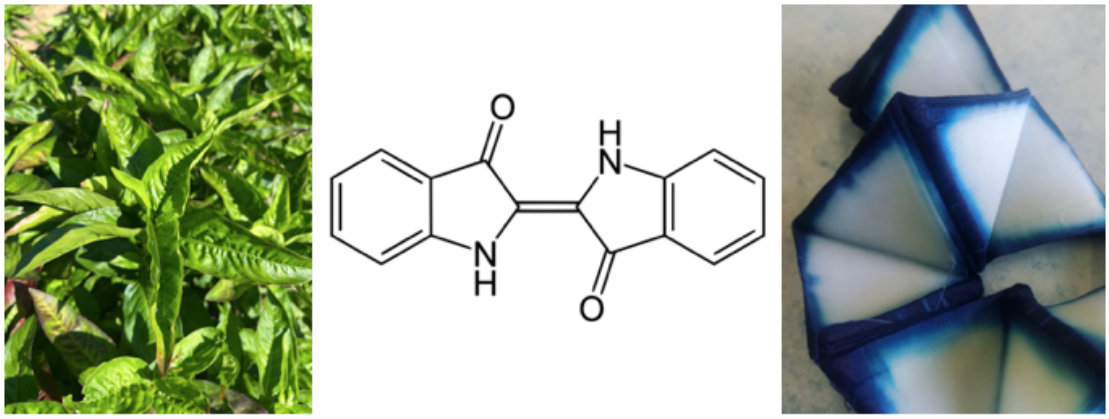


Figure 2.11 L'indigo : de la plante à la teinture. De gauche à droite : plante à indigo japonais (*Persicaria tinctoria*), dont on utilise les feuilles pour faire la teinture ; structure moléculaire de l'indigotine ($C_{16}H_{10}N_2O_2$) ; échantillon de coton teint à l'indigo réduit à la banane.

Les couleurs foncées telles que les bruns, les gris et les noirs sont principalement obtenues en utilisant des végétaux riches en tanins avec l'ajout de sels de fer. Toutes les teintures aux tanins présentent une grande solidité à la lumière et au lavage. L'un des tanins les plus utilisés est la noix de galle issue du chêne (fig. 2.12).

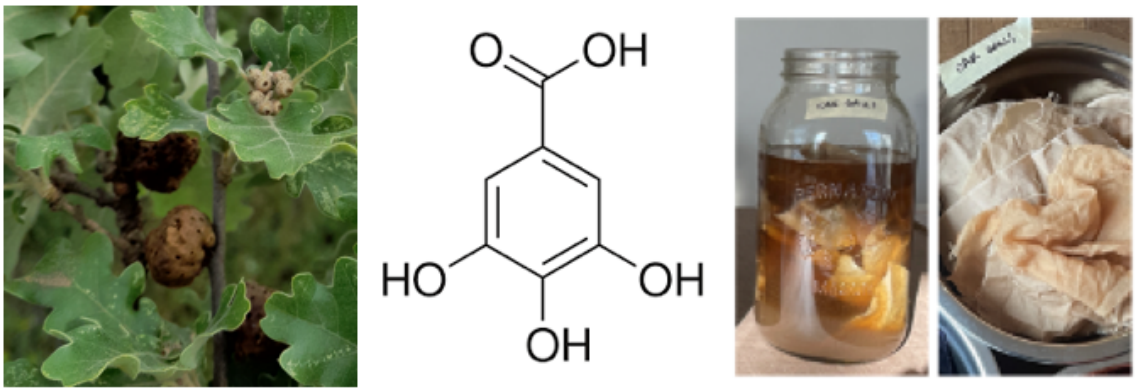


Figure 2.12 Noix de galle : de l'arbre au mordant. De gauche à droite : noix de galle sur branche de chêne blanc (*Quercus pubescens, Willd.*), résultant de la réaction de l'arbre à la piqure d'une guêpe ; structure moléculaire de l'acide gallique ($C_7H_6O_5$), composant clé de certains tanins ellagiques, dont la noix de galle, utilisée comme mordant végétal ; échantillons de laine et de coton teints avec ces noix, utilisables comme mordant ou colorant.

En teinture végétale, les couleurs s'obtiennent en superposant les trempages dans divers bains colorés. Paul Gout, maître-teinturier languedocien de la seconde moitié du XVIII^{e} siècle, créait ses tons de verts et de violets en surteignant des « pieds » de bleu (indigo ou pastel) avec de la gaude ou de la garance (Cardon & Brémaud, 2023).

Note de chercheur : Lors d'un atelier de teintures naturelles avec Kathy Hattori, j'ai expérimenté la technique des pieds de couleurs. La figure 2.13 illustre dans la ligne du bas cinq échantillons de laine teints à la noix de galle. Le premier montre la couleur de base (le pied de noix de galle, couleur rosée), le deuxième avec une surteinture[21] de bois de campêche, un arbre d'Amérique centrale dont le principal composé colorant est l'hématoxyline, une molécule tinctoriale donnant des couleurs allant du violet au noir. Le troisième montre la noix de galle après un post-bain basique avec du carbonate de sodium et une surteinture au sumac des teinturiers (*fustic, Maclura tinctoria*), un arbre d'Amérique centrale dont le principal composé colorant est la morine, (un flavonoïde donnant du jaune), le quatrième, après un post-bain à l'acide citrique et une surteinture à la garance (rouge) et le cinquième, après un post-bain ferreux, ce qui a donné un gris.

[21] La surteinture consiste à teindre un textile déjà coloré pour enrichir ou modifier sa couleur initiale.



Figure 2.13 Cahier de notes et d'échantillons d'atelier.

Cette section a exploré la façon dont les couleurs primaires (jaune, rouge, bleu), à la base de toutes les autres teintes, peuvent être obtenues à partir de plantes. Elle a aussi abordé la modulation des couleurs avec des tanins, des variations de pH et de sels ferreux pour obtenir des nuances plus foncées. Leur solidité ou leur fugacité à la lumière sont liées à leur structure moléculaire ainsi qu'à la préparation des tissus à teindre. Il est dès lors d'autant plus pertinent pour le designer d'acquérir des connaissances en chimie ou de collaborer avec des chimistes lors de la conception de teintures, car ce sont précisément les structures moléculaires et les liaisons chimiques qui expliquent les propriétés physiques de ces molécules colorantes.

Certaines molécules colorantes naturelles, telles que l'indigotine de l'indigo, les flavonoïdes de la gaude, les anthraquinones de la garance ou encore les tanins des noix de galle, affichent une bonne résistance à la lumière. D'autres, en revanche, comme les anthocyanes issues des baies ou du chou rouge, ainsi que la curcumine du curcuma, demeurent sensibles aux rayons UV. Cependant, la

majorité des teintures naturelles correctement mordancées offrent une solidité à la lumière tout à fait convenable (cf. section 2.1.1.5).

Note de chercheur : Lors de mes entrevues avec les experts en teintures végétales, j'ai remarqué que plusieurs d'entre eux avaient une double formation de chimiste, de biologiste, de coloriste, d'agronome ou d'horticulteur. C'est le cas de Patrick Brenac (Green'Ing) spécialisé en extraits colorants végétaux, du biochimiste-teinturier Bosco Henriques (BioDyes India), de l'agronome Anne de la Sayette, du botaniste Tristan Lienhard (AppleOak FibreWorks) et de Michel Garcia, passionné par la chimie du vivant.

Ainsi la conception de teintures ne se résume pas aux molécules colorantes. La préparation de la fibre pour fixer durablement les couleurs aux textiles (pré-mordançage, mordançage) est également au cœur des discussions.

La section suivante explique comment les teintures naturelles utilisées depuis des millénaires dans toutes les régions du monde ont été rapidement supplantées par les teintures synthétiques.

2.2.2 Les colorants synthétiques : du XIX^{e} siècle à nos jours.

La découverte des premiers colorants synthétiques au milieu du XIX^{e} siècle a suscité un engouement bien compréhensible car ils offraient une facilité d'utilisation nouvelle, économe et riche en couleurs vibrantes jusque-là inégalées. Malgré leur instabilité initiale à la lumière et au lavage, les chercheurs ont tenté de pallier ces faiblesses, car ces teintures synthétiques permettaient d'obtenir des résultats prévisibles, à des prix compétitifs indépendamment des aléas climatiques et des fluctuations politiques et commerciales (Lalonger, 2002).

Dérivés du pétrole, leur développement correspond à l'avènement de l'éclairage et du chauffage au gaz des premières décennies du XIX^{e} siècle. En effet, la production de ce combustible générait d'importantes quantités de résidus, dont le goudron de houille, constitué entre autres de benzène et d'aniline, deux molécules simples ayant une structure chimique qui leur confère leurs propriétés colorantes et une grande stabilité (cf. Annexe B). Les chimistes utilisaient ces ingrédients comme matières premières pour la préparation de diverses substances comme des médicaments et des colorants. C'est d'ailleurs en cherchant un médicament contre le paludisme (malaria) que le jeune chimiste britannique William Henry Perkin a découvert la mauvéine (1856). Alors qu'il voulait synthétiser la quinine[22] à partir d'aniline, Perkin a synthétisé par accident un colorant violet considéré comme le premier colorant de synthèse produit à échelle industrielle (David, 2015). Cette découverte a ouvert la voie au développement de nombreux autres colorants synthétiques et a marqué le début de l'essor de l'industrie chimique.

[22] Composé organique extrait d'un arbre exotique coûteux dont les Anglais détenaient le monopole.

En parallèle de la conception de nouvelles teintures synthétiques, les chimistes du XIX^{e} siècle étudiaient la reproduction par synthèse des colorants naturels comme la garance et l'indigo. Leur objectif était de s'affranchir des contraintes liées à la production agricole, d'augmenter les volumes et de réduire les coûts. En 1868, les chimistes allemands Carl Graebe et Carl Liebermann ont réussi la première synthèse de l'alizarine, le composant majeur du rouge de garance (*Rubia tinctorum*), à partir de l'anthracène, un hydrocarbure issu du goudron de houille. Ce succès a été rapidement suivi par la production industrielle d'alizarine synthétique. Une décennie plus tard, en 1878, Adolf von Baeyer obtient la première synthèse de l'indigo, amorçant ainsi la production synthétique de ce colorant bleu emblématique. Ces avancées ont révolutionné l'industrie des colorants et entraîné le déclin rapide de la culture des plantes tinctoriales. La production d'alizarine synthétique a rapidement supplanté celle de la garance : en 1878, la production synthétique équivalait déjà à 30 000 tonnes de garance, alors que la production naturelle française n'était plus que de 500 tonnes (Lalonger, 2002).

Après avoir retracé la genèse des colorants synthétiques, la section suivante aborde leur classification et présente l'historique de leur développement.

2.2.2.1 Typologie des colorants synthétiques

Les colorants synthétiques sont nommés et catégorisés différemment selon les disciplines. Les designers et les fabricants utilisent un langage chromatique universel et standardisé de couleurs, basé sur leur aspect esthétique[23]. Par exemple, un bleu spécifique est codifié sous une référence Pantone unique composée d'un numéro et d'un nom de couleur (Pantone 15-5217 TCX Blue Turquoise). Les fabricants-teinturiers, quant à eux, les nomment plutôt selon leurs applications techniques et la nature des fibres à teindre : acides, réactifs, directs ou dispersés pour n'en nommer que les principaux. Ainsi, la majorité des colorants directs et des colorants réactifs sont utilisés pour teindre les fibres cellulosiques naturelles (coton, lin, chanvre, ramie) et régénérées (rayonne/viscose, Tencel, modal, bambou), même si certains colorants réactifs peuvent aussi teindre des fibres protéiques (laine, soie). Les colorants acides teignent les fibres protéiques et les polyamides, alors que les colorants dispersés colorent les fibres synthétiques.

Les chimistes utilisent pour leur part un système de nomenclature universel régi par l'Union internationale de chimie pure et appliquée (IUPAC). Ce système permet d'attribuer un nom unique décrivant la composition et la structure de chaque molécule. Par exemple, le 4-(4,5-dihydro-1H-pyrrol-2-ylazo)-5-hydroxy-2-naphtalenesulfonic acid désigne la structure chimique du colorant azoïque Acid Yellow 23

Dans l'usage courant, les molécules tinctoriales sont souvent classifiées en fonction de la nature de leurs chromophores, qui sont leurs groupes d'atomes, ou groupements fonctionnels, responsables

[23] Pantone TCX (Textile Cotton eXtended), un système de couleurs sur coton standardisé pour l'industrie textile.

des couleurs que nous percevons. Les chimistes et les fabricants parlent ainsi de colorants azoïques, anthraquinoniques, phénoliques, indigoïdes ou encore sulfuriques.

D'après les recherches du chimiste suisse Heinrich Zollinger (1919-2005) publiées dans *Color Chemistry* en 1987, les colorants acides développés à la fin du XIX^{e} siècle nécessitaient des sels d'aluminium, appelés mordants acides, agissant comme catalyseurs pour la fixation du colorant sur les fibres. Les colorants acides modernes s'appliquent sans mordançage bien que certains contiennent encore des sels métalliques. Le sel de Glauber (sulfate de sodium) et le vinaigre sont utilisés dans les bains pour favoriser le lien du colorant avec la fibre. Ils sont appréciés pour leur polyvalence et leur capacité à produire une large gamme de couleurs vibrantes et solides sur les fibres protéiques (laine, soie) et les polyamides synthétiques (nylon).

Les colorants directs, aussi désignés colorants substantifs pour leur capacité à teindre les fibres cellulosiques sans mordant, sont faciles d'emploi. En ajustant les procédures, ils sont aussi utilisables pour teindre et imprimer la soie et la laine. Ils forment cependant des liens faibles avec la fibre, résultant en une solidité limitée à la lumière et au lavage. Le sel ordinaire (chlorure de sodium) ou le sel de Glauber (sulfate de sodium) sont utilisés dans les bains pour favoriser le lien du colorant avec la fibre (Crowder & Vinroot, 1993). Le premier colorant direct, Sun Yellow, a été développé en 1883 par J. Walther (Zollinger, 1987).

Les colorants dispersés, développés dans les années 1920-1930, sont utilisés pour teindre les fibres synthétiques hydrophobes comme le polyester ou l'acrylique en pénétrant dans la fibre sous l'effet de la chaleur. Ne se liant pas chimiquement aux fibres textiles, leurs molécules lipophiles – ayant une affinité avec les corps gras – sont susceptibles de se détacher du tissu et traverser facilement les membranes grasses de la peau lorsqu'elles sont portées, frottées ou exposées à la chaleur et l'humidité. Environ 60 % des colorants dispersés sont des colorants azoïques (Malinauskiene et al., 2013).

Les colorants réactifs, développés dans les années 1950, sont utilisés pour teindre les fibres cellulosiques. Ils établissent des liaisons covalentes avec les fibres textiles, c'est-à-dire que deux atomes partagent une ou plusieurs paires d'électrons, formant des liaisons très fortes qui améliorent ainsi la stabilité des couleurs et leur résistance aux lavages. Contrairement aux colorants traditionnels qui adhèrent aux fibres par des interactions physiques (absorption ou adhésion mécanique), les colorants réactifs réagissent chimiquement avec les groupes fonctionnels présents dans les fibres textiles, comme les hydroxyles (-OH) des celluloses ou les amines (-NH_2) des protéines de la laine ou de la soie (Storey, 1994).

Enfin les colorants azoïques sont les plus répandus dans l'industrie textile. Ils représentent 60 à 80 % de l'ensemble des matières colorantes organiques en raison de leur synthèse relativement simple, à haut rendement et propice à la préparation rapide et facile d'une large palette de couleurs.

Leur structure moléculaire implique une fonction chimique azo (-N=N-) reliant souvent deux noyaux aromatiques (cf. Annexe B). Le premier colorant azoïque à avoir été industrialisé est l'Aniline Yellow en 1861. Les colorants azoïques peuvent être appliqués sur une variété de fibres naturelles telles que le coton, la laine, la soie, la viscose, ainsi que sur les fibres mélangées comme le polyester-coton.

Contrairement aux colorants précédemment cités, les colorants azoïques représentent une classe chimique « structurelle » de colorants et non « applicative » comme les classes décrites jusqu'ici (G. Boissonnat, communication personnelle, 23 juillet 2024). Ainsi, la classification des colorants peut sembler complexe car elle repose sur deux logiques distinctes. D'une part, les colorants sont regroupés selon leur mode d'application (direct, réactif, acide, dispersé). D'autre part, ils sont classés selon leur structure chimique. La plus importante de ces familles est celle des colorants azoïques qui ne forment pas une catégorie d'application à part, mais qui traversent les autres. Ainsi, il existe des colorants azoïques réactifs, directs, acides et dispersés.

Comme la toxicité des colorants azoïques est de plus en plus décriée (Alzain et al., 2023 ; Brüschweiler & Merlot, 2017 ; Carvalho da Cruz Brambilla et al., 2019), les industriels manifestent un intérêt grandissant pour répondre à l'attente de consommateurs en quête de pratiques plus durables. Ainsi, de nouveaux colorants voient régulièrement le jour. L'article *Colorisation : Innovation dans la teinture durable* (2025) présente une sélection de colorants « à faible impact », « dispersés écologiques », aux « ultrasons » ou encore « cationiques ». Ces nouveaux colorants désignent des teintures synthétiques conçues ou sélectionnées pour leur moindre impact environnemental par rapport aux colorants conventionnels. Ces colorants visent une meilleure fixation sur la fibre, une moindre toxicité, une réduction des substances préoccupantes (métaux lourds, amines aromatiques) et une compatibilité avec des procédés économes en eau et en énergie. Leur performance environnementale doit toutefois être évaluée au cas par cas, à l'aide d'outils d'analyse du cycle de vie ou de certifications telles que OEKO-TEX® Standard 100, GOTS ou Bluesign.

Ces trois écolabels se distinguent par leur approche : le premier certifie l'absence de substances nocives dans les produits finis, le second encadre toute la filière textile selon des critères biologiques et environnementaux, tandis que le troisième se concentre sur la gestion des procédés industriels pour réduire l'impact chimique, en particulier celui des colorants.

Il est important de rappeler que cette recherche s'inscrit dans le champ du design, et non de la chimie ou de la toxicologie. Elle ne vise ainsi pas à analyser en détail la composition et l'impact de chacune des milliers de molécules colorantes actuellement disponibles sur le marché textile. C'est pourquoi le recours à des teintures synthétiques certifiées par ces labels reconnus est recommandé. Ces certifications comportent cependant des limites, notamment parce qu'elles

s'appuient souvent sur la réglementation REACH[24] qui ne teste que les substances produites ou importées à plus d'une tonne par an. Ainsi, de nombreuses molécules colorantes en circulation – dont celles utilisées à petite échelle ou récemment développées – échappent encore à une évaluation complète de leur toxicité ou de leur impact environnemental. Cela atténue la valeur des certifications qui s'appuient sur cette base de données, même si elles offrent malgré tout un premier filtre utile pour écarter les substances les plus préoccupantes.

Depuis les années 2010, une troisième classe de colorants produits par des microorganismes, comme les bactéries et les algues, a vu le jour.

2.2.3 Les colorants biotechnologiques : une voie en développement

Depuis la fin des années 1990 et la popularisation du concept de biomimétisme par la biologiste Janine Benyus (1997), les éco-concepteurs s'inspirent de la façon dont la nature produit et recycle les matériaux, sans générer de sous-produits nocifs. Le rapport *The Nature of Fashion* (2021) sur l'approche biomimétique de la mode explique que les écosystèmes naturels se fondent sur trois types d'organismes principaux : les producteurs primaires (plantes tinctoriales et à fibres), les consommateurs (insectes et herbivores) et les décomposeurs (champignons, bactéries) qui maintiennent un équilibre dynamique, régulé par l'énergie solaire, afin de permettre la production de carbone organique. Ce dernier améliore la structure du sol, sa rétention d'eau et sa capacité à stocker les nutriments pour soutenir la biodiversité.

Aujourd'hui, le recyclage de textiles multifibres et de teintures synthétiques interroge, car ces matières ne se décomposent pas en « briques » utilisables dans la production primaire. Au mieux, elles sont dégradées par la lumière ultra-violette (UV), l'usure ou l'oxydation, en microparticules inutiles et en amines aromatiques toxiques qui s'accumulent dans l'environnement (Biomimicry Institute, 2021).

Des colorants réalisés à partir de microorganismes comme des bactéries sont actuellement en développement, notamment dans plusieurs laboratoires de recherche dont le collectif hollandais Living Colour (2016), les start-up PILI en France (2015), ou encore Colorifix (2016) et Faber Future au Royaume-Uni (2018).

L'expertise de Guillaume Boissonnat, co-fondateur de la start-up PILI, illustre le potentiel industriel des colorants biosourcés. PILI travaille sur la production d'un indigo à partir de microorganismes. Issue de la biologie synthétique et de la chimie verte, leur technologie repose sur la culture et la modification génétique de bactéries cultivées dans des bioréacteurs à base d'eau, employant du sucre extrait de la biomasse comme principal nutriment. La fermentation ne nécessite

[24] Registration, Evaluation, Authorization and Restriction of Chemicals) fondée en 2006

ni combustibles fossiles ni intrants toxiques. À la fin de ce processus, les pigments sont séparés par filtration. Boissonnat explique que les micro-organismes se reproduisent très rapidement, générant des milliards d'unités produisant des pigments (G. Boissonnat, communication personnelle, 23 juillet 2024). À titre d'exemple, des bactéries sont utilisées pour fabriquer des molécules aniliques comme l'acide anthranilique, un intermédiaire mono-aromatique 100% biosourcé, que l'entreprise convertit en colorants et pigments indigo à l'échelle industrielle (PILI, 2024).

Le principe consiste à reproduire les molécules colorantes de plantes comme l'indigo en modifiant l'ADN de bactéries. Concrètement, des gènes responsables de la production de pigments, issus de plantes ou d'autres organismes naturels, sont insérés dans ces micro-organismes. Cette avancée n'est pas sans rappeler les premiers pas des colorants synthétiques où la chimie a permis d'imiter la structure moléculaire de l'alizarine – le principal colorant de la garance – pour concevoir la première alizarine synthétique à partir de dérivés du goudron de houille (1869).

Aujourd'hui, la biologie synthétique et la modification de l'ADN permettent donc de produire des colorants en utilisant des microorganismes modifiés à partir de matières premières biosourcées (bactéries et sucres). Cependant, il est encore tôt pour évaluer les externalités positives et négatives de tels procédés. En effet, les premiers jeans teints à l'indigo bactériens de PILI viennent tout juste d'être commercialisés pour la collection printemps 2025 de la marque Citizens of Humanity.

Les colorants biotechnologiques et biosourcés sont encore peu documentés mais ils suscitent un grand intérêt et même un engouement pour ceux qui sont convaincus du potentiel que peut offrir la fermentation pour la production de colorants biologiques (Biomimicry Institute, 2021). D'autres, cependant, s'inquiètent des modifications d'ADN pratiquées par la biologie synthétique, qui prétend « collaborer avec la nature » et utilise le vivant comme une usine de fabrication. Ils craignent une pollution génétique aux conséquences hasardeuses. Ils alertent sur le manque de transparence sur le cycle de vie de ces méthodologies enzymatiques qui nécessitent de grandes quantités de sucre pour nourrir les microorganismes (Burgess, 2019). Johann Sosoe, quant à lui, modère ces doutes envers la biosynthèse. Il explique que le potentiel des organismes vivants de synthétiser et produire des colorants par eux-mêmes en milieu de culture adéquat est très encourageant à condition de rester vigilant. Il rappelle que les plantes aussi renferment une multitude de substances pouvant réagir de manière délétère ou bénéfique – en fonction de la dose d'exposition et de l'individu concerné. Ce qui justifie leur usage abondant en pharmacologie. Il est ainsi important d'étudier rigoureusement l'impact de toute innovation sur la santé et l'environnement sur le long terme (J. Sosoe, communication personnelle, 28 mars 2024).

À ce jour, nous avons encore peu de recul pour évaluer la pertinence de cette biotechnologie en teintures textiles, notamment au niveau de la solidité des couleurs et de leur potentielle toxicité. Cela n'a pas empêché les designers hollandaises Laura Luchtman et Ilfa Siebenhaar (Living

Colour) de collaborer avec la marque de sport Puma dans le projet *Design To Fade* (2020), ouvrant ainsi le débat sur la pérennité des teintures.

Cette réflexion remet en question les préjugés à l'égard des teintures naturelles. Parallèlement, les efforts pour renforcer la solidité des teintures synthétiques les rendent si résistantes qu'elles posent désormais des problèmes environnementaux en raison de leur persistance dans les cours d'eau (Alzain et al., 2023; Carneiro et al., 2010). Dans le cadre de ce travail de recherche je vise un équilibre entre la qualité des teintures, leur durabilité et leur innocuité.

Même si ces informations sur la structure moléculaire des trois classes de colorants peuvent sembler complexes pour les non-scientifiques, elles sont essentielles. Qu'elles soient naturelles, synthétiques ou biosourcées, les couleurs des teintures et leur affinité avec les fibres découlent toutes de leurs propriétés chimiques. Le développement de teintures non toxiques passe donc par la compréhension de ce langage moléculaire.

Dès leur apparition, les colorants synthétiques ont rapidement supplanté les colorants naturels. Dans son livre *De l'indigo à la mauvéine*, Louise Lalonger (2002) décrit plus précisément cette période de transition assez négligée dans l'histoire. Elle offre un aperçu intéressant des techniques et des traditions tinctoriales utilisées, et révèle notamment que les teintures synthétiques montraient au départ une piètre solidité comparée aux teintures naturelles.

Pourquoi les teintures synthétiques sont-elles si largement décriées ? La section suivante invite à comprendre les préoccupations soulevées par les scientifiques.

2.3 Les colorants synthétiques : que leur reproche-t-on ?

Trois enjeux multidimensionnels liés à la toxicité des colorants synthétiques sont abordés ici : l'impact sur l'environnement, l'impact sur le corps humain et le manque de transparence sur leur composition.
Avant d'approfondir le propos, une brève description des colorants azoïques, majoritairement utilisés dans l'industrie textile, est nécessaire.

L'activité biologique des colorants azoïques est soulignée dans de nombreux articles scientifiques (Alabdraba & Albayati, 2014 ; Ayadi et al., 2016 ; Carneiro et al., 2010 ; Overdahl et al., 2023; Patel et al., 2022) et rapports gouvernementaux (Gouvernement du Canada, 2023; Santé Canada, 2012). Les principales inquiétudes concernent leur capacité à générer des métabolites réactifs comme des amines aromatiques (AA), lors de leur dégradation (Chung & Cerniglia, 2000). En fait, c'est la rupture de la liaison entre les deux atomes d'azote centraux (-N=N-) qui libère deux fragments AA, soupçonnés d'être mutagènes, cancérigènes, reprotoxiques et neurotoxiques (Santé Canada, 2012). Leur toxicité est liée à leur capacité d'altérer la structure de l'ADN et de perturber

le fonctionnement cellulaire en provoquant des mutations génétiques. Une fois libérés dans l'eau, dans l'air ou dans l'organisme, ces AA s'accumulent dans les sédiments, la chaîne alimentaire et la poussière. Il est estimé qu'environ 20 % des colorants textiles synthétiques ne se fixent pas aux fibres et sont rejetés dans les eaux usées entraînant d'importantes sources de pollution car les colorants azoïques non fixés aux tissus se retrouvent dans les effluents (Alzain et al., 2023). Leur utilisation est encadrée par des réglementations et fait l'objet de recherches pour identifier des alternatives plus sûres. Néanmoins, la complexité et l'opacité du secteur des colorants synthétiques rendent difficile une évaluation complète de leurs impacts. Ce constat souligne l'importance de renforcer la transparence sur la composition chimique et les procédés de fabrication, tant par les fabricants que par les instances de régulation comme REACH.

2.3.1 L'impact des teintures synthétiques sur l'environnement

Plus de 10 000 types de colorants sont utilisés pour teindre ou imprimer les tissus avec une production annuelle mondiale de près de 800 000 tonnes. Parmi ceux-ci, près de 140 000 tonnes de colorants synthétiques sont relâchées dans l'environnement lors de rejets industriels et domestiques (Ayadi et al., 2016). Cet article examine les effets toxicologiques de 85 colorants textiles synthétiques – dont Disperse Red 82, Disperse Yellow 3, Reactive Red 120 – qui peuvent induire divers effets génotoxiques, mutagènes, cancérigènes et bioaccumulatifs chez les poissons, les algues et les plantes exposées à ces effluents. Les procédés de traitement des eaux actuels ne parvenant pas à les éliminer complètement, certains colorants dispersés mutagènes (Orange 37, Violet 93 et Blue 37, porteurs de groupes nitro, azo et amine) sont présents dans les eaux de rivière et dans l'eau potable. Le traitement des effluents (préchloration, floculation, coagulation et flottation), couramment utilisé par les unités de traitement de l'eau potable (UTEP), n'élimine pas complètement ces colorants (Carneiro et al., 2010). Ils sont en effet difficiles à dégrader en raison de leur grande stabilité photochimique. Bien qu'il s'agisse d'une caractéristique recherchée dans l'industrie textile, celle-ci est potentiellement nocive pour l'environnement. De plus, la demande croissante en colorants entraîne une augmentation de la production d'effluents. Pour les colorants réactifs, entre 2 % et 50 % du pigment ne se fixe pas sur les textiles et se retrouve dans les eaux usées (Patel et al., 2022). Cette contamination environnementale, affectant l'eau, l'air et le sol, constitue une source directe d'exposition pour l'humain.

2.3.2 L'impact des teintures synthétiques sur la santé humaine

Alors qu'en 1856, la découverte de la mauvéine suscitait un grand enthousiasme, certains ingrédients pétrochimiques, dont l'aniline, ainsi que les modes de fabrication des teintures synthétiques se sont vite avérés toxiques (David, 2015). Les premiers signes de toxicité ont été observés chez les travailleurs du textile, sous forme de maladies professionnelles comme l'anilisme. Ces colorants provoquaient aussi l'apparition de réactions cutanées chez les

consommateurs. Un article britannique de 1859 décrit des éruptions mauves causées par le port de vêtements teints à la mauvéine :

> *One of the first symptoms by which the malady declares itself consists in the eruption of a measly rash of ribbons, about the head and neck of the person who has caught it. The eruption, which is a mauve colour, soon spreads, until in some cases the sufferer becomes completely covered with it (*The Mauve Measles, Punch, Saturday*, August 20, 1859,* cité dans David, 2015*).*

Malgré ces signaux alarmants et précoces, la production de teintures synthétiques a connu une croissance continue depuis 150 ans. Pourtant, une large part de l'opinion publique ignore que ces substances sont majoritairement des dérivés de la pétrochimie. Or, en tant que molécules de synthèse étrangères aux systèmes biologiques, elles sont susceptibles d'interagir avec les écosystèmes et la santé humaine. C'est justement ce potentiel d'interaction qui rend problématique le déficit de transparence et le respect limité du « principe de précaution » associés aux colorants synthétiques. Cette approche, qui consiste à prévenir d'éventuels dommages, est aujourd'hui largement appliquée en Europe où un produit potentiellement toxique est considéré comme tel jusqu'à ce que sa sécurité soit démontrée. En revanche, aux États-Unis, il faut prouver sa nocivité avant de le réglementer (Goleman, 2009). Le Canada[25] adopte, quant à lui, une approche plus prudente que les États-Unis mais ne va pas aussi loin que l'Europe dans l'application du principe de précaution. Le pays semble privilégier une évaluation au cas par cas, basée sur les preuves scientifiques disponibles, tout en maintenant une surveillance continue et en s'adaptant aux nouvelles données.

Les risques de toxicité des molécules cancérigènes, mutagènes et reprotoxiques (CMR) associées à certains colorants azoïques ne sont généralement pas aigus, mais plutôt liés à une exposition chronique à de faibles concentrations (Goleman, 2009). Cette période de latence rend compliqué l'établissement de liens « de cause à effet » pour incriminer une molécule. Goleman insiste sur l'importance de développer une vigilance accrue aux liens cachés qui opèrent entre le monde matériel et le vivant. Cela permettrait de détecter les subtilités complexes de leurs impacts souvent invisibles, pourtant bien documentés. D'ailleurs, entre 2012 et 2022, plusieurs études de Santé Canada ont mis en évidence le défi environnemental et sanitaire que représentent les colorants azoïques. Ces observations soulignent la pertinence de développer une littératie écologique textile.

Les risques écotoxiques et sanitaires de l'industrie textile sont multifactoriels. Ils proviennent d'une part des nombreuses substances auxiliaires employées lors de la fabrication des textiles et de leur

[25] https://www.canada.ca/fr/sante-canada/services/substances-chimiques/fiches-renseignements/en-bref/certains-colorants-azoiques-disperses.html. Consulté le 18 mars 2025.

ennoblissement. Par exemple, le formaldéhyde (agent anti-froissage), les métaux lourds (colorants) et les nanomatériaux (propriétés antimicrobiennes) sont intégrés aux textiles pour améliorer leurs performances. Toutefois, leur toxicité pose de graves problèmes, causant une pollution persistante des écosystèmes aquatiques et terrestres, ainsi que des risques sanitaires importants pour l'humain. En effet, certaines de ces substances sont reconnues comme perturbateurs endocriniens. C'est le cas des encres plastisols à base de polychlorure de vinyle (PVC), un plastique couramment utilisé pour réaliser des motifs plastifiés ou des impressions gonflantes sur les textiles, offrant un aspect brillant, un relief ainsi qu'une bonne résistance. Ces derniers sont particulièrement problématiques en raison des phtalates et des nonylphénols éthoxylés (NPEs) qu'elles libèrent. Une fois dans l'eau, les NPEs se dégradent en nonylphénol (NP), un perturbateur endocrinien qui s'accumule dans les sédiments et peut pénétrer la chaîne alimentaire. De plus, les phtalates et les colorants azoïques, utilisés dans plus de 70 % des vêtements, présentent des propriétés mutagènes, posant des risques cancérigènes et hormonaux (ADEME, 2024).

Si le risque est avéré, la question des voies d'exposition et de pénétration dans l'organisme devient primordiale. Élucider cette question impose au préalable d'identifier les substances réellement présentes dans les textiles teints et de comprendre leurs mécanismes d'interaction avec le corps humain. C'est précisément l'objectif des analyses en laboratoire qui suivent.

2.3.3 À la croisée de la science et du design : décryptage et expérimentation

Cette section marque un passage de la synthèse théorique à une immersion pratique au cœur de la démarche scientifique. L'objectif n'est pas de produire des données toxicologiques inédites mais de comprendre, en tant que designer, comment la connaissance sur la toxicité des colorants se construit, s'interprète et se matérialise.

Au début du parcours doctoral, deux études réalisées sous la supervision de la chercheuse en santé environnementale Larissa Takser m'ont aidée à explorer les impacts biologiques des colorants. Elles se sont appuyées sur une revue de littérature en écotoxicologie textile. Cette phase de recherche a montré que l'inhalation, l'ingestion et l'absorption cutanée sont les trois principales voies d'exposition aux molécules synthétiques présentes dans les textiles et les colorants. Ces substances peuvent ainsi pénétrer dans le corps humain, où leur présence est de plus en plus documentée. Une récente étude a montré que les colorants dispersés de type azobenzène peuvent être inhalés via la poussière domestique (Overdahl et al., 2023).

Un autre rapport intitulé *Mieux comprendre la migration des substances chimiques contenues dans les produits de consommation* (CCE, 2017) co-écrit par le Dr Sébastien Sauvé, professeur de chimie

environnementale à l'UdeM, souligne le rôle de la sueur comme vecteur de pénétration des PFAS[26] dans l'organisme. Même si ce rapport ne concerne pas les teintures directement, il montre la porosité potentielle de la barrière épidermique. En effet, les colorants azoïques peuvent entrer dans l'organisme grâce aux bactéries du microbiome de la peau, qui les divisent en minuscules particules, augmentant ainsi leur capacité à traverser la barrière cutanée (Nicolai et al., 2021).

De plus, plusieurs colorants azoïques, dont ceux à base d'aniline et d'anthraquinones, sont classés comme CMR. De nombreux rapports scientifiques soulignent leur toxicité pour la vie aquatique et leur mutagénicité pour l'être humain (Alabdraba & Albayati, 2014 ; Swedish Chemical Agency, 2014). Ils peuvent aussi perturber le système hormonal en imitant ou en bloquant les hormones naturelles du corps, entraînant ainsi des troubles de la reproduction, des anomalies du développement, des problèmes métaboliques, des cancers hormono-dépendants et des altérations du système immunitaire (Guillette & Crain, 2000).

L'activité biologique des colorants reste pourtant méconnue des designers, des acteurs de la chaîne d'approvisionnement textile et du grand public. Les erreurs cellulaires liées aux CMR sont qualifiées de « silencieuses » car elles évoluent souvent sans symptômes précoces. La reconnaissance des cancers d'origine professionnelle demeure faible, ne représentant que 4 à 8,5 % des cas selon Santé publique France. Comme le souligne l'INRS[27], cette sous-estimation est d'autant plus préoccupante que d'autres substances comme les agents reprotoxiques peuvent également porter atteinte à la fertilité et au développement de la descendance.

Note de chercheur : Dans le cadre des études dirigées avec Dre Takser, j'ai synthétisé cette revue de littérature sous forme de rapports. Le premier, intitulé *A cancer journey* (2018), montrait la genèse de la formation de tumeurs induites par des perturbateurs endocriniens et des substances cancérigènes, mutagènes et reprotoxiques (CMR). La figure 2.14, extraite de cette étude, présente la succession d'effets induits par l'exposition aux substances CMR, depuis les altérations de l'ADN jusqu'à la perturbation des mécanismes de division et d'autodestruction cellulaire.

[26] PFAS (substances per- et polyfluoroalkylées) : composés chimiques synthétiques très stables, persistants dans l'environnement et potentiellement toxiques pour la santé humaine, utilisés notamment dans les apprêts textiles pour leurs propriétés anti-taches, anti-froissage ou ignifuges.

[27] https://www.inrs.fr/risques/cmr-agents-chimiques/effets-sante.html.

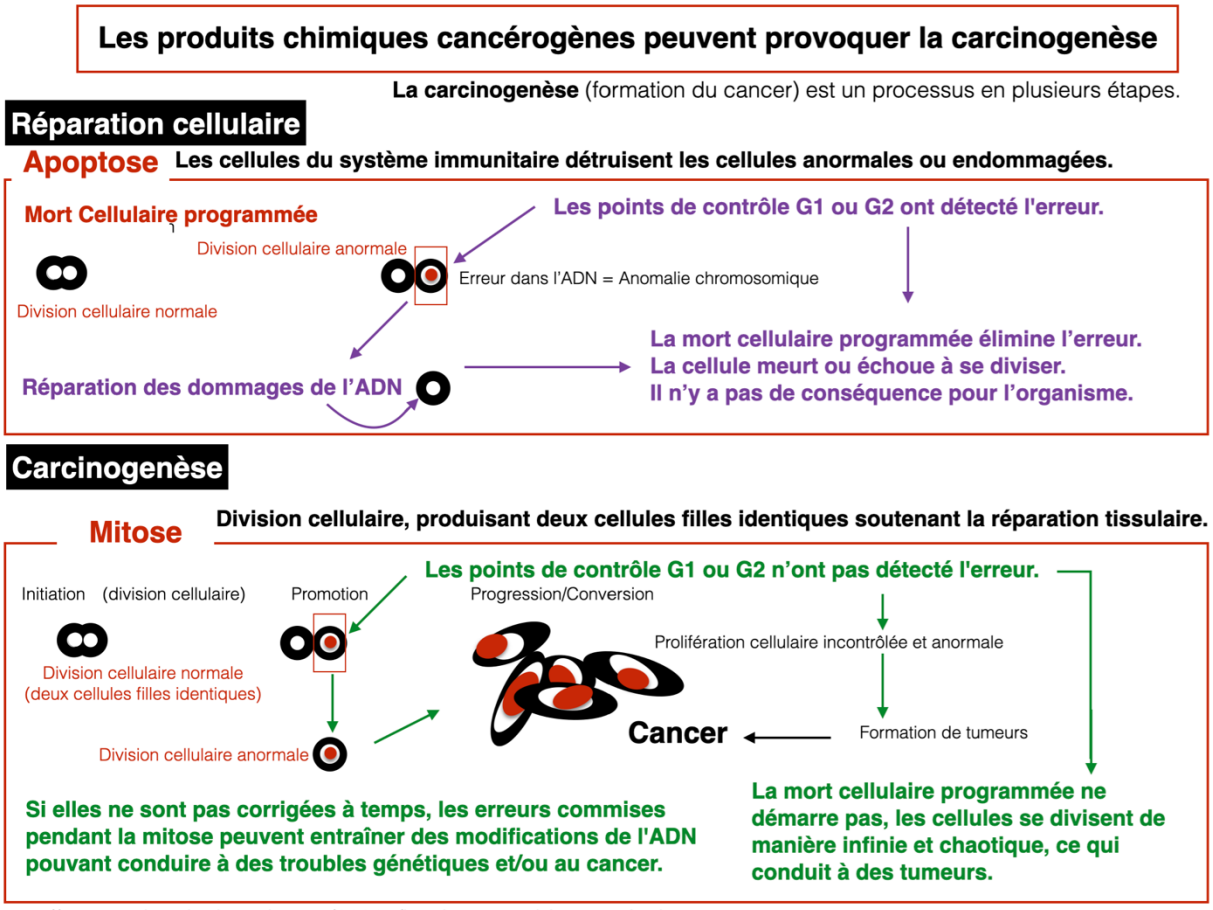


Figure 2.14 Extrait du rapport *A cancer journey*. Schéma du processus de cancérogénèse induit par certains cancérogènes synthétiques. Une exposition prolongée à ces molécules peut provoquer des mutations cellulaires à l'origine d'un cancer.

Cette réflexion critique amène à dépasser l'attrait superficiel d'un vêtement bon marché pour promouvoir davantage de transparence et de prévention. Goleman (2009) propose de révéler les coûts externalisés de nos choix vestimentaires sur l'environnement et la santé humaine. Plus de transparence sur les enjeux sanitaires des colorants synthétiques contribuerait ainsi au développement d'une approche informée des teintures et encouragerait plus d'investissement dans la recherche pour des alternatives moins nocives.

2.3.4 Le manque d'éducation sur la toxicologie des colorants

Dans les années 1980, le chimiste Heinrich Zollinger, alertait sur le manque de publications des structures moléculaires des colorants industriels. Cette nébulosité, souvent justifiée par le prétexte du secret industriel, entravait la dissémination des formules ainsi que la recherche et développement visant leur amélioration. Sans accès aux structures moléculaires précises, il est en effet difficile de comprendre pleinement les propriétés des colorants existants et d'évaluer leur

toxicité potentielle, leur biodégradabilité et leur impact environnemental (Zollinger, 1987). Pourtant, le risque de cancérogénicité d'une exposition chronique aux colorants azoïques est connu depuis des décennies, comme le soulignait dès 1983 le chimiste E. Longstaff (cité dans Zollinger, 1987).

Aujourd'hui, les structures moléculaires sont accessibles aux industriels à travers le *Colour Index*. Cette base de données internationale – fondée par la Society of Dyers and Colourists et l'American Association of Textile Chemists and Colorists – répertorie plus de 27 000 produits classés sous 13 000 noms génériques et numéros de structure chimique qui identifient précisément chaque colorant. Ce langage spécialisé reste malheureusement peu accessible aux non scientifiques, c'est à dire la majorité des acteurs de l'industrie de la mode.
Pour donner une idée de la complexité du monde des colorants, retenons ici que « azoïque » désigne deux réalités distinctes. D'une part, les azoïques appartiennent à une très grande famille de colorants caractérisés par la présence d'une double liaison azo (–N=N–). Cette famille inclut de nombreuses sous-catégories (monoazo, disazo, polyazo) et représente plus de la moitié des colorants synthétiques utilisés dans le textile. D'autre part, ils sont regroupés dans une catégorie spécifique de colorants classés entre les références 11000 et 39999 dans le *Colour Index.*

Exemple de colorant azoïque (synthétique)

- Nom générique CI : *C.I. Acid Red 18*
- Numéro de constitution CI : 16255
- Classe : Monoazo (plage 11000–19999)
- Usage principal : teinture acide pour laine, soie et nylon

Exemple de colorant naturel

- Nom générique CI : *C.I. Natural Red 4*
- Numéro de constitution CI : 75470
- Origine : Cochenille (*Dactylopius coccus*)
- Usage principal : colorant rouge naturel utilisé en alimentation, cosmétique et textile

2.3.5 La nécessité d'un encadrement réglementaire

Il est ainsi primordial de s'intéresser à l'encadrement des substances synthétiques de l'industrie textile. En effet, l'essor industriel de l'après-guerre a vu s'accélérer la production et la commercialisation de milliers de substances chimiques aux effets peu ou pas éprouvés (Jouzel & Lascoumes, 2011).

L'une des premières à populariser les dangers des substances synthétiques sur le vivant a été la biologiste Rachel Carson. Dans son ouvrage *Silent Spring* publié en 1962, elle avertissait le grand public et les gouvernements sur les interactions néfastes de certaines substances synthétiques

(notamment le pesticide dichlorodiphényltrichloroéthane, DDT) avec la faune. Celles-ci provoquant une bioaccumulation de ces contaminants dans tous les organismes vivants. Aux États-Unis, ses travaux ont contribué à la création de l'Environmental Protection Agency (EPA, 1970) visant à réguler la dissémination des substances synthétiques. Ils ont aussi inspiré la fondation de l'ONG Greenpeace International (1971), qui sensibilise les gouvernements et les populations aux problèmes environnementaux à l'échelle mondiale afin d'exercer des pressions pour des améliorations durables et plus de transparence.

En réponse à ces préoccupations et à un besoin de coordination et d'action collective pour relever les défis de la toxicité industrielle, plusieurs organisations internationales analysent, évaluent et catégorisent les colorants. Parmi celles-ci, ETAD[28] (Ecological & Toxicological Association of Dyestuff Manufacturing Industry) fondée en 1974, REACH [29] (Registration, Evaluation, Authorization and Restriction of Chemicals) fondée en 2006 et le programme ZDHC[30] (Zero Discharge of Hazardous Chemicals) créé en 2011.

Si elles visent à favoriser une gestion responsable des produits chimiques utilisés dans l'industrie textile, certaines lacunes persistent quant à l'application de normes environnementales à l'échelle mondiale. Par exemple, ces organisations se concentrent principalement sur les nouvelles substances introduites sur le marché, laissant de nombreuses autres non évaluées. De plus, elles testent surtout les substances chimiques isolément, ce qui ne couvre pas les risques associés aux mélanges de substances. Une molécule considérée inoffensive peut en effet se révéler toxique en interaction avec d'autres, par bioaccumulation ou lors de sa dégradation, complexifiant ainsi l'établissement de lien causal.

Une des initiatives qui guide les industriels et les consommateurs vers des choix plus éclairés est la certification par un écolabel. Depuis les années 1990, plusieurs ont vu le jour comme OEKO-TEX® Standard 100 (1992), Bluesign (2000) et GOTS (2006).

Les considérations liées à l'impact environnemental et sanitaire des teintures et au manque de transparence quant à leur composition ont propulsé la recherche vers des expérimentations pratiques.

2.3.6 Identification de la composition des colorants par spectrométrie de masse

Les premières observations moléculaires de teintures ont été menées au laboratoire de biogéochimie LEGO sous la supervision du Dr Gélinas. Nous avons analysé des échantillons de teintures synthétiques et naturelles en utilisant les méthodes de chromatographie en phase liquide

[28] https://etad.com
[29] https://echa.europa.eu/fr/regulations/reach/understanding-reach
[30] https://www.roadmaptozero.com

(LC-MS) et en phase gazeuse (GC-MS), couplées à la spectrométrie de masse. Ces techniques permettent d'identifier et de quantifier de nombreuses substances. La figure 2.15 montre l'analyse GC-MS de colorants dispersés employés pour colorer du polyester par sublimation.

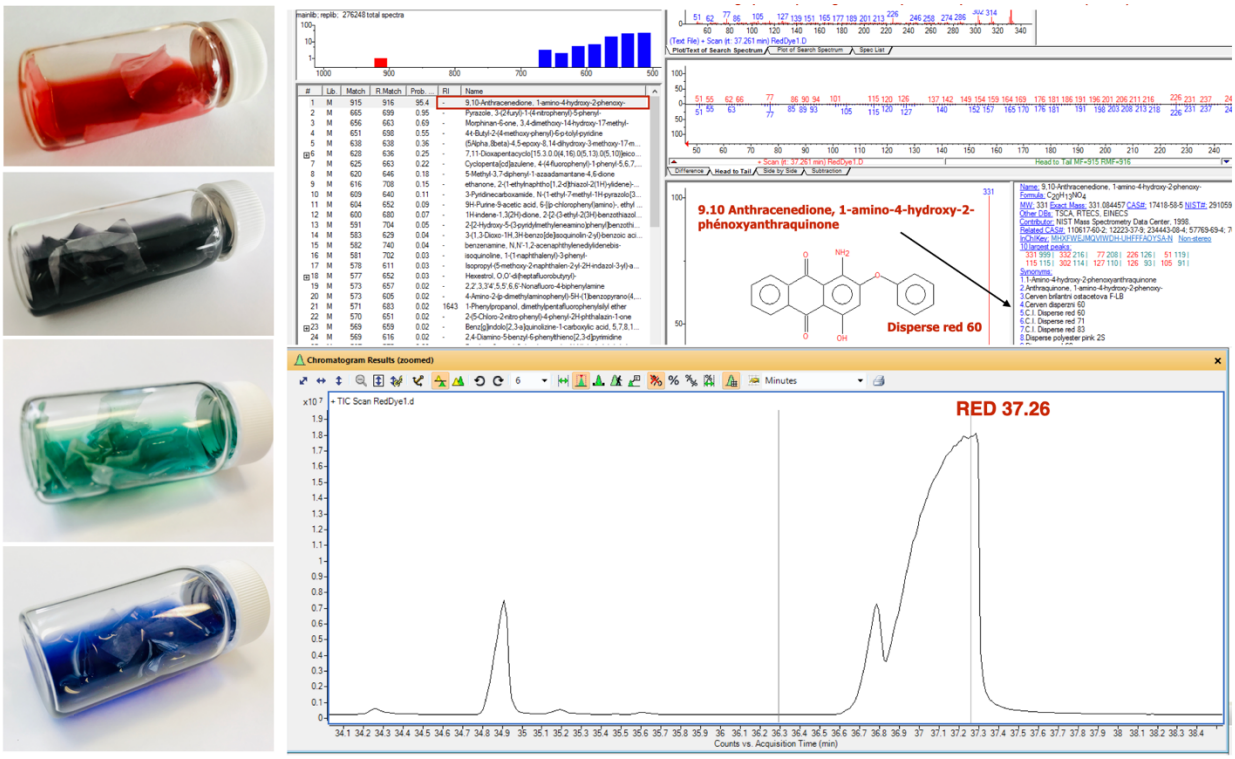


Figure 2.15 Analyses GC-MS de colorants dispersés. Labo LEGO, Concordia (2018). La teinture rouge montre un pic qui signifie qu'une substance se retrouve en grande quantité dans ce colorant. Ce pic indique la présence de 1-amino-4-hydroxy-2-phenoxy-9,10-anthracenedione à 95,4% de pureté dont la structure moléculaire est $C_{20}H_{13}NO_4$.

À droite de la figure, on remarque que la molécule 1-amino-4-hydroxy-2-phenoxy-9,10-anthracenedione possède de nombreux synonymes (tableau 2.1), variant selon les domaines d'utilisation, ce qui complexifie sa traçabilité. Par exemple, dans l'industrie de la teinture, elle est connue sous le nom de Disperse Red 60.

Tableau 2.1 Synonymes de la molécule 1-amino-4-hydroxy-2-phenoxy-9,10-anthracenedione.

- 1-Amino-4-hydroxy-2-phenoxyanthraquinone-anthraquinone
- 1-amino-4-hydroxy-2-phenoxy-
- Cerven brilantni ostacetova F-LB
- Cerven disperzni 60; C.I.
- *Disperse red 60*

- *C.I. Disperse red 71*
- *C.I. Disperse red 83*
- *Disperse polyester pink 2S*
- *Dispersol red B 2B*
- *Duranol brilliant red T 2B*
- *Foron brilliant red E 2BL*
- *Hostatherm pink FBL*
- *Latyl cerise N*
- *Miketon polyester red FB*
- *Ostacet brilliant red E-LB*
- *Palanil red bf; Resiren red tb*
- *Resolin red fb; Resolin red fbe*
- *Resorin red fbe; Samaron pink FBL*
- *Serilene brilliant red 2BL*
- *Serilene red 2BL*
- *Sumikaron red E-FBL*
- *Teraprint; Tersetile rubine FL*
- *Transetile Rubine P-FL*
- 1-Amino-4-hydroxy-2-phenoxyanthra-9,10-quinone
- 1-Amino-4-hydroxy-2-phenoxy-9,10-anthraquinine
- 1-Amino-4-hydroxy-2-phenoxy-9,10-anthraquinine (*Disperse Red 60*)

Le tableau 2.2 présente la section 11 de la fiche de données de sécurité (SDS) du colorant Disperse Red 60[31], relative aux informations toxicologiques. Il met en évidence l'absence de données concernant la cancérogénicité et la toxicité reproductive de cette substance, liée à un manque d'études approfondies. Bien que l'anthracènedione ne soit pas classée à risque pour sa toxicité environnementale dans l'étude d'Environnement Canada sur les anthraquinones réalisée en 2018[32], peu d'études ont évalué l'exposition des travailleurs du textile aux vapeurs émanant du processus de teinture utilisant ces composés.

[31] Fiche de données de sécurité (FDS) du Disperse Red 60, ChemicalBook, révision du 26 avril 2025. https://www.chemicalbook.com/msds/disperse-red-60_2. Consulté le 11 mai 2025.

[32] https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/evaluation-substances-existantes/evaluation-prealable-groupe-anthraquinones.html

Tableau 2.2 Informations toxicologiques du Disperse Red 60.

Propriétés toxicologique	Données	Commentaire
Toxicité aiguë – orale	Oui	LD50 rat (mâle/fem) ≈ 7 000 mg/kg pc
Toxicité aiguë – inhalation	Non disponible	-
Toxicité aiguë – cutanée	Non disponible	-
CorroTsion/irritation cutanée	Non disponible	-
Lésions/irritation oculaire grave	Non disponible	-
Sensibilisation respiratoire/cutanée	Non disponible	-
Mutagénicité - cellules germinales	Non disponible	-
Toxicité pour la reproduction	Non disponible	-

Les résultats de ces premières études LC-MS suggèrent aussi que mes prototypes de teintures naturelles réalisées avec des bactéries et des déchets alimentaires ne comportent pas de composés toxiques répertoriés et identifiables sous les conditions utilisées pour ce type d'analyse. Or, il est important de noter que l'absence d'identification positive de composés toxiques par LC-MS ne signifie pas qu'aucun composé nocif pour la santé n'est présent dans ces teintures naturelles. Il est en effet possible qu'un autre type d'analyse chimique, avec une fenêtre analytique différente de la LC-MS, détecte un composé qui ne peut être analysé par chromatographie liquide.

Cette expérience amène à réfléchir à la différence d'approche entre les designers et les scientifiques, notamment en ce qui concerne la sécurité des matériaux utilisés. Les designers ne sont pas formés à consulter systématiquement les fiches de données de sécurité publique des matériaux qu'ils utilisent (SDS). Cette pratique, obligatoire chez les scientifiques, mériterait d'être intégrée au processus créatif des designers. Lorsque les données sont manquantes, suggérant des effets incertains sur la santé et l'environnement, le principe de précaution devrait être adopté. Il faut alors considérer le matériau comme potentiellement dangereux et s'entourer des précautions nécessaires (gants, masques, lunettes). Il convient aussi d'explorer des matériaux similaires dont les effets sont mieux documentés et de collaborer avec des experts en toxicologie et en santé environnementale pour évaluer les risques.

2.3.7 Simulation de l'exposition cutanée : test de migration en sueur artificielle

Dans une seconde phase d'expérimentations toujours supervisée par Dr Gélinas, nous avons reproduit des analyses publiées dans le cadre d'une étude démontrant l'absorption cutanée de molécules synthétiques issues des textiles (CCE, 2017). Nous avons répliqué une sueur artificielle,

que nous avons mise en interaction avec les teintures à 37˚C – soit la température du corps (fig. 2.16). En utilisant la méthode d'analyse LC-MS**,** nous avons observé que les molécules colorantes ont migré dans la sueur artificielle, confirmant que le contact cutané est un vecteur de transmission potentiel des textiles vers l'organisme.

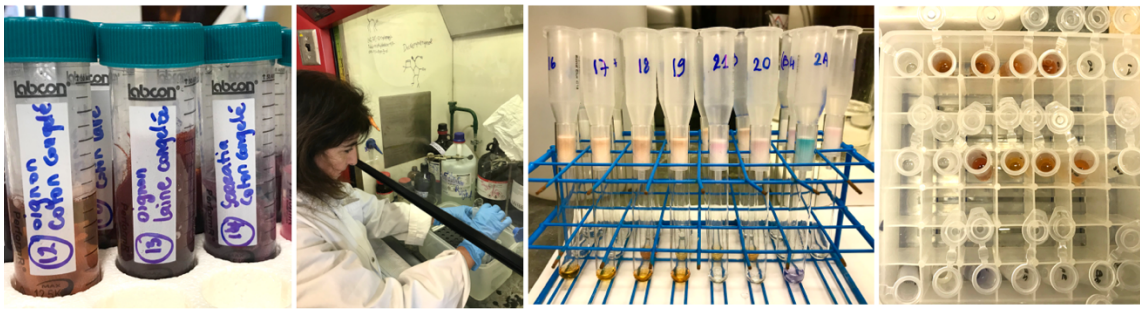


Figure 2.16 Tests de transfert de colorants dans la sueur. Laboratoire de chimie organique LEGO (Université Concordia).

L'expérimentation a permis de constater que les molécules présentes dans les végétaux persistaient dans les teintures comme la quercétine issue de la teinture à la peau d'oignon et ce même après le lavage des textiles. On peut ainsi argumenter que l'absence de substances a priori nocives dans l'oignon contrairement à la teinture Disperse Red 60 analysée plus haut, en fait un candidat plus attrayant. Des recherches approfondies sont nécessaires pour confirmer son innocuité et améliorer sa résistance à la lumière. Toutefois, dans le cadre de cette thèse en design, ces études offrent déjà plus de transparence et alimentent une analyse critique sur la composition des colorants et des textiles que nous portons à même la peau.

Ces incursions scientifiques ont permis de développer une approche du textile complémentaire à ma pratique. Là où le designer travaille aux dimensions sensorielles et esthétiques du vêtement, le chimiste en comprend la composition moléculaire et la chercheuse en santé environnementale en explique les interactions avec le vivant. Ce constat favorise l'idée qu'une approche alliant le design, la chimie et la santé environnementale contribue à de nouveaux modes de conception moins toxiques et plus durables. En tant que designer, ces études m'ont amenée à réfléchir à l'importance de repenser les ingrédients contenus dans les teintures et à la frontière poreuse entre les produits chimiques synthétiques et le corps humain. Ceci a orienté ma recherche vers des méthodes colorantes non toxiques.

Conclusion

Ce chapitre a permis d'explorer les principales catégories de colorants utilisés aujourd'hui afin de mieux comprendre leurs caractéristiques, leurs procédés d'application, leurs impacts et leurs potentiels respectifs dans une perspective de design écoresponsable.

J'y ai présenté les principes fondamentaux des teintures naturelles, détaillant étape par étape les procédés de coloration à base de plantes et la préparation des fibres. Cette section visait à restituer les connaissances empiriques, ancestrales et contemporaines au cœur de la transmission des savoirs tinctoriaux. Il en ressort que la teinture doit être considérée non comme une opération technique isolée, mais comme un processus intégré aux cycles du vivant où chaque choix – de la source du colorant à la gestion des déchets en passant par le mordançage – a une portée écologique

La deuxième partie a concerné la chimie organique des colorants naturels, synthétiques et biotechnologiques, révélant qu'ils partagent une base moléculaire commune aux structures du vivant dont le carbone, l'hydrogène, l'oxygène et l'azote. Cette composition indique une proximité entre les molécules colorantes et les systèmes biologiques. Cette similarité explique à la fois leur potentiel bénéfique – comme dans les processus de biodégradation – et leur capacité à perturber les équilibres du vivant, notamment lorsqu'elles s'accumulent ou se dégradent en composés toxiques.

Une approche biomimétique consciente des interactions moléculaires et attentive aux dynamiques systémiques entre matière, organisme et environnement devient ainsi possible et oriente vers la conception de colorants qui ne soient pas seulement inspirés du vivant, mais aussi compatibles avec lui.

Ainsi, bien que techniquement plus complexes à maîtriser, les colorants naturels autorisent à penser une chimie ancrée dans le vivant : relationnelle, contextuelle et attentive aux cycles biologiques. Leur utilisation favorise des externalités positives (Delannoy, 2021) telles que l'enrichissement de la biodiversité et la régénération des sols. À l'opposé, les colorants synthétiques dominent l'industrie pour des raisons de coût, d'efficacité et de stabilité des couleurs. Mais leur structure moléculaire peu ou non biodégradable, leur toxicité potentielle et leur contribution à la pollution des eaux et des organismes vivants constituent des externalités négatives majeures. Les colorants biotechnologiques produits par fermentation bactérienne ouvrent quant à eux une voie émergente prometteuse. Toutefois, leur nouveauté, leur dépendance à l'ingénierie génétique et le manque de recul sur leurs cycles de vie nécessitent une vigilance critique avant de les intégrer pleinement comme alternative à faible impact environnemental.

La troisième partie a mis en lumière les effets délétères, désormais bien documentés, de certains colorants synthétiques sur la santé humaine et les écosystèmes. En trois volets, elle a abordé la contamination des sols et des eaux ; les risques pour la santé humaine et le manque de transparence et de régulation sur la toxicologie des produits utilisés.

Enfin, ce chapitre s'est conclu par une analyse expérimentale de la migration des molécules colorantes synthétiques dans l'organisme par contact cutané via la sueur. Le résultat renforce la nécessité de penser les colorants non seulement en fonction de leur efficacité et de leur esthétique, mais aussi selon leur compatibilité avec le vivant. Cela appelle à un changement de paradigme dans la pratique du design textile, où la collaboration interdisciplinaire s'avère essentielle. En somme, cette séquence expérimentale contribue à répondre à ma question de recherche en démontrant que l'approche biomimétique exige une connaissance approfondie des interactions moléculaires, ainsi qu'un engagement vers des pratiques responsables, où le soin porté au vivant guide les choix de conception.

Ce chapitre a renforcé la valeur d'une approche biomimétique, non pas comme simple imitation du vivant, mais comme cadre critique pour repenser la formulation et le cycle de vie des teintures en les inscrivant dans des dynamiques écosystémiques. Il a appelé à une éthique de conception où l'innocuité et la traçabilité deviennent des critères fondamentaux.

Il convient désormais d'élargir la réflexion sur la manière dont la circularité peut transformer les pratiques tinctoriales. Dans cette perspective, il s'agit d'interroger la pertinence de l'économie circulaire en tant que modèle privilégié pour limiter la pollution et favoriser la durabilité dans le secteur des colorants textiles.

Le chapitre suivant propose une analyse de cette question à travers les témoignages de praticiens, de théoriciens et de marques engagées dans des démarches circulaires, tout en présentant également mes propres expérimentations autour de la circularité, tant en laboratoire que lors d'expositions, d'ateliers et de colloques.

Chapitre 3 : Le vivant comme modèle circulaire

Depuis le milieu du XX^{e} siècle, l'industrie textile a été marquée par la quête d'innovation grâce à l'exploitation et au développement de teintures et de fibres synthétiques. Malgré leurs caractéristiques inédites – solidité, vivacité, élasticité, facilité d'entretien –, ces matériaux mettent plusieurs centaines d'années à se décomposer. Ils libèrent des polluants tels que des microfibres, des dioxines et du méthane qui contribuent au changement climatique (Cline, 2012 ; Fletcher, 2014 ; Minney, 2022 ; Siegle, 2011).

Dans son livre *The Web of Life* (1996), le physicien Fritjof Capra décrit les mécanismes complexes de fonctionnement et d'interdépendance entre les systèmes vivants et non vivants et questionne le cycle de vie des matériaux et leur impact.

Toutefois, la réalité de l'industrie textile demeure éloignée de ce modèle. Selon l'Ellen MacArthur Foundation (2017), 12 % des textiles sont recyclés alors que pour Elizabeth Cline (2012) seulement 1 % est véritablement réutilisé en vêtements. Au-delà du recyclage, il faut interroger la circularité plus préoccupante des molécules pétrochimiques qui sont libérées des textiles (CCE, 2017 ; Swedish Chemical Agency, 2014).

Ce circuit toxique souligne l'urgence de repenser les colorants, apprêts et matériaux textiles, afin de réduire l'exposition chronique aux molécules synthétiques. Il illustre aussi la nécessité de dépasser la logique linéaire du « prendre, fabriquer, jeter » au profit d'une circularité inspirée du vivant, dans laquelle chaque produit est pensé dès sa conception pour être réintégré dans les cycles naturels (Biomimicry Institute, 2021; Ellen MacArthur Foundation, 2017; McDonough & Braungart, 2009)

Ce chapitre retrace l'itinéraire d'un mode de pensée circulaire à travers une pratique matérielle concrète. Il démontre comment une démarche itérative, qui allie design et science, peut faire émerger une méthodologie écoresponsable applicable au design textile. Pour ce faire, le propos s'appuie d'abord sur les fondements théoriques de la recherche, avant de détailler la phase d'expérimentation en laboratoire et, enfin, de présenter les divers modes de diffusion utilisés ainsi que leur apport à la réflexion.

Le chapitre s'appuie sur des initiatives de designers et chercheurs précurseurs, dont les approches privilégient une interdépendance bénéfique entre le monde vivant et manufacturé. Les travaux de Kate Fletcher, Rebecca Earley et Suzanne Lee sur les pratiques textiles écoresponsables constituent notamment le socle théorique de cette démarche.

Mes travaux de recherche se déploient ensuite à travers des explorations matérielles et tinctoriales menées en laboratoire avec des déchets alimentaires et des bactéries, illustrées par les projets *Bactinctorium* (2018) et *Growing Colours* (2019) présentés section 3.2.1.1. Ces expérimentations ont mené au développement de deux projets fondateurs, *Matière à réflexion* (2019) et *Cyclical Matters* (2020), qui ont solidifié le biomimétisme et la circularité comme les piliers de la recherche en favorisant des matières premières et des procédés entièrement compostables (cf. sections 3.2.1.2 et 3.2.1.3).

Ces étapes ont servi de phase préparatoire à des projets de diffusion concrets. L'exposition *Culture de la couleur* (2021) a présenté des nuanciers et un vêtement co-créé avec des acteurs de l'écosystème montréalais (Atelier b, Montloup). De cette exposition ont découlé des ateliers de partage de connaissances (Université Concordia, Échofab, Santrapol, 2022), dont les résultats collectifs ont fait l'objet d'une seconde exposition, *Residual Textile Dye Spectrum* (2022), démontrant la richesse chromatique issue de ces recettes ouvertes.

Enfin, le chapitre examine le rôle joué par les colloques dans la consolidation du processus créatif. Il présente entre autres un projet collaboratif avec la Chaire de recherche EcoTextile (Groupe CTT, Saint-Hyacinthe)[33], le centre de transfert technologique agroalimentaire Cintech[34] et la designer Anne-Marie Laflamme (Atelier b) qui a abouti à la communication orale *Une approche plurielle du design textile à travers le développement de bioteintures locales* lors du Congrès de l'Acfas (2022)[35].

3.1 Circularité matérielle et tinctoriale: une pluralité de recherches en design

Face à l'urgence climatique, des chercheurs en design textile se tournent vers des matériaux et procédés respectueux de l'environnement et de la santé. Pionnière dans le domaine, la chercheuse britannique Rebecca Earley, professeure en design textile circulaire à l'University of the Arts London (UAL, R.-U.), défend une approche systémique visant à intégrer les pratiques tinctoriales aux cycles biologiques selon le modèle Cradle-to-Cradle (McDonough & Braungart, 2009). Elle contribue depuis les années 1990 au développement de nouveaux outils visant à faciliter l'adoption du design circulaire auprès des designers et des entreprises). Parmi ceux-ci, The TEN (2017) propose un « jeu » de stratégies pour guider des prises de décision plus éthiques et durables en amont de la conception, dont la réduction des intrants toxiques, l'élimination des déchets, l'économie d'eau et d'énergie, ainsi que la nature comme modèle.

[33] https://gcttg.com/groupe-ctt/chaire-de-recherche-ecotextile/

[34] https://cintech.ca

[35] Pour plus de détails sur cette communication orale : Mardirossian, V., Laflamme, A.-M., Skulinova, M., et Ibrahim, A. (2022, mai). *Une approche plurielle du design textile à travers le développement de bioteintures locales*. Communication présentée au 89e congrès de l'Acfas, Montréal, QC. Repéré sur https://www.acfas.ca/archives/evenements/congres/activites/63425

La perspective de la professeure-chercheuse britannique Kate Fletcher (London College of Fashion), initiatrice du mouvement *Slow Fashion* (2007), est complémentaire à celle d'Earley. Fletcher invite à réfléchir au lien direct entre notre façon de nous vêtir et l'utilisation des ressources naturelles. Ainsi, l'eau est massivement sollicitée à chaque étape de production, de culture et de teinture des tissus. La fabrication d'un jean nécessite, par exemple, jusqu'à 10 000 litres d'eau (ADEME, 2024). Fletcher encourage également le développement d'une expertise des matériaux pour en connaître leurs impacts. Elle préconise une utilisation diversifiée des fibres afin de varier les répercussions qu'une production intensive fait subir aux écosystèmes (Fletcher, 2014; Fletcher & Tham, 2016; Fletcher et al., 2019).

Dans une approche circulaire et régénérative, cette expertise des matériaux implique une connaissance écologique du cycle de vie des textiles et des teintures, y compris de la façon dont ces derniers peuvent revenir à la biosphère sans lui nuire (Biomimicry Institute, 2021; Burgess, 2019; Ellen MacArthur Foundation, 2021; Fletcher, 2014; Minney, 2022).

Consciente de ces enjeux, la designer de mode britannique Suzanne Lee a été l'une des premières à expérimenter la « biofabrication » de fibres et de teintures. Ce terme désigne l'utilisation de processus biologiques et de matériaux vivants pour concevoir et produire des objets ou des systèmes. En collaboration avec le biochimiste David Hepworth, Lee a développé une cellulose fermentée en 2003. Ce matériau, obtenu par biosynthèse de micro-organismes (bactéries, levures) et de sucre, lui a permis de créer une collection de vêtements compostables, imprimés avec des encres végétales.

Sa démarche et son rôle pionnier dans la diffusion de la biofabrication ont ensuite mené au lancement de la plateforme Biofabricate en 2014, qui vise à promouvoir l'innovation « bio » dans l'industrie de la mode, notamment à travers la culture de matériaux et de teintures. Cette vision est notamment détaillée dans *Biofabricate and Fashion for Good: Understanding "Bio" Material Innovation* (Lee et al., 2020).

Ces approches biomimétiques ont donné lieu à des explorations textiles et tinctoriales, présentées dans plusieurs expositions phares. Lors de ces événements, le design interagissait étroitement avec les sciences du vivant pour repenser la matérialité textile dans une perspective circulaire. Dans *Design and the Elastic Mind* (MoMA, 2008), le projet *Victimless Leather* d'Oron Catts et Ionat Zurr (SymbioticA, University of Western Australia) proposait un prototype de cuir cultivé en laboratoire. Ce « biocuir », issu de cellules animales, offrait une alternative aux impacts environnementaux du cuir traditionnel tels que les émissions de méthane et les tannages au chrome.

L'exposition *En vie : aux frontières du design* (Espace Fondation EDF, Paris, 2013) présentait notamment *Coelicolor* (2011), un projet collaboratif entre la designer britannique Natsai Audrey Chieza et le biologiste John Ward. Grâce aux capacités de la bactérie *Streptomyces coelicolor* à

produire des pigments naturels, ils ont développé des procédés de teinture qui transforment le sucre en molécules pigmentées. Depuis, Chieza a fondé l'agence de biofabrication Faber Futures, qui cherche à industrialiser ces procédés de teinture biotechnologique dans une optique de durabilité et de circularité textile.

Enfin, l'exposition *Material Ecology* (MoMA, 2020) mettait en lumière le travail du Mediated Matter Group du MIT, dirigé par Neri Oxman. Axée sur sa vision et ses applications en design et écologie des matériaux, l'exposition présentait notamment des installations montrant l'utilisation de la mélanine comme pigment naturel. Cet exemple illustre parfaitement la rencontre entre l'innovation en biomatériaux et le design textile, démontrant comment l'approche créative permet de valoriser et d'explorer le potentiel des colorants durables.

Toutes ces initiatives invitent à reconsidérer les textiles et les teintures non plus comme de simples objets inertes, mais comme des éléments actifs pouvant être bénéfiques aux écosystèmes.

3.1.1 Vers une industrie textile durable : les acteurs clés

Après avoir exploré le rôle de la recherche en design dans le développement de matériaux durables, il est pertinent de s'intéresser à la manière dont l'industrie textile s'approprie la démarche.

Aujourd'hui, l'industrie ne prend pas assez en compte la décomposition des textiles dès l'étape de leur conception. Pourtant, dans l'équilibre dynamique de la nature, les bactéries et les champignons qui recyclent la matière organique en nutriments ont une fonction aussi importante que les producteurs primaires comme les plantes. Ne pas y être attentif, c'est priver la biosphère de ces précieux « décomposeurs », nuire à sa régénération et contribuer à l'augmentation des déchets polluants (Biomimicry Institute, 2021). Par exemple, une chemise en lin teinte avec un colorant synthétique non-biodégradable ne sera pas compostable : en effet bien que la fibre soit naturelle, la teinture issue de la pétrochimie ne sera pas décomposée. Ce constat illustre l'intérêt d'intégrer des matériaux compatibles avec les cycles biologiques dès la conception.

Cette quête d'équilibre s'inscrit dans une vision plus large d'écologie des pratiques matérielles (Jarry, 2020) et de développement durable. Ce concept repose sur trois piliers fondamentaux alliant viabilité économique, responsabilité environnementale et éthique sociale (Brundtland, 1987)[36].

Dans cette lignée, John Elkington, expert en écoresponsabilité, a introduit en 1994 le concept de *Triple Bottom Line* (TBL). Il vise à encourager les entreprises à équilibrer leurs priorités économiques avec les impacts sociaux et environnementaux de leur production. Cependant,

[36] Le rapport Brundtland a été rédigé par la Commission mondiale sur l'environnement et le développement (CMED) des Nations Unies, présidée par Gro Harlem Brundtland.

Elkington déplore que son modèle soit assimilé à un outil comptable, réduit à la mesure des impacts sociaux, environnementaux et économiques des entreprises, sans véritable traduction en actions concrètes respectueuses des limites planétaires.

Le professeur-chercheur Stuart Walker (2014) propose plutôt le modèle du *Quadruple Bottom Line*, qui ajoute une dimension spirituelle et culturelle à celui d'Elkington. Walker désigne ainsi : « le sens social » (*Meaning*), qui renvoie aux conditions de travail ; « le sens pratique », lié au cycle de vie des produits ; « le sens personnel », qui englobe les valeurs spirituelles et la quête de sens des individus. Comme l'a souligné Alice Jarry (2020) dans son analyse des travaux de Walker, le pilier économique est reconfiguré en tant que moyen au service de l'éthique et de la transparence. Il encourage ainsi designers, entrepreneurs et fabricants à promouvoir une culture matérielle attentive au bien-être environnemental et humain.

Faisant écho aux préoccupations de Walker (2014), l'Ellen MacArthur Foundation joue un rôle central dans le développement du modèle économique circulaire de l'industrie textile. Sa philosophie centrée sur l'élimination des déchets, la circulation des matériaux et la régénération des systèmes naturels, s'inscrit dans la continuité de plusieurs pensées. Parmi celles-ci figurent l'économie de fonctionnalité[37] – notamment à travers le concept de permaéconomie (Delannoy, 2021), qui privilégie l'usage à la possession – ; le modèle Cradle to Cradle (McDonough & Braungart, 2009) et l'écologie industrielle (Frosch & Gallopoulos,1989).

Dans cette perspective, la fondation a lancé l'initiative *Make Fashion Circular* en 2020 pour accélérer la transition vers une mode circulaire. Elle propose des ressources en ligne aux designers, fabricants et marques pour guider la conception écoresponsable des vêtements. Elle défend trois stratégies : « concevoir pour la longévité » à travers la création de vêtements réparables et réutilisables ; « concevoir pour la recyclabilité » en facilitant le démontage et la récupération des matériaux ; « concevoir sans toxicité » en éliminant les substances et procédés nocifs.

Au Québec, cette approche inspire un large éventail d'acteurs locaux allant des grandes marques comme Simons, aux institutions académiques, en passant par les organisations à but non lucratif (OBNL). C'est le cas de Concertation Montréal (CMTL), dont le pôle textile a été initié en 2020 avec la création de la Communauté de pratique. Cette initiative joue un rôle actif dans la promotion de la circularité textile à Montréal, en facilitant la collaboration entre les différents acteurs du secteur. Leur projet « En mode surcyclage », vise à sensibiliser le public et les designers aux pratiques de consommation et de production circulaires. Un deuxième exemple est le LabTextiles, fondé en 2024 par le Centre d'études et de recherches intersectorielles en économie circulaire

[37] L'économie de fonctionnalité, élaborée par l'économiste Walter Stahel (1989), est reprise dans une perspective systémique par Emmanuel Delannoy (2021) qui l'intègre à une réflexion plus large sur l'économie régénérative visant la mutualisation des ressources.

(CERIEC) de l'École de technologie supérieure (ÉTS) de Montréal. Il propose de repenser le système industriel pour accélérer la transition circulaire de la filière textile au Québec : créer des synergies entre entreprises pour économiser les ressources, intensifier l'usage en fournissant un service plutôt qu'un produit, allonger la durée de vie par la réparation et le réemploi, revaloriser par l'écoconception, le surcyclage et le recyclage. Le LabTextiles organise par exemple des ateliers collaboratifs axés sur la circularité des textiles afin d'identifier les freins et mettre en place des solutions avec les parties prenantes (chercheurs, entreprises, organismes, municipalités). Les retombées sont ensuite transférées à l'ensemble de la filière, via la publication d'un rapport (prévu en 2027), des webinaires, des conférences et un site web.

Ces acteurs œuvrent ainsi à promouvoir la circularité au sein de l'écosystème textile local. Par exemple, en repensant le cycle de vie des matériaux dès la phase de conception, en développant des stratégies de valorisation ou en instaurant des indicateurs de performance environnementale pour guider les choix économiques. Ils encouragent également la mutualisation des ressources et la régénération des écosystèmes, tout en outillant les designers et les entreprises pour opérer une transition vers des pratiques à la fois durables, transparentes et socialement responsables.

3.1.2 Des modèles d'affaires circulaires : opportunités et défis

Afin de réduire la quantité de déchets, l'utilisation de ressources et la pollution, certaines marques pionnières comme Patagonia, Eileen Fisher et Stella McCartney s'efforcent de diminuer la production de vêtements, allonger leur durée de vie et maîtriser leur impact environnemental. Chacune explore différentes initiatives de colorations moins toxiques.

Yvon Chouinard, précurseur de la mode durable et fondateur de la marque Patagonia (1973), priorise la qualité et la longévité de ses vêtements en offrant un service de réparation et en proposant à ses clients des ateliers, des guides d'entretien et des ressources en ligne[38]. En collaboration avec l'entreprise de colorants biosourcés Archroma, il a lancé la collection capsule Clean Color (2017), composée de modèles classiques intemporels en coton biologique, teints à partir de déchets agricoles qui s'estompent avec le temps.

Stella McCartney (2001) engage activement sa marque dans la recherche et développement de biotechnologies compostables. Depuis 2018, elle collabore avec la startup *Bolt Threads* pour développer le cuir végétal Mylo à base de mycélium. En 2024, elle entame une nouvelle collaboration avec l'entreprise Radiant Matter autour de BioSequins*,* des paillettes en cellulose biodégradables, comme alternative au plastique. En partenariat avec les entreprises Colorifix (2018) et Algae Black (2024), elle expérimente des modes de colorations à partir de microorganismes et d'algues.

[38] https://fr.ifixit.com/nos-collaborations/patagonia-fr

Eileen Fisher, fondatrice de la marque éponyme (1984), soutient l'agriculture régénérative pour la production des fibres et des teintures qu'elle emploie. Elle priorise la longévité des vêtements en invitant ses clientes à retourner les tenues usagées qui seront réparées, recolorées et revendues sous le label « Renew ». Depuis 2018, elle collabore avec Botanical Colors, pour teindre et raviver des vêtements usagés. Leur collection Indigo Overdye (2024) propose des modèles d'occasion en lin et coton biologique, surteints à l'indigo et conçus pour développer une patine au fil du temps.

La figure suivante synthétise les initiatives circulaires et éthiques pour chacune des trois marques.

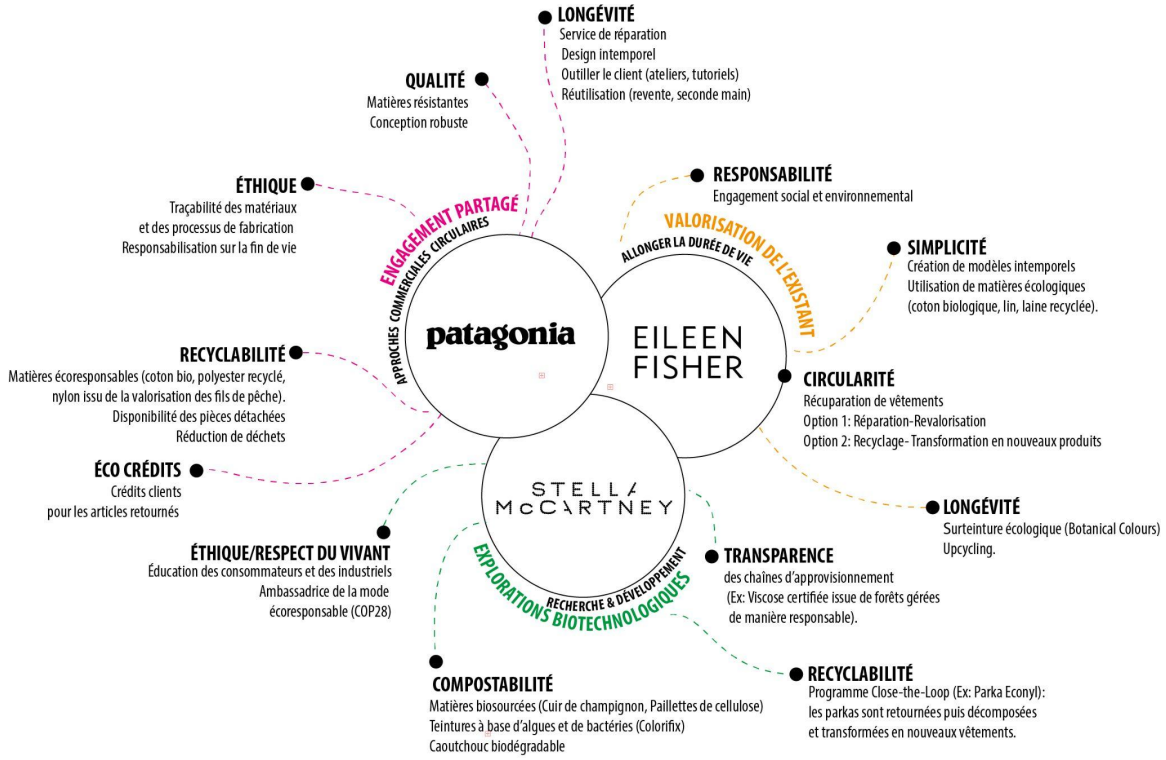


Figure 3.1 Pratiques circulaires de Patagonia, Stella McCartney et Eileen Fisher.

Les stratégies circulaires de Patagonia, Stella McCartney et Eileen Fisher comportent des similitudes. Elles offrent des programmes de reprise qui permettent de réparer, teindre et recouper les vêtements usagés pour les proposer à la revente. Elles ont aussi un volet pédagogique visant à outiller la clientèle pour entretenir les vêtements à travers des ateliers et des tutoriels. De plus, la qualité des matériaux choisis, comme les fibres naturelles biologiques ou recyclées, favorise la réduction des déchets car ces matières nobles vieillissent bien, ce qui incite les consommateurs à garder leurs habits plus longtemps. Cette longévité facilite aussi leur circulation sur le marché de la seconde main, où ils sont très recherchés.

Trois marques et trois facettes de l'économie circulaire : la réparation, la biodégradabilité et le remise en circulation. Les exemples évoqués montrent aussi une évolution des mentalités du marché : les couleurs sont « autorisées à vieillir » et la patine du temps apporte même un certain charme et une singularité.

Si ces usages promettent un bel avenir à une mode plus durable, le chemin à parcourir pour déployer les systèmes circulaires à grande échelle s'annonce long. Par exemple, les magasins qui récupèrent les vêtements usagés en échange de bons d'achat contribuent à une banalisation de la surconsommation en donnant l'illusion de circularité, alors qu'une grande partie de ces matières collectées n'est pas recyclée. Ces vêtements sont exportés vers des pays en développement. De quoi nuire à l'économie locale, contribuer à la perte de savoir-faire et augmenter la pollution du territoire où ils s'accumulent (Cline, 2012 ; Fletcher, 2014 ; Siegle, 2011).

Une autre limite importante du modèle circulaire dans l'industrie textile concerne le recyclage du polyester. Présenté comme durable – car il évite l'extraction de pétrole – il est principalement réalisé à partir de bouteilles en plastique usagées (PET) et non pas de vêtements recyclés, ce qui freine la transition vers un circuit fermé. De plus, le polyester recyclé, comme le vierge, libère des microfibres lors du lavage et de l'usure, contribuant lui aussi à la pollution par les microplastiques. Cette pratique ne représente qu'une solution partielle aux défis environnementaux du secteur (Greenpeace International, 2017).

Cette section a permis d'identifier des approches circulaires clés en recherche textile et dans l'industrie de la mode, de souligner le devoir de renforcer les connaissances biologiques et écologiques ainsi que de repenser les modes de production et de consommation. Ces configurations circulaires s'inscrivent dans une logique biomimétique (Benyus, 1997) où le rôle du designer s'élargit pour devenir acteur de la régénération écologique. Elles incitent par ailleurs à une révision des indicateurs de valeur car le profit ne se mesure ainsi plus seulement en termes économiques, mais plutôt en bénéfices concrets pour les systèmes naturels (Thackara, 2015).

Cette interaction entre matériaux et écosystèmes naturels a inspiré mes premières explorations tinctoriales présentées dans la section suivante.

3.2 Expérimentations autour de la circularité des matériaux

La phase d'exploration matérielle qui sous-tend cette recherche s'est déployée en boucles itératives avec des acteurs du design, de la recherche et de la médiation culturelle. Cette dynamique a permis d'affiner les tests de colorants non toxiques et de soutenir la réflexion de manière continue. Ces essais, bien que réalisés à petite échelle, ont néanmoins constitué un terrain d'expérimentation

fertile pour interroger la faisabilité, les limites et les potentiels d'approches circulaires à plus grande échelle. Cette dimension sera abordée au chapitre 4.

La figure 3.2 présente chronologiquement ce processus itératif. Il comprend la conception de prototypes et l'élaboration de recettes en laboratoire, ainsi que les expositions, qui rendent tangibles des alternatives concrètes. Les ateliers encouragent la réflexion par le faire, l'acquisition de techniques et l'échange. Enfin, les collaborations permettent de croiser les expertises et stimuler l'innovation.

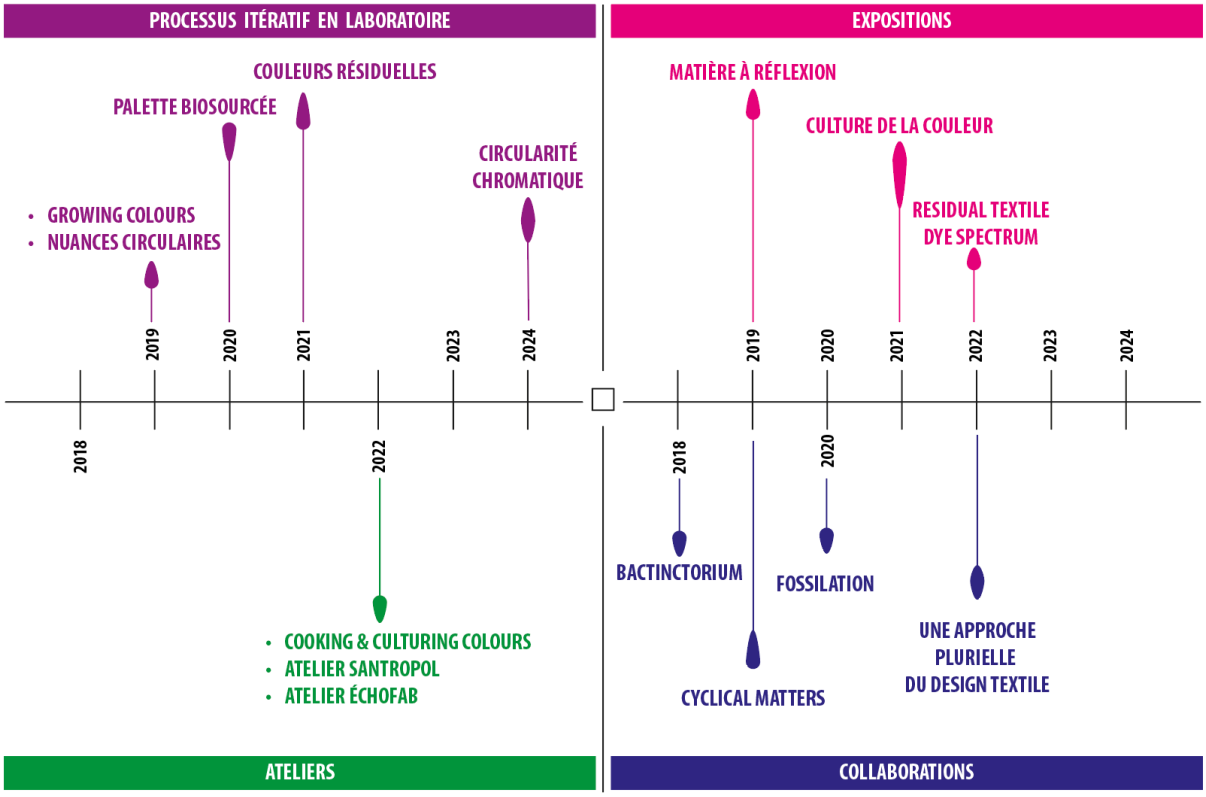


Figure 3.2 Déploiement chronologique du processus créatif. Les projets sont regroupés en quatre pôles identifiés par une couleur distincte.

Les expérimentations tinctoriales reposent sur deux concepts clés : le biomimétisme, qui s'inspire des modes opératoires du vivant (Benyus, 1997), et la circularité du modèle Cradle to Cradle, (McDonough & Braungart, 2009). C'est à travers les projets regroupés dans la figure 3.2 qu'ils se sont affirmés comme les concepts fondateurs de ma recherche.

Toutes les recettes évoquées dans la section 3.2 sont présentées dans l'Annexe A.

3.2.1 Exploration du potentiel tinctorial des microorganismes et des biomatériaux

Cette partie présente les expérimentations matérielles menées en laboratoire. Celles-ci visent à explorer le potentiel tinctorial et structurel de matériaux compostables. Trois axes principaux ont guidé ce processus : l'utilisation de bactéries et de déchets alimentaires, la culture de cellulose de kombucha et la fabrication de bioplastiques à partir de ressources naturelles et résiduelles.

3.2.1.1 Expérimentations tinctoriales avec des bactéries pigmentaires

Mes premières explorations avec les bactéries ont débuté au Speculative Life Biolab (Milieux, Université Concordia, dirigé par la Dre Alice Jarry) dans le cadre de la recherche collaborative *Bactinctorium* (2018) [39].

Ce projet explorait le potentiel tinctorial de la souche bactérienne *Vogesella indigofera*, une bactérie productrice de bleu. Développée dans une approche de biodesign, cette démarche visait à intégrer la production bactérienne de couleur dans des processus de teinture textile écoresponsables. Elle illustrait une collaboration interdisciplinaire entre art, biologie et design, autour de colorants bactériens qui se cultivent localement.

Dans ce cadre, nous avons étudié la réaction de la souche bactérienne *V. indigofera* nourrie avec un déchet organique riche en fer, en l'occurrence notre propre sang menstruel. Les résultats ont montré une production accrue de pigment dans ces conditions. Cette démarche expérimentale a interrogé sur la relation entre corps humain et matière. Elle a aussi suscité un questionnement sur le rôle que l'humain pourrait jouer non plus comme simple extracteur mais comme fournisseur de ressources.

Certains designers, tels que Fabio Hendry, Martijn Rigters et Sanne Visser (Franklin, 2019), utilisent déjà des matières corporelles comme les cheveux dans leur processus de création. D'autres artistes explorent plutôt le potentiel de fluides humains, notamment l'urine et le sang menstruel, comme WhiteFeather Hunter (2019).

Dans le prolongement de ces démarches ancrées dans le vivant, cette recherche mobilise les propriétés métaboliques de certaines souches bactériennes pour la production de pigments naturels. Travailler avec ces micro-organismes implique de répondre à leurs besoins en nutriments, humidité, lumière et température. Ces spécificités ont fait émerger des approches créatives originales. Ainsi, leur besoin en oxygène m'a amenée à concevoir des pochoirs pour guider leur

[39] Réalisé en collaboration avec les artistes Alexandra Bachmayer, Whitefeather Hunter et Geneviève Moisan.

production de pigment. La couleur se développe alors dans les zones aérées, produisant ainsi des motifs (fig. 3.3).

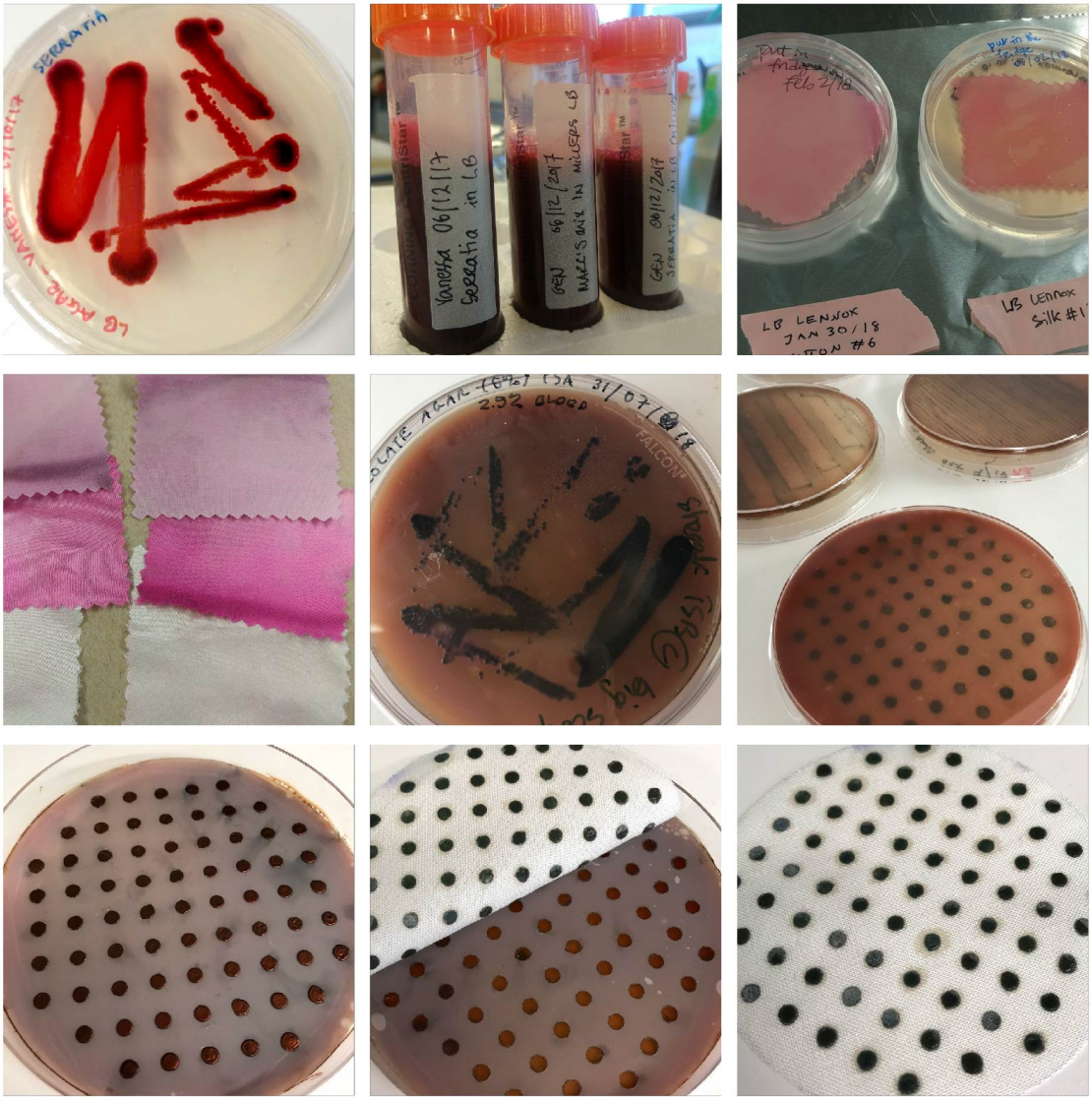


Figure 3.3 Expérimentations tinctoriales *Growing Colours* (2019). De gauche à droite : *S. marcescens* (SM) sur gélose nutritive (LB Miller agar) après 48 h à température ambiante (TA) ; culture liquide de SM en milieu nutritif (LB) ; colonisation d'un textile par SM après 24 h de culture ; échantillons de lin et de soie incubés avec SM, puis stérilisés ; *V. indigofera* (VI) sur gélose nutritive Tryptic Soy Broth (TSB) composée d'agar, protéines, glucose et sel, après 48 h à TA ; motif pois créé par culture de VI sur gélose au sang menstruel, utilisant une technique de pochoir, après 48 h d'incubation à TA.

Note de chercheur : Pour teindre avec la bactérie *S. marcencens*, j'ai d'abord réalisé des cultures bactériennes en milieu liquide. À l'aide d'un inoculateur stérile (fine tige), j'ai prélevé une infime quantité de bactéries, que j'ai transférées dans un tube à essai contenant un mélange nutritif : eau, bouillon Luria-Bertani Nutrient Broth (LB), riche en

acides aminés, vitamines, minéraux et sels. Cette préparation initie leur division et leur multiplication (fig. 3.4). L'incubation dure 48h, à température ambiante (20-22°C). Le tube est laissé entrouvert pour favoriser l'oxygénation de la culture. J'ai observé que l'utilisation d'un agitateur orbital améliore la croissance bactérienne car elle augmente l'oxygénation. Après 48h, j'ai prélevé une petite quantité de cette culture liquide. Je l'ai ensuite inoculée sur un milieu nutritif gélifié, composé d'agar[40], de bouillon LB et d'eau, dans une boîte de Pétri. L'inoculation s'effectue en faisant des stries en zigzag pour obtenir des colonies isolées. À cette étape les bactéries sont transparentes. Une fois le milieu de culture inoculé, on laisse les bactéries incuber à température ambiante, à l'abri de la lumière et avec accès à l'oxygène – en laissant la boîte entrouverte – pendant 48h. L'incubation permet aux bactéries de se multiplier. Ces deux premières étapes sont nécessaires pour stimuler l'activité métabolique des bactéries. Une fois les cultures bactériennes préparées, elles se conservent pendant des années au réfrigérateur ou au congélateur. La capacité de mettre en sommeil et de réactiver les souches bactériennes tinctoriales, que j'utilise depuis 2017, contribue à une production circulaire et locale.

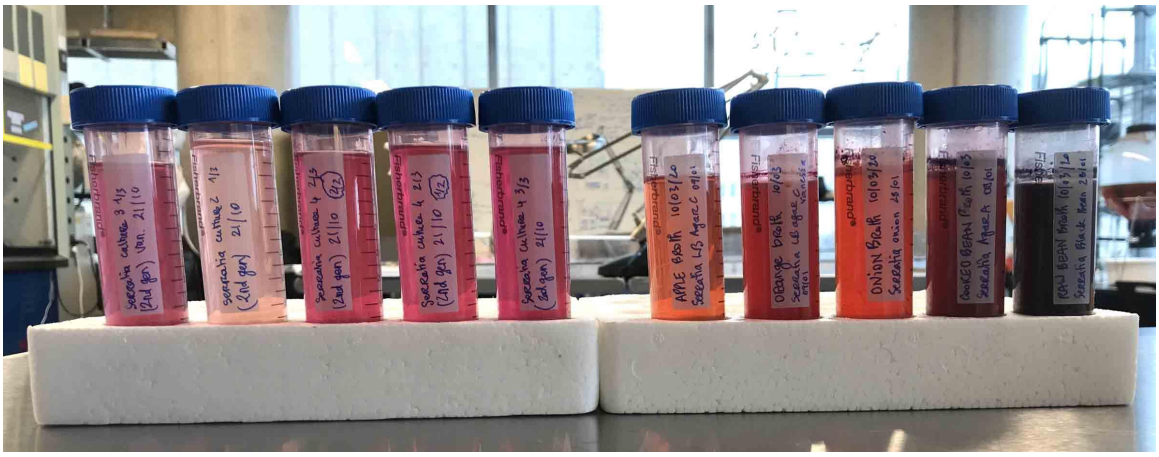


Figure 3.4 Cultures bactériennes en milieu liquide aromatisées avec des déchets alimentaires.

Une fois les cultures liquides préparées, on peut teindre les textiles avec les bactéries. La figure 3.5 montre une variété de teintes obtenues avec la *S. Marcescens* selon la composition de la fibre : mauve sur des fibres cellulosiques, rose fuchsia sur de la soie et rouge sombre sur de la laine.

Protocole pour teindre un textile avec les bactéries : La fibre est humidifiée à l'eau pour accroître son pouvoir absorbant, puis posée sur une gélose (milieu nutritif à base d'agar et de nutriments). La culture bactérienne y est ensuite appliquée avec une pipette

[40] Agar : polymère extrait de la paroi cellulaire de certaines algues.

ou au pinceau pour imbiber le tissu. Le tout est laissé à température ambiante (20-22°C) pendant 48h, à l'abri de la lumière et avec accès à l'oxygène – en laissant la boîte de Pétri entrouverte. Enfin les textiles sont stérilisés par autoclave (20 minutes à 120˚C).

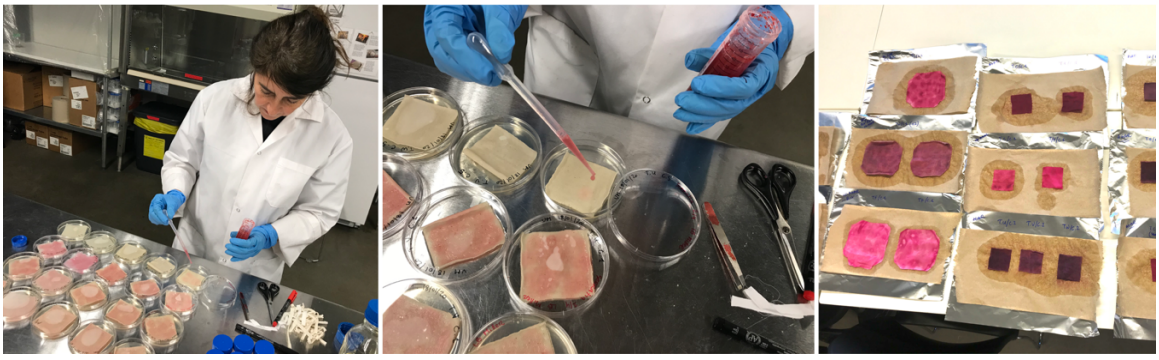


Figure 3.5 Mise en culture des bactéries *Serratia marcescens* sur fibres variées. Exploration du potentiel colorant de *S. marcescens* qui produit un spectre coloré rouge, allant du mauve au bordeaux, en passant par le rose vif, selon l'origine animale ou végétale des fibres.

La production de colorants à partir de bactéries pigmentaires offre une alternative écologique aux procédés pétrochimiques tout en s'ancrant dans les principes de l'économie circulaire. À l'opposé du modèle linéaire qui consiste à extraire, fabriquer puis jeter, cette approche biologique mise sur la régénération des ressources et l'élimination des déchets.

Au cœur de ce modèle, la nature régénérative des micro-organismes transforme la source de couleur en un capital vivant et reproductible. Une souche bactérienne n'est pas une ressource que l'on épuise mais une culture que l'on multiplie. La possibilité de conserver ces cultures sur de très longues périodes par réfrigération ou congélation – pour ensuite les « réveiller » avec un simple apport nutritif et de l'oxygène – permet de réutiliser la même souche pendant de nombreuses années. L'extraction de matière première comme le pétrole est ici écartée au profit de la mise en culture en laboratoire.

Ce procédé favorise également une production locale. Maîtrisable à petite échelle, il permet de relocaliser la fabrication en circuits courts réduisant ainsi l'empreinte carbone liée au transport. De plus, il autorise une production « à la demande » où seule la quantité exacte de colorant est cultivée, ce qui prévient la surproduction et le gaspillage endémiques à l'industrie textile conventionnelle.

Sur le plan énergétique, la circularité est intensifiée. Contrairement à la synthèse chimique qui exige souvent des pressions et des températures élevées, la fermentation microbienne s'opère

majoritairement à température ambiante. Ce mode de production doux réduit de manière significative la consommation d'énergie et l'empreinte carbone associée.

Enfin, ce système ferme la boucle grâce à la biodégradabilité de ses produits et à la valorisation de ses intrants. Les pigments bactériens de nature organique permettent à une fibre naturelle teinte de se décomposer en fin de vie sans libérer de polluants toxiques. Néanmoins, des analyses plus poussées doivent encore être conduites afin de s'en assurer.

Pour atteindre une circularité complète, le milieu de culture des bactéries peut lui-même être nourri par des déchets alimentaires ou des coproduits agricoles. Ce faisant, le système transforme des flux de déchets en ressources valorisantes, illustrant parfaitement la boucle vertueuse des nutriments. Cependant, une approche de teinture véritablement circulaire doit inévitablement s'interroger sur la nature du support qu'elle colore.

Cette question m'a donc logiquement amenée à considérer le potentiel des micro-organismes non plus seulement pour la couleur, mais aussi pour la création de la matière textile elle-même.

3.2.1.2 Matière à réflexion : la cellulose bactérienne comme alternative au textile

La teinture ne pouvant exister indépendamment de son support textile, j'ai exploré, en parallèle, la conception de biomatériaux comme alternative aux tissus conventionnels, gourmands en ressources naturelles. Dans cette optique, j'ai expérimenté la production bactérienne de la cellulose, en m'inspirant du concept Biocouture de Suzanne Lee (2003) qui consiste à utiliser des micro-organismes pour « cultiver » des matériaux textiles.

Le projet *Matière à réflexion* (*Textile Trade Symposium*, Concordia, 2019) montre les étapes de croissance du « cuir » de kombucha, une culture symbiotique de bactéries et de levures nourries au thé sucré, qui produit de la cellulose en fermentant. Cette matière a permis d'explorer la notion de compostabilité et de s'engager de manière plus éthique avec les matériaux tout en prenant conscience des enjeux liés au travail avec le vivant, comme la temporalité, l'hygiène et le soin que cela implique (humidité, lumière, moisissures). En effet, la cellulose de kombucha nécessite environ quatre semaines de croissance et requiert une attention particulière à la température, à la disponibilité d'oxygène et de nutriments nécessaires à son développement. Cette matière exige ensuite deux semaines de séchage pour prendre l'apparence d'un textile (fig. 3.6).

Note de chercheur : L'exposition *Textile Trade Time* (2019) invitait chaque participant à transformer en textile une « fibre » reçue au hasard, mettant ainsi en avant un processus créatif aléatoire. Alors que les autres participants ont reçu des tissus, j'ai eu la surprise de me voir attribuer un pain. Ce point de départ inattendu m'a forcée à jouer sur le double-sens du mot : passer de la fibre textile attendue à la « fibre » alimentaire reçue. Ce choix illustre une compréhension élargie du terme « fibre » qui dépasse sa seule définition matérielle dans le champ textile. En effet, le pain, tout comme le kombucha que j'explore, est le fruit de processus de fermentation complexes, mobilisant des micro-organismes pour transformer une matière première. L'enjeu était donc de traduire conceptuellement la structure « fibreuse » d'un aliment en une œuvre textile.

J'ai rapidement fait un parallèle entre le pain et la cellulose de kombucha de Suzanne Lee dont la recette se trouve en accès libre (cf. Annexe A). Ce sont tous les deux des cultures vivantes qui utilisent un processus de fermentation à partir de sucres et de micro-organismes (levures et bactéries). Il est important de distinguer les micro-organismes à l'œuvre ici de ceux mentionnés précédemment. Alors que les bactéries pigmentaires sont utilisées pour produire des colorants, la culture de kombucha est une colonie de bactéries et de levures vivant en symbiose dans un thé sucré. Ces levures se nourrissent du sucre et le transforment en alcool. Puis, les bactéries consomment cet alcool pour former une couche de cellulose pure à la surface du thé sucré. Cette couche, qui ressemble à une pellicule gélatineuse, s'épaissit de jour en jour tant qu'elle a des nutriments à sa disposition.

Dans mon travail, j'ai combiné ces deux matériaux fermentés (pain et kombucha) afin de développer un cuir végétal innovant. Cette association des processus microbiens pour créer une nouvelle matière textile durable souligne le potentiel de la fermentation comme levier de circularité et de valorisation des biomatériaux. Dans *Matière à réflexion* (2019), une tranche de pain ramollie a donc été ajoutée à la recette du kombucha. Pendant la croissance de la cellulose par fermentation, j'ai préparé la teinture au haricot noir enrichie en fer (cf. Annexe A). Par cohérence avec l'approche alimentaire du projet, le fer utilisé pour la teinture provenait d'un supplément ferreux, et non de sels techniques (sulfate ou acétate de fer) traditionnellement employés en teinture naturelle. Le fer permet d'obtenir des noirs plus profonds. Puis, j'ai fabriqué un pochoir en découpe laser. Une fois la matière sèche, j'ai imprimé le motif zébré inspiré des craquelures du pain. Celui-ci a été obtenu en superposant la cellulose, le pochoir et un textile humide fraîchement teint

au haricot. La teinture s'est imprégnée dans la matière pendant 24h. La matière a nécessité un mois pour pousser et sécher, comme le montre la figure 3.6.



Figure 3.6 *Matière à Réflexion*, Textile Trade Time Symposium, Université Concordia (2019). Croissance de cellulose bactérienne à partir de pain, de thé, d'eau, de vinaigre et de sucres. De gauche à droite : le pain reçu au démarrage du projet comme fibre à exploiter, le trempage du pain pour rendre les nutriments solubles (sucres, acides aminés), état de la croissance après 18 jours, lavage et séchage après 3 semaines, motif zébré populaire en mode inspiré des craquelures du pain, fabrication de la teinture de haricot noir, motif imprimé sur cellulose de kombucha.

Le projet *Matière à réflexion* incarne une application concrète des principes de circularité. En combinant de la cellulose de kombucha avec le pain, il démontre la possibilité de valoriser des ressources existantes pour créer un nouveau biomatériau. Chaque composant – de la structure (kombucha et pain) à la couleur (teinture de haricots noirs) – est d'origine biologique, garantissant ainsi une compostabilité complète en fin de vie. Cette approche, couplée à un processus de fermentation à faible consommation énergétique, illustre un modèle de production textile durable, local, qui referme la boucle des nutriments.
Cette exploration de matériaux entièrement biologiques et biodégradables contribue naturellement au développement d'autres alternatives aux matières synthétiques, notamment celle des bioplastiques.

3.2.1.3 Cyclical Matters : les bioplastiques comme vecteur de circularité

Réalisé durant la pandémie, le projet *Cyclical Matters* (2020) a exploré des techniques DIY (Do It Yourself) pouvant être mobilisées à l'extérieur d'un milieu académique. Le travail dans ma cuisine en période de confinement a permis d'approfondir les liens entre colorants, déchets alimentaires, biomatériaux et circularité. Bien qu'il ne s'agisse pas de textiles, les bioplastiques qui ont résulté de ces expérimentations, incluant de la vaisselle compostable, ont enrichi ma réflexion sur les multiples possibilités tinctoriales des déchets alimentaires dont l'oignon, l'artichaut, l'orange, le raisin et l'avocat (fig. 3.7). J'ai ainsi élargi la palette de rebuts agroalimentaires dont je peux extraire les colorants.



Figure 3.7 Gamme colorée en bioplastique compostable issue de déchets alimentaires (2020). De gauche à droite : rebuts d'artichaut, d'orange, de raisin et d'avocat.

Ces expérimentations ont confirmé le potentiel des rebuts agroalimentaires pour colorer à la fois des fibres textiles et des bioplastiques. Elles ont aussi mis en lumière le déchet comme double ressource : une partie contribuant à la structure même du matériau – la gélatine, un co-produit de l'industrie alimentaire – tandis qu'une autre en constitue le colorant – oignon, avocat. Le déchet représente ainsi un gisement de plusieurs molécules d'intérêt. Enfin, produire ces matériaux avec

des outils simples valide le potentiel d'une production locale et accessible, qui n'est pas limitée à des laboratoires sophistiqués. Cette démarche donne naissance à une nouvelle esthétique matérielle, où la couleur et la texture des objets racontent l'histoire de leur origine biologique, communiquant directement leur nature écologique. Ces bioplastiques à base d'ingrédients alimentaires – gélatine, déchets, glycérine – contribuent à la circularité des matériaux : ils peuvent être fondus pour donner naissance à de nouvelles formes ou compostés.

Cyclical Matters[41] a servi de recherche préliminaire au projet *Fossilation* (sous la direction d'Alice Jarry, Samuel Bianchini et Marie-Pier Boucher, CRSH, 2020-2023), résultat d'une collaboration entre l'Université Concordia, l'EnsadLab – École nationale supérieure des arts décoratifs, Paris, et l'Université de Toronto à Mississauga. Cette membrane souple et monumentale, réalisée en bioplastique teinté à l'oignon, a été exposée au Centre Georges Pompidou à Paris en 2021 (cf. Annexe A), puis au Centre Culturel Canadien à Paris en 2025 (fig. 3.8).



Figure 3.8 Fossilation exposée à Oscillation, Centre Culturel Canadien, Paris (2025). © Vincent Royer - OpenUp Studio

[41] Réalisé en collaboration avec les artistes Alexandra Bachmayer et Maria Chekhanovich

3.2.1.4 Synthèse des approches et orientation de la recherche

Ces expérimentations autour des biocolorants et de la biofabrication ont approfondi le lien entre matérialité et processus vivants à travers trois approches techniques.

L'exploration des bactéries pigmentaires a initié un dialogue avec des sources colorantes vivantes en associant des techniques de microbiologie et des processus créatifs. Ce procédé colorant se distingue par sa faible consommation énergétique, opérant à température ambiante et par son potentiel à valoriser des co-produits ou des déchets agro-industriels comme milieux de culture nutritifs. De plus, les pigments bactériens sont organiques et biodégradables, ce qui permet au textile en fin de vie d'être réintégré à la biosphère. Bien que des défis subsistent en matière de stabilité des couleurs et de mise à l'échelle industrielle, cette technologie représente une ouverture fondamentale vers la production de colorants en boucle fermée.

Parallèlement, l'exploration de la cellulose bactérienne à base de kombucha et des bioplastiques ont permis de maîtriser de nouveaux protocoles de culture et de fabrication dont la conception d'un SCOBY[42] (cf. Annexe A), la préparation de son milieu nutritif (thé sucré, vinaigre), le contrôle des paramètres de fermentation (durée, température, aération, contrôle des moisissures) et son ennoblissement (teinture et impression au haricot noir, tannage à la glycérine pour améliorer sa flexibilité).

Cependant, la biofabrication soulève des défis de sensibilité (humidité, moisissure, UV), de temporalité (4-6 semaines pour le kombucha, 2 semaines de séchage pour les bioplastiques) et de stockage (taux d'humidité et température contrôlés). Les biomatériaux nécessitent des espaces de travail adaptés pour éviter la contamination (espaces stériles) et stocker les matériaux organiques (réfrigérateurs, congélateurs). Finalement, ces incursions en biodesign, alliant des matériaux biosourcés vivants et semi-vivants, explorent les interactions entre la matière, la nature et l'humain. Ils amènent à réfléchir aux cycles biologiques de croissance, de dégradation et de régénération des matériaux.

La biofabrication et les colorants naturels offrent de nouveaux critères esthétiques qui valorisent l'imperfection et la diversité des couleurs (Garcia, 2002). En ce sens, les expérimentations ultérieures ont mis l'accent sur la valorisation de déchets agroalimentaires en combinaison avec des bactéries afin de concevoir des colorants compostables à l'esthétique singulière.

[42] Le SCOBY (Symbiotic Culture Of Bacteria and Yeast) est un biofilm de cellulose.

3.2.2 Du déchet à la palette : expérimentations pour l'exposition *Culture de la Couleur*

La campagne #Whatsinmyclothes? du mouvement Fashion Revolution (De Castro, 2013) incite les consommateurs à s'interroger sur la composition de leurs vêtements et à questionner les industriels afin qu'ils adoptent des pratiques plus éthiques et transparentes.

Dans son livre *Choisir une mode durable* (2021), de Castro invite à poser un autre regard sur les colorants, qui dépasse leur simple esthétique et valorise plutôt le processus non toxique et circulaire. Elle cite l'exemple du rose issu de l'avocat. Alors que l'industrie textile doit réduire son empreinte environnementale, l'exploration de teintures naturelles issues de la valorisation de coproduits agroalimentaires laisse entrevoir une alternative écologique aux teintures synthétiques.

Dans cette recherche, la sélection des premiers déchets alimentaires comme source colorante ne s'est pas faite de façon arbitraire. Ce choix visait à explorer un large spectre de propriétés tinctoriales. Les pelures d'oignon, les noyaux et peaux d'avocat, ainsi que les haricots noirs ont été sélectionnés comme des cas d'étude représentatifs de trois grandes familles de pigments naturels : les flavonoïdes, les tanins et les anthocyanes, chacun avec des stabilités et des potentiels distincts.

Certaines sources de colorants sont dites « évanescentes » comme les anthocyanes présents dans le chou rouge par exemple. Cette famille de pigments est connue pour sa grande instabilité, sa sensibilité au pH et sa piètre résistance à la lumière. L'expérimentation avec les haricots noirs, le chou rouge et les peaux de raisin avait donc pour but de souligner l'importance critique de la structure chimique du colorant sur sa pérennité.

La pelure d'oignon, quant à elle, a été retenue pour sa richesse en tanins et en flavonoïdes, notamment la quercétine. Ces composés sont reconnus pour produire des jaunes et des ocres d'une bonne solidité. De même, l'avocat a été sélectionné pour sa haute teneur en tanins et en polyphénols qui lors de leur oxydation se transforment en quinones. Ces derniers génèrent des teintes roses qui agissent comme mordant naturel. Ces deux sources représentaient la catégorie des colorants solides à la lumière permettant de tester les protocoles d'extraction et de teinture.

En tant que déchet culinaire omniprésent et source tinctoriale reconnue pour sa solidité à la lumière, l'oignon a servi de modèle expérimental dans le projet *Fossilation* (2021) afin de valider la démarche (fig. 3.8).

La figure 3.9 illustre le cycle de vie vertueux de la peau d'oignon. D'un simple déchet culinaire, elle devient une ressource valorisée selon les principes de l'écologie industrielle. D'abord utilisée pour la teinture, ses résidus liquides et solides sont ensuite retournés à la terre par l'irrigation et le compostage.

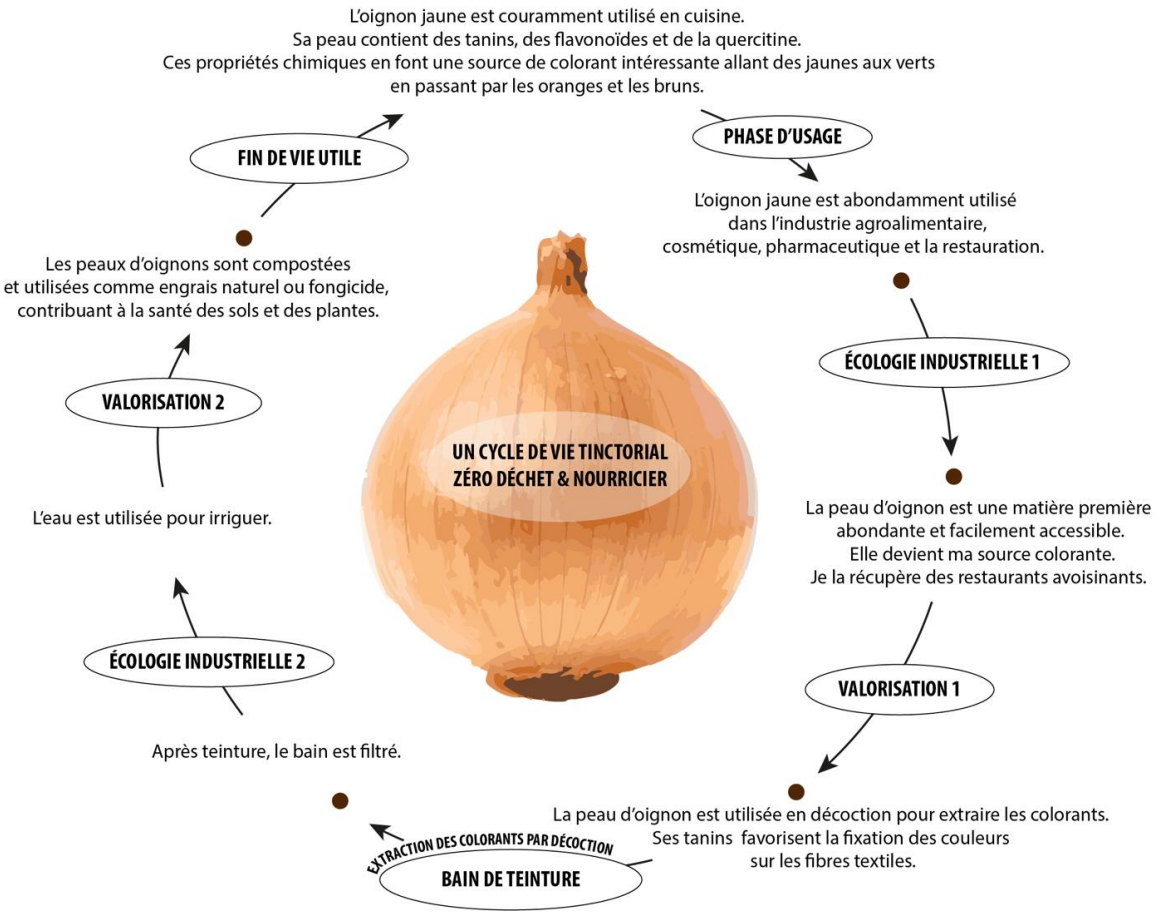


Figure 3.9 Cycle de vie de l'oignon.

Les pelures d'oignons, les peaux et les noyaux d'avocats, ainsi que l'eau de trempage des haricots noirs fournissent une palette variée de jaunes, de roses et de gris (fig. 3.10). Les recettes sont présentées dans l'Annexe A. Les teintes diffèrent selon l'origine de la fibre. Les fibres protéiques (laine, soie) ont plus d'affinité avec les colorants que les cellulosiques naturelles (coton, lin) et régénérées (viscose, Tencel). Ceci explique les nuances plus ou moins claires et foncées observées sur la figure 3.10. D'autres facteurs comme le ratio matière colorante/poids de fibres, la température du bain et le temps de trempage affectent aussi le résultat final.



Figure 3.10 Nuances circulaires : expérimentations avec des déchets alimentaires (2019).

Ces explorations tinctoriales ont constitué la base de l'exposition *Culture de la Couleur* : *Une écolittératie du design textile* (École supérieure de mode ESG-UQAM, Montréal, 2021). En effet, les recettes et prototypes réalisés offrent une meilleure compréhension des colorants issus des déchets alimentaires. Cette approche empirique a été fondamentale pour développer une expertise technique qui inclut les phases de mordançage, de teinture et de nuançage.

À travers ces expérimentations, la coloration s'est révélée être un phénomène chimique complexe, reposant sur la création de liaisons covalentes[43] spécifiques entre les molécules colorantes et les fibres. La solidité et l'apparence d'une couleur dépendent directement de la nature de ces ponts chimiques et de la structure moléculaire des colorants. Les recettes rendent ce phénomène reproductible, bien que chaque teinture naturelle reste singulière : les variations de chaleur, la qualité de l'eau, ainsi que celle de la fibre influencent le résultat. Cette singularité, inhérente au vivant et aux colorants naturels, contribue au charme et à la richesse des teintures végétales.

La palette de teintes peut être élargie en faisant des surteintures – un textile teint à l'oignon peut être surteint aux haricots noirs – ou grâce au nuançage réalisé en post-bain acide, basique ou ferreux (fig. 3.11).

[43] En teinture, le mordant est un sel métallique qui agit comme un pont chimique. Il forme des liaisons covalentes très solides – semblables à une fusion moléculaire – à la fois avec la fibre et avec le colorant. C'est ce pont qui fixe durablement la couleur et assure sa solidité.



Figure 3.11 Couleurs résiduelles (2021). Échantillons de fibres variées (coton, lin, laine et soie), teintes avec des déchets alimentaires. Chaque paquet contient plusieurs nuançages pour élargir la palette.

L'utilisation de déchets agroalimentaires a révélé le riche potentiel de ces sources colorantes revalorisées. Afin d'approfondir cette exploration de la « couleur vivante », une nouvelle piste a été étudiée.

Note de chercheur : Lors des expérimentations avec les bactéries, j'ai remarqué qu'elles réagissaient aux nutriments que je leur fournissais. Par exemple, le fer présent dans le sang menstruel permettait à la bactérie *Vogesella indigofera* de produire plus de bleu. J'ai donc commencé à combiner ces deux techniques pour élargir la palette de couleurs que les microorganismes pouvaient produire.

3.2.3 Palette hybride : quand les déchets nourrissent les pigments bactériens

La figure 3.12 montre la souche bactérienne *Serratia Marcescens* mise en culture sur de l'agar LB couramment utilisé en microbiologie pour la croissance des bactéries. Ce milieu nutritif, développé dans les années 1950 par les microbiologistes Salvador Luria et Giuseppe Bertani, est principalement composé de levure, de peptides (caséine) et de sels minéraux dissous dans l'eau, auxquels on ajoute de l'agar dérivé d'algues marines comme agent gélifiant. Ce substrat humide fournit ainsi aux bactéries les éléments essentiels à leur croissance.

Sur la figure, l'agar a été aromatisé avec des décoctions de rebuts alimentaires issus d'oignon, d'orange, d'avocat et de haricots noirs afin d'observer si la bactérie produisait des modulations de teintes selon les nutriments.



Figure 3.12 Inoculation de *S. Marcescens* sur agars aromatisés avec des déchets alimentaires (2020).

Par souci de reproductibilité, les diverses recettes, ainsi que la nature des fibres (laine, soie, coton, lin) sont identifiées avec un numéro. Sur la première image, on observe que le premier jour la couleur est pâle, alors qu'après 48h, la prolifération des bactéries donne une teinte plus foncée. À cette étape, la souche bactérienne est vivante.

Après 48 h de croissance, les échantillons ont été stérilisés à l'autoclave (20 minutes à 120 ˚C). Cette étape essentielle permet d'inactiver les bactéries et de rendre les textiles utilisables. Ce traitement a montré que la couleur dépend principalement du type de fibres, et non des nutriments issus des déchets alimentaires fournis aux bactéries comme supposé initialement. L'hypothèse selon laquelle leur diversité chimique élargirait la palette chromatique n'a donc pas été confirmée : les décoctions nutritives des bactéries n'ont pas modifié les teintes, soulignant l'influence déterminante des fibres.

La figure 3.13 illustre ce phénomène : le pigment bactérien apparaît mauve sur le lin et le coton, rose vif sur la soie et rouge sombre sur la laine. Ces différences chromatiques s'expliquent probablement par les interactions spécifiques entre le prodigiosine – pigment produit par *S. Marcescens* – et les propriétés physico-chimiques de chaque fibre textile. Comme en teinture végétale, les couleurs obtenues sont plus vives sur les fibres animales que sur les fibres végétales.

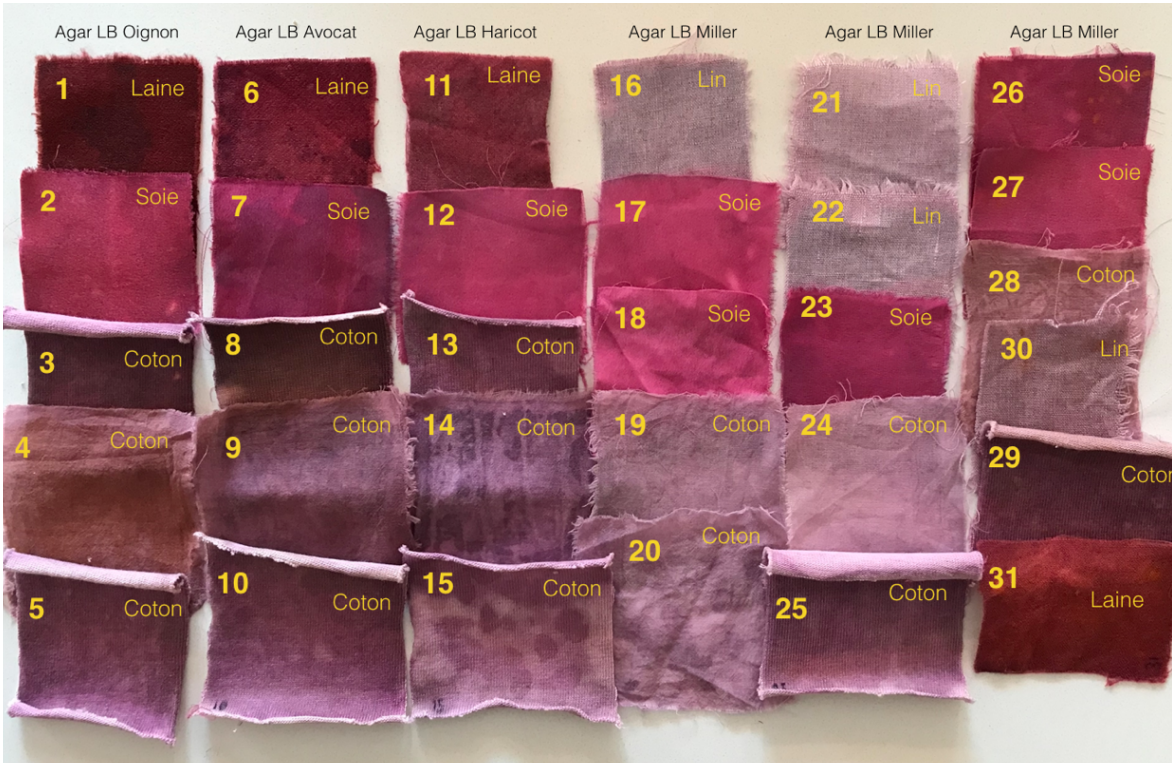


Figure 3.13 Textiles teints avec *S. Marcescens* sur fibres variées après stérilisation (2020). Les numéros correspondent aux différentes recettes expérimentées et identifiées dans la figure 3.12.

Note de chercheur : Mon hypothèse initiale était que les déchets alimentaires, utilisés comme nutriments, pourraient moduler et élargir la palette chromatique des bactéries. Les résultats ont cependant montré une influence minime.

Ce constat a donné une nouvelle orientation à ma recherche : au lieu de fusionner les deux techniques, je les ai superposées. J'ai d'abord teint le textile avec des peaux et des noyaux d'avocat (apprécié pour sa teinte rose et sa solidité) afin de colorer une toile de fond. J'ai ensuite imprimé des motifs bactériens. Cette approche par stratification, plutôt que par mélange, a enrichi mon exploration des techniques hybrides en instaurant un dialogue visuel entre deux sources de couleurs vivantes.

En effet, outre les teintures, ma pratique concerne la conception d'imprimés qui nécessitent aussi l'usage de colorants. Tel qu'observé lors du projet *Growing Colours* (2019, fig. 3.3), les bactéries prolifèrent lorsqu'elles sont confinées. Leur promiscuité favorise une multiplication cellulaire qui augmente la densité de leur pigmentation, phénomène nommé « Quorum Sensing » en microbiologie (Miller & Bassler, 2001).

En m'appuyant sur ce principe, j'ai créé un motif reprenant le mouvement zigzag de l'inoculation bactérienne (fig. 3.14).

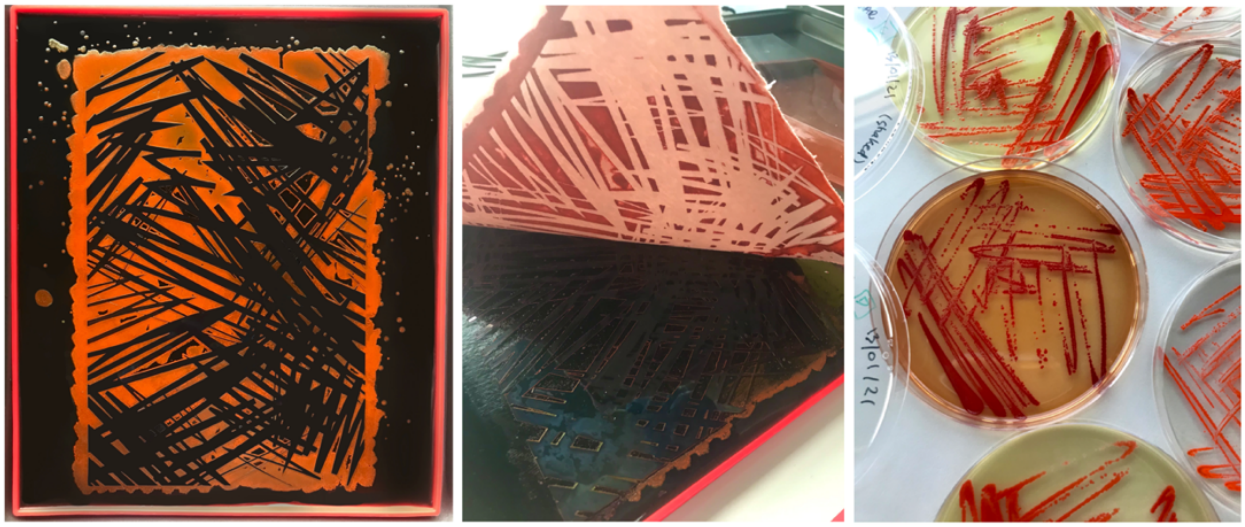


Figure 3.14 Expérimentations d'imprimés bactériens avec pochoirs (2021). De gauche à droite : motif découpé au laser inspiré du mouvement zigzag d'inoculation des bactéries ; textile teint à l'avocat et imprimé avec la bactérie inoculée sur agar après 48h.

La mise à l'échelle des premiers échantillons – variant de la taille d'une boîte de Pétri (10 cm) à un format lettre (21 x 28 cm) – a rapidement évolué vers une surface encore plus grande en vue d'imprimer un prototype de vêtement pour l'exposition *Culture de la Couleur* (fig. 3.15). Cet agrandissement a conduit à expérimenter plusieurs techniques visant à économiser l'eau et les matières premières. Par exemple, l'épuisement des bains – qui consiste à les utiliser plusieurs fois jusqu'à la disparition des colorants –, le recyclage des bains via l'ajout de déchets colorants, ou encore la dilution des bains à 25%, 50% et 75% pour éclaircir les nuances et réaliser des dégradés de teintes.

La figure 3.15 montre les bactéries se multipliant sur un agar aromatisé à l'eau de trempage de haricots noirs, dont la croissance est guidée par un pochoir. Ce travail oscille entre rigueur et intuition. Ici, la spontanéité expérimentale de nouvelles recettes s'allie à une prise de notes minutieuse pour assurer leur reproductibilité.



Figure 3.15 Culture bactérienne à grande échelle pour l'impression du motif d'une veste : passage d'une boîte de Petri de 10 cm à une boîte de plexiglass de 180 x 90 cm (2021).

Cette section a abordé la circularité à plusieurs niveaux. D'une part, en travaillant avec des déchets alimentaires qui, au lieu d'être compostés directement après usage, fournissent des colorants permettant de les valoriser dans un esprit d'écologie industrielle (Benyus, 1997; McDonough & Braungart, 2009; Frosch & Gallopoulos, 1989). Une fois ces colorants extraits et les teintures réalisées, la biomasse peut être compostée et les bains de teinture utilisés pour l'irrigation ou

transformés en pigments (cf. Annexe A). D'autre part, l'utilisation de bactéries, mises en sommeil et réactivées avec des nutriments et de l'oxygène, permet d'utiliser la même souche très longtemps.

3.3 L'exposition *Culture de la couleur : une écolittératie du design textile* (2021)

Les expérimentations précédentes ont abouti à l'exposition *Culture de la Couleur* (fig. 3.16), présentée à l'École supérieure de mode (ESG UQAM, 2021). Cette exposition a mis en valeur l'interconnexion des rôles de designer textile dont la couleur est l'outil principal, de chercheuse qui aborde sa pratique de façon critique et d'enseignante dont l'objectif est de transmettre cette expertise. Son intitulé polysémique évoque à la fois l'acquisition de connaissances sur ce médium méconnu, sorte de « culture générale de la couleur », mais aussi son lien avec l'agri « culture », qui permet de cultiver les plantes tinctoriales. Il évoque enfin la « mise en culture » de bactéries où les couleurs se développent en laboratoire.

Son objectif était d'introduire le concept d'écolittératie tinctoriale. Ce néologisme englobe la compréhension de l'origine des teintures naturelles et synthétiques, leur mode de fabrication et l'impact bénéfique ou délétère qu'elles peuvent avoir sur l'environnement.

L'exposition, présentée dans une vitrine pignon sur rue, était structurée de manière à retracer l'ensemble du processus créatif. Elle s'ouvrait sur une contextualisation des impacts environnementaux de l'industrie de la teinture via des panneaux explicatifs. La phase expérimentale était ensuite documentée à travers une série de photographies de laboratoire, de projections vidéo et de boîtes de Petri. Les résultats de cette exploration étaient matérialisés par des nuanciers qui témoignaient de l'étendue de la palette chromatique obtenue à partir de bactéries et de déchets agroalimentaires. Enfin, la pièce centrale de l'exposition présentait une veste teinte à l'avocat et surimprimée avec la bactérie *Serratia marcescens*. Elle a été réalisée avec la marque de mode écoresponsable Atelier b et les textiles en coton biologique du fabricant Montloup.

En s'appuyant sur les principes du biomimétisme et de la circularité, l'exposition proposait une réflexion critique sur notre relation au textile et à la couleur portés à même la peau. Elle soulevait des questions sur « l'invisibilité » de cette toxicité diffusée à l'échelle planétaire. Par exemple, les perturbateurs endocriniens ou les particules toxiques issues des teintures industrielles, bien que difficiles à détecter, sont agissants, c'est-à-dire qu'ils migrent, réagissent et interfèrent avec le vivant. Ces agents polluants imperceptibles ne sont donc pas de simples substances inertes, mais ils transforment les corps, les milieux et les écosystèmes.



Figure 3.16 Exposition Culture de la Couleur présentée à l'École supérieure de mode (ESG UQAM, 2021).

Bien qu'exploratoire, cette étude autour des teintures végétales s'inscrit dans le cadre plus large de l'industrie des colorants et du design. Pour ce faire, j'ai comparé les résultats présentés avec le nuancier de référence Pantone TCX, spécialement conçu pour l'industrie textile. Ainsi, la palette colorée (fig. 3.17) présentée à l'exposition *Culture de la Couleur* (2021) illustrait les teintes de la saison Automne-Hiver 2021/22 pour l'Amérique du Nord, selon le site de Tendances Worth Global Style Network (WGSN).

Cependant, Dominique Cardon souligne que la palette Pantone habitue notre œil à des « couleurs plates » ne comportant qu'une seule molécule alors qu'un nuancier de colorants naturels permettrait d'éduquer l'œil à une plus grande richesse chromatique (communication personnelle, 24 janvier 2023).

Dans cette optique, la recherche s'oriente vers l'élaboration de nuanciers réalisés à partir de colorants naturels. Alors qu'une couleur de synthèse est souvent perçue comme uniforme et standardisée, une teinte naturelle est un véritable « cocktail » vivant de multiples composés, à l'image de la garance qui offre une profondeur inégalée grâce à sa vingtaine de molécules colorantes.

Une vocation pédagogique essentielle s'additionne ainsi à cette démarche : éduquer l'œil, et le réhabituer à percevoir les riches subtilités d'une teinture naturelle.



Figure 3.17 Biodiversité chromatique : une alternative vivante aux Pantone (2021).

Les échantillons textiles sélectionnés dans l'exposition ont ainsi offert au public une expérience tangible. De plus, la collaboration avec des designers (Atelier b) et des manufacturiers (Montloup) locaux, aux approches engagées et transparentes, a contribué à tisser des liens avec l'écosystème de mode montréalais et à inscrire la recherche dans une vision plus large de circularité économique et créative.

Finalement, *Culture de la Couleur* a permis d'identifier les différentes phases pour se familiariser avec les colorants : compréhension des enjeux de toxicité, acquisition de connaissances écologiques, chimiques et techniques, expérimentations tinctoriales et diffusion artistique. Ces observations préliminaires amorcent la modélisation de l'écolittératie tinctoriale en étapes reproductibles afin d'amener le designer à saisir la portée de la teinture au-delà de son aspect esthétique.

La mise en pratique de ce modèle en construction et la diffusion de ces savoirs se sont ensuite articulées autour d'ateliers, de colloques et de collaborations intersectorielles.

3.4 L'engagement public et collaboratif : moteur d'une pensée critique

Au-delà de l'exposition, la recherche s'est développée à travers des ateliers publics et des collaborations intersectorielles. Si la circularité des matériaux y occupe une place centrale, ces démarches sont aussi l'occasion de favoriser des échanges où les connaissances se transforment et s'enrichissent mutuellement. Pour l'entrepreneur Thomas Huriez (2019), qui a relocalisé une filière

textile en France, « l'économie circulaire se doit de ne pas se limiter à faire circuler uniquement les ressources, elle doit faire circuler les savoirs » (p. 116).

Cette section détaille les différentes formes d'engagement public et collaboratif pour ancrer la recherche dans des pratiques concrètes et alimenter une pensée critique et pédagogique sur la circularité.

Elle s'articule en quatre volets. D'abord, elle examine le rôle des ateliers publics comme terrains privilégiés d'échanges et d'interactions. Puis elle aborde la manière dont les prototypes réalisés lors de ces ateliers ont été valorisés sous forme de nuancier géant à travers l'exposition *Residual Dye Spectrum* (2022). La réflexion s'oriente ensuite vers la mise à l'échelle du projet, via une expérimentation intersectorielle conduite avec des acteurs de la recherche et de l'industrie pour valoriser des coproduits agroalimentaires. Enfin, la perspective s'élargit pour se pencher sur des expertises internationales en matière de pratiques tinctoriales circulaires.

3.4.1 L'atelier comme terrain d'échanges et d'interactions sur la circularité

Les recettes de teintures développées pour l'exposition *Culture de la Couleur* (2021) ont été éprouvées dans le cadre de trois ateliers impliquant le grand public et des étudiants (2022) : *Cooking and Culturing Colour* (Université Concordia) ; *Laboratoire de teinture urbaine : le jardin comme ressource cachée* (Centre communautaire Santropol Roulant) et *De la cuisine à la couleur : initiation à la teinture durable* (Échofab). Cette section en détaille le déroulement et les résultats.

La série de quatre ateliers *Cooking and Culturing Colour* réalisés en format hybride au Biolab de Concordia visait à former la communauté académique aux techniques de teinture non toxiques et durables, en mettant l'accent sur des méthodes naturelles et bactériennes (mars-avril 2022 ; fig. 3.18). Le premier atelier présentait un portrait théorique de la toxicité des teintures, puis familiarisait les participants à la préparation des textiles en amont de la teinture pour en stabiliser les teintes (mordançage). Le deuxième consistait à expérimenter diverses décoctions de teintures à partir de déchets alimentaires. Le troisième examinait la modulation de couleurs afin d'en élargir la palette et le quatrième initiait à la teinture bactérienne à travers la mise en culture et la réalisation de motifs.

Ces ateliers ont facilité l'élaboration d'un précieux matériel pédagogique. La méthodologie retenue reflétait la rigueur du processus expérimental. La phase préparatoire, en amont de l'atelier, a débuté par le débouillissage et le mordançage des fibres, incluant une annotation méticuleuse des traitements de chaque échantillon. Cette étape de documentation s'est poursuivie avec l'élaboration de fiches techniques détaillées pour chaque recette, stipulant la quantité des ingrédients (ratio de poids de fibres et de pigments, temps et températures des bains colorants), associées aux échantillons correspondants (cf. Annexe A). Le processus de teinture a impliqué la préparation des

bains et l'ajustement du pH des teintes en post-bain. Parallèlement, la teinture bactérienne a nécessité la préparation de milieux de culture (agars nutritifs) et l'inoculation des bactéries, suivie d'une période d'incubation de 48 h. Les textiles ont ensuite été teints et soumis à une seconde période d'incubation de 48 h, avant d'être stérilisés.

La documentation du processus a représenté une phase essentielle de l'expérience, transformant l'intuition créative en savoir partageable. Les participants ont engagé des discussions approfondies sur les résultats, questionnant notamment la stabilité des couleurs, l'impact des mordants ou les variations dues à la saisonnalité des matières premières. Ce travail collectif a mené à l'annotation détaillée des recettes, chaque échantillon étant accompagné de données précises (type de plante, concentration, durée, pH, etc.). Les pratiques seront ainsi reproductibles et enrichies grâce à ces supports écrits.

Les processus expérimentés et les échantillons produits ont rendu possible la comparaison entre les méthodes traditionnelles de teintures végétales et celles, plus innovantes, de teintures bactériennes. Ils ont également permis une compréhension accrue des enjeux et des potentialités des techniques de teintures écologiques.

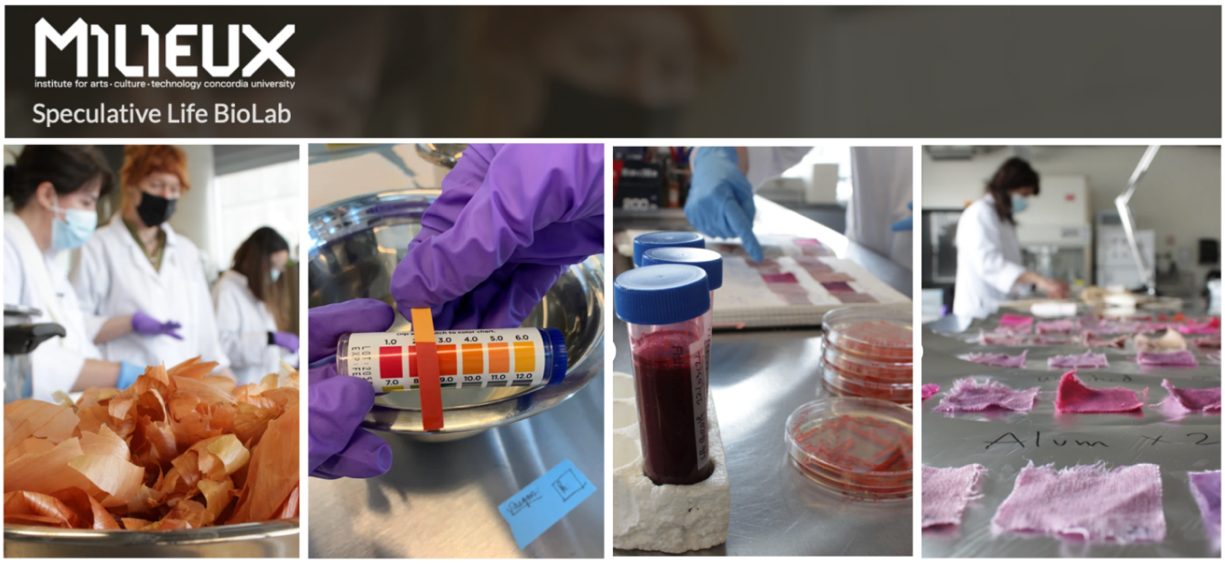


Figure 3.18 Ateliers *Cooking and Culturing Colour* (Speculative Life Biolab, U. Concordia, 2022).

L'atelier *Laboratoire de teinture urbaine* organisé au centre communautaire Santropol Roulant (Montréal, 2022) s'inscrivait dans un programme intergénérationnel axé sur l'agriculture urbaine et la sécurité alimentaire. Il a été conçu pour tester un modèle d'écolittératie tinctoriale intégré dans un écosystème social existant et observer comment la pratique de la teinture pouvait s'articuler avec les cycles de la cuisine et du jardinage dans une vision holistique de la circularité.

L'atelier a commencé par une visite du jardin sur le toit. Il s'est poursuivi en cuisine pour matérialiser le lien direct entre les plantes récoltées et leur valorisation en teinture (fig. 3.19). L'utilisation de coproduits *in situ*, comme les baies d'aronia (*Aronia melanocarpa*), a transformé les rebuts du potager en une ressource de valeur. Cette baie riche en antioxydants et en tanins donne du violet avec l'alun et du gris anthracite avec le fer. En teignant des textiles pour le centre (rideaux, paravents), les participants ont fermé la boucle : les plantes du jardin ont embelli l'espace commun avant de retourner au sol via le compost.

L'écolittératie tinctoriale, dans un tel contexte, dépasse la simple compétence technique. Elle devient un outil de médiation sociale et intergénérationnelle. La réappropriation du savoir tinctorial à l'échelle locale contribue activement à des projets d'écologie citoyenne et de résilience communautaire.



Figure 3.19 Atelier au centre Santropol Roulant (2022). De gauche à droite : potager sur le toit ; conférence sur la circularité des teintures naturelles ; atelier avec les déchets alimentaires du potager.

Les déchets deviennent des ressources porteuses de valeur sociale et environnementale : ils interrogent les notions d'autosuffisance, de circularité et de durabilité dans un environnement urbain, tout en explorant des possibles vers des modes de coloration plus responsables.

Un troisième atelier a eu lieu à l'Échofab (Montréal, 2022) lors d'une *Journée de codesign textile & mode*. L'objectif n'était pas seulement de faire une démonstration technique, mais de créer un espace d'expérimentation pour observer les leviers de l'écolittératie tinctoriale. Le programme comportait une phase théorique sur l'impact des colorants et les principes de la circularité, suivie d'une phase pratique offrant aux participants l'occasion de teindre leurs propres échantillons de coton biologique avec divers rebuts alimentaires facilement accessibles (fig. 3.20).

Plusieurs observations significatives ont émergé. D'abord, la surprise quasi unanime face aux couleurs vives obtenues à partir de déchets alimentaires, illustrant une méconnaissance du potentiel de la biomasse locale. Ensuite, les questions récurrentes sur la durabilité et la permanence de la

couleur ont révélé une perception de la teinture comme un processus statique, en opposition à la nature vivante et évolutive des colorants naturels.

Cet atelier a confirmé que l'expérience pratique et sensorielle est un moteur puissant pour déconstruire les idées préconçues et pour ancrer la compréhension des enjeux de la circularité au-delà d'un discours purement théorique. Il a fourni des données qualitatives essentielles sur les étapes de la prise de conscience du designer, un élément central de la modélisation de l'écolittératie tinctoriale.

L'Échofab appartient au mouvement Fab City visant l'autosuffisance locale par la fabrication numérique, avec des projets allant des énergies renouvelables à l'agriculture urbaine. Ce laboratoire de fabrication numérique (FabLab) est membre du réseau international de la Fab Foundation[44]. Il met à disposition des outils de fabrication tels que des imprimantes 3D, des découpeuses laser, des fraiseuses à commande numérique et des équipements pour la production de circuits imprimés. L'espace gravite autour de trois axes : l'innovation collaborative, l'éducation via des formations et ateliers, puis le développement de projets d'éco-conception et d'économie circulaire.



Figure 3.20 Atelier à l'Échofab de Montréal (2022). De gauche à droite : vue d'ensemble de l'atelier ; bains de teinture ; textiles teints.

Tous ces ateliers ont permis de tester différents mordants, matériaux et densités de bains, ainsi que l'obtention de plus de 300 teintes, qui ont servi à une deuxième exposition *Residual Textile Dye Spectrum* (2022). Ils ont favorisé l'appropriation par les designers émergents de méthodes de production non toxiques et plus durables. Enfin, ils ont attesté de leur rôle clé dans la promotion d'une approche tinctoriale circulaire et collaborative.

[44] La Fab Foundation est une organisation américaine à but non lucratif fondée en 2009, qui émane du programme FabLab du MIT (Massachusetts Institute of Technology). Elle coordonne le réseau international des FabLabs composé de plus de 2 000 laboratoires dans plus de 120 pays.

3.4.2 *Residual Textile Dye Spectrum* : le nuancier comme matérialisation de la circularité des colorants

Dans la continuité des ateliers, l'œuvre *Residual Textile Dye Spectrum* exposée lors du symposium *In the Middle : A Chimera* (Institut Milieux, Concordia, 2022) présente un nuancier coloré composé de 315 teintes (fig. 3.21). Chaque couleur est numérotée et accompagnée d'une fiche détaillant sa recette. Si certaines teintures présentées étaient éphémères – le curcuma, la betterave, le chou rouge et les bactéries – cette exposition a permis d'examiner la pertinence de la pérennité des couleurs en mode et le rôle que les colorants jouent dans l'obsolescence ou la durabilité des vêtements. En effet, pourquoi exiger des colorants qu'ils durent éternellement, au risque d'être persistants dans l'environnement, alors que la mode engendre un renouvellement incessant des collections de vêtements ? On voit aujourd'hui émerger l'idée de raviver les couleurs par des surteintures pour répondre au besoin de changement tout en allongeant la durée de vie des vêtements (cf. section 4.4.2).



Figure 3.21 *Residual Textile Dye Spectrum* (2022). 315 teintes obtenues avec des déchets alimentaires et la bactérie *S. Marcencens* (142 x 96 cm).

Issu des ateliers participatifs, ce nuancier géant témoigne d'un processus collectif qui allie l'expérimentation à l'apprentissage. Exposé comme une archive, il incarne la circularité de matériaux qui ont été cultivés, valorisés, transformés puis compostés (plantes tinctoriales, co-produits agroalimentaires, rebuts végétaux), mais aussi la circulation des connaissances qui se transmettent et s'enrichissent au fil des échanges. En présentant cette richesse chromatique, l'exposition devient un espace de réflexion sur la durabilité, la transmission et l'esthétique de pratiques écologiques. Elle contribue ainsi à la construction collective d'un nouvel imaginaire tinctorial.

Finalement, ce mode de diffusion a permis de partager les récits photographiques, matériels et textuels du processus de création que j'ai publiés en parallèle sur Instagram. Selon la professeure en communication Isabelle Mahy (2008) et le réalisateur écologiste Cyril Dion (2018), le récit, ici véhiculé par l'exposition, peut devenir un moteur de changement social pour stimuler l'imaginaire collectif. Trois semaines avant l'exposition, j'ai amorcé une série de publications quotidiennes sur les réseaux sociaux, pour présenter le contexte et le cadre théorique de ma démarche. J'ai abordé l'élément déclencheur du choix du sujet (l'impact de la toxicité textile) ainsi que les concepts clés tels que le biomimétisme, l'écolittératie et la circularité. Ces publications ont également souligné les inspirations pratiques et l'approche du vivant comme technologie à travers la biofabrication.

Cette stratégie de communication a contribué à accroître la visibilité de l'exposition et a suscité l'intérêt de certains médias, notamment de la presse écrite et de la radio. Elle s'inscrivait dans le mandat visant à explorer le potentiel du design comme moyen de sensibilisation aux enjeux de société à travers une approche à la fois créative et réflexive. Ce cycle de tests, d'observations, de spéculations, de collaborations et d'applications est au cœur de la pratique réflexive (Schön, 1983).

3.4.3 Une expérimentation intersectorielle sur l'écologie industrielle

Les expositions et les ateliers ont démontré la capacité des teintures naturelles issues de la valorisation de déchets à produire une multitude de teintes. De ce constat a émergé une réflexion sur la mise à l'échelle de ces processus au sein de l'industrie de la mode. Des contacts ont été établis avec divers acteurs québécois, notamment l'entreprise Cintech située à Saint-Hyacinthe, spécialisée dans la valorisation des déchets agroalimentaires du Québec, le Centre de Transfert des Technologies (CTT) expert en chimie verte textile (Saint-Hyacinthe) et la designer de mode Anne-Marie Laflamme (co-fondatrice d'Atelier b).

J'ai préparé des décoctions de divers déchets à base d'oignon, d'avocat et de canneberge. Puis, nous avons travaillé dans le laboratoire de Cintech pour transformer ces teintures liquides en colorants poudreux afin de faciliter leur usage industriel (fig. 3.22).



Figure 3.22 Étude de cas sur la canneberge (2022). De gauche à droite: la canneberge fournie par Cintech ; le laboratoire pour l'extraction des colorants par centrifugeuse ; les décoctions de teinture liquide : extrait poudreux, échantillons textiles teints et décoction liquide ; observation des teintes obtenues avec Michaela Skulinova, chef de projet innovation.

Ce projet collaboratif intitulé *Une approche plurielle du design textile à travers le développement de bioteintures locales* a été présenté lors du 89e colloque de l'Acfas (Montréal, 2022). Cette initiative a été fondamentale dans la tentative de mise à l'échelle de ma recherche, car elle a permis d'établir une synergie intersectorielle entre l'agroalimentaire et le textile. En effet, l'échange avec Cintech et le CTT a confirmé l'intérêt commun de valoriser des sous-produits agroalimentaires pour la production de colorants textiles locaux.

Bien que notre tentative initiale de transformer les colorants liquides en extraits n'ait pas abouti faute d'expertise technique suffisante, cette collaboration a confirmé le besoin d'approfondir les connaissances par le biais d'entrevues avec des experts.

Finalement, les expérimentations réalisées à travers les expositions, les ateliers et ce projet intersectoriel ont créé les conditions favorables à une réflexion critique provoquant une bifurcation significative de la recherche. En effet, si l'utilisation des coproduits agroindustriels pour élaborer des teintures est une piste intéressante – puisqu'elle valorise des matières premières abondantes, elle requiert cependant des connaissances en chimie organique pour produire des teintures solides à la lumière.

Le nuancier coloré de 315 teintes réalisé pour l'exposition *Residual Dye Spectrum* (2002) est encore bien conservé après trois ans, car il a été peu exposé à la lumière. En revanche, les échantillons de l'exposition *Culture de la Couleur : Une écolittératie du design textile* (2021) ont souffert de décoloration car placés derrière une vitrine ayant pignon sur rue pendant trois mois.

Ces deux expérimentations révèlent le besoin d'acquérir de meilleures connaissances en chimie organique des colorants et en conception de teintures circulaires et biodégradables. Ce moment pivot a réorienté ma stratégie de recherche et l'a ouverte à des échanges avec des experts sous forme d'entrevues semi-dirigées. Dans la continuité de la valorisation de sous-produits et de mes essais sur les déchets alimentaires, ces entrevues visent à identifier les pratiques tinctoriales circulaires et à évaluer le potentiel industriel des colorants naturels.

La prochaine section est consacrée au travail de Patrick Brenac, ainsi qu'aux échanges avec Axelle Gisserot, Henriques Bosco et Dominique Cardon qui défendent la valorisation de sous-produits agroalimentaires mais également de plantes dites invasives et de pratiques tinctoriales circulaires dans la quête d'une économie plus durable.

3.4.4 Expertises internationales en pratiques tinctoriales circulaires

Patrick Brenac (Green'Ing, France) fabrique des extraits végétaux tinctoriaux à partir de sous-produits des industries pharmaceutiques, vinicoles et forestières (fig. 3.23). Son extrait de thym, aux nuances de beiges et de jaunes, provient de l'industrie des huiles essentielles, dont il transforme les résidus en extraits colorants. Le déchet final est ensuite épandu sur les cultures. Son extrait de pépins de raisin, résultant de sous-produits vinicoles, engendre une gamme de rosés riches en tanins et son extrait de châtaignier, issu de la valorisation régionale de collecte de bois taillis, fournit une gamme de beiges et de gris. L'extraction est réalisée en circuit fermé à partir de l'eau contenue dans le bois : celle-ci est transformée en extrait, tandis que le bois est recyclé en panneaux de construction.



Figure 3.23 Valorisation de sous-produits régionaux en extraits colorants. Green'Ing (2024).

La figure 3.24 illustre le projet Circularité chromatique (2024), réalisés sur fils de laine locale à partir des extraits végétaux de Green'Ing (2024) et des plantes tinctoriales de Dahlia Milon. Il a été présenté lors du Bal de laine organisé par Fibershed Québec au musée McCord (Montréal, 2024).

Note de chercheur : Les trois premières colonnes de la figure 3.24 représentent des extraits de thym, de pépins de raisin et de châtaignier dérivés de la valorisation agricole de coproduits. Les colonnes 4 à 6 montrent des prototypes réalisés avec de la corroyère (une plante locale abondante en Occitanie), du réséda (gaude) et de la garance – qui sont deux plantes « grand teint » locales. Les 7e et 8e colonnes montrent des échantillons teints avec des plantes sèches (cosmos sulfureux et peau d'oignon). Ils permettent d'observer la différence entre les extraits et les plantes entières. L'extrait est utilisé sous forme de concentré, entre 3 à 10 % PdF, alors que la plante sèche nécessite 50 à 200 % PdF.

Les différents mordants utilisés sont spécifiés sur la gauche de l'image. La première rangée horizontale est réalisée avec 15% d'alun mélangé à 6% de crème de tartre, la deuxième rangée est obtenue avec du lactate de fer et 10% d'alun, la troisième rangée avec 5% d'oxalate de titanyl-potassium[45], la quatrième utilise du lactate de fer et la 5e rangée utilise du triformate d'aluminium. Ces bains de mordants sont utilisés à froid et peuvent être conservés longtemps. L'oxalate de titane apporte une base orange qui vivifie les couleurs. Le lactate de fer (4) offre des kaki et des gris ainsi que des effets plus doux et moins contrastés en mélange avec de l'alun (2).

On remarque que le champ des possibles chromatographiques est immense et que chaque détail doit être annoté pour que la teinte puisse être reproduite. Cependant, plusieurs facteurs entrent en jeu dans la couleur finale : la température et la durée du bain, le ratio plante/eau/fibre et même la qualité du tissage. J'ai testé chaque bain de teinture avec trois tissus de laine de poids différents, ce qui a influencé légèrement la couleur comme on peut l'observer sur la figure 3.24. La 6e rangée a été réalisée sans mordant.

[45] Ce composé est un sel de titane et d'acide oxalique stabilisé avec du potassium qui donne des nuances orange en combinaison avec des tanins (noix de galle) ou des flavonoïdes (réséda).



Figure 3.24 *Circularité chromatique*. Bal de laine, musée McCord (2024). De gauche à droite : laine teinte avec extraits de thym, pépins de raisin, châtaignier, corroyère, réséda et garance. Puis, avec des fleurs séchées (cosmos sulfureux) et des peaux d'oignon.

La collaboration avec Green'Ing valide le potentiel des déchets agro-industriels comme une ressource tinctoriale stable et standardisée. Cette réussite invite à élargir les explorations et à s'interroger sur d'autres gisements de couleurs inexploités, une démarche qui est au cœur des travaux de Dominique Cardon.

Complémentant l'approche de Green'Ing, Cardon évoque aussi un éventail de coproduits industriels et agricoles valorisables dans le domaine de la teinture textile comme les peaux de châtaignes, les feuilles d'artichauts et l'enveloppe extérieure verte des noix de coco.

Elle souligne également que la circularité implique d'optimiser l'exploitation des ressources et cite l'exemple des bois tropicaux de Guyane et de Madagascar – dont les propriétés tinctoriales sont parmi les plus élevées, mais tout autre bois est potentiellement concerné. L'activité forestière génère une quantité importante de déchets végétaux. Lors de la création de chemins d'accès dans les forêts, des tonnes de broussailles sont délaissées, incluant racines, écorces, branches, rameaux et feuilles. Ces résidus constituent un gisement de substances tinctoriales précieuses. Cardon suggère ainsi la conception d'unités d'extraction de colorant *in situ*, de petite taille et mobiles pour valoriser ces résidus (D. Cardon, communication personnelle, 24 janvier 2023). Ces mini

laboratoires itinérants dédiés à l'extraction de colorants naturels seraient équipés de cuves et de systèmes de filtration alimentés par l'énergie solaire.

Au-delà des résidus, certaines plantes dites invasives deviennent aussi des ressources tinctoriales. Plutôt que de les considérer uniquement comme nuisibles, leur mise en valeur locale permet de transformer une contrainte écologique en matière première. L'atelier LUMA, à Arles, a ainsi teint 100 kg de laine mérinos locale avec des espèces, dites envahissantes, du territoire telles que la renouée du japon (*Fallopia japonica*), l'ailante glanduleux (*Ailanthus altissima*) et le faux-indigo (*Amorpha fruticosa*). Ces plantes invasives, associées à des plantes tinctoriales locales, ont produit 72 teintes pour la tapisserie *Untitled Twenty Twenty One*, *Le bonheur n'est pas drôle toujours* (2021). Cette œuvre de l'artiste thaïlandais Rirkrit Tiravanija est exposée au Drum Café de la tour LUMA (A. Gisserot, communication personnelle, 21 décembre 2022). Ce projet à portée écologique implique des matières à la base indésirables, révèle des principes circulaires et confère à la couleur le rôle de vecteur de régénération et d'ancrage local.

Certains experts interrogés ont partagé des techniques circulaires qui favorisent la santé des sols et la biodiversité. L'agronome Anne de la Sayette (France) met en avant le potentiel de plantes tinctoriales cultivées par les agriculteurs avec lesquels elle collabore. Ces plantes participent naturellement à la rotation des cultures. Une parcelle produit du réséda (gaude) une année, puis du blé ou du maïs l'année suivante. Les profondes racines de la garance, plante qui nécessite un minimum d'irrigation, aèrent le sol pour le rendre plus fertile (A. de la Sayette, communication personnelle, 21 mai 2024).

Dr Bosco utilise tous les déchets produits par l'activité de sa teinturerie et fonctionne en circuit fermé. Les eaux usées filtrées servent à l'irrigation de ses plantations agricoles et le compost des plantes tinctoriales devient de l'engrais. Cette pratique agricole circulaire requiert également une expertise en agronomie et en botanique. Des connaissances essentielles pour garantir que les bains colorés usagés servent de solution nutritive écologique qui améliore la fertilité des sols et stimule la croissance des plantes (B. Henriques, communication personnelle, 13 février 2023).

Ces experts mettent en lumière l'importance de repenser nos modèles culturels et industriels pour intégrer la production de colorants dans une dynamique circulaire. Une vision proche de celle de l'économiste John Thackara (2015), qui propose un changement de paradigme selon lequel la croissance n'est pas mesurée en termes de profit mais plutôt en termes d'amélioration des systèmes naturels. Dans son ouvrage *How to Thrive in the Next Economy*, il avance des exemples concrets de communautés qui créent une économie alternative, plus durable et respectueuse de l'environnement. Il cite notamment des « restaurateurs de sols » et des « gardiens de rivière », pour désigner des acteurs locaux engagés dans la régénération écologique et la gestion durable des ressources naturelles. Tristan Lienhard, co-fondateur de la teinturerie AppleOak FibreWorks, est

quant à lui gardien de semences, ce qui contribue à la préservation de la biodiversité, la résilience écologique et la transmission des savoirs.

Ces acteurs œuvrent à restaurer la fertilité des sols et la qualité des écosystèmes aquatiques en s'appuyant sur la connaissance du vivant et la coopération locale. Ces méthodes incarnent le passage d'une économie extractive à une économie régénérative : elles montrent comment des communautés peuvent devenir responsables et actives dans la gestion du capital vivant.

Cette posture va dans le sens de Delannoy (2021) pour qui le biomimétisme invite à un « apport d'écoute, d'attention, de soin et de réciprocité » au vivant. Il souligne qu'en tant qu'humains, nous devons veiller à la biocompatibilité de nos productions. Ces perspectives offrent un cadre conceptuel pour repenser la production de colorants comme un processus régénératif plutôt que destructeur.

L'expérience des experts en teinture naturelle, les réflexions de Thackara et celles de Delannoy convergent vers une représentation d'économie circulaire et de réparation dans laquelle la production de colorants s'intègre dans un cycle qui valorise et soutient les systèmes naturels. Tous ont le souci de circularité puisque les déchets émanant d'une industrie constituent les ressources d'une autre, comme le préconise le concept d'écologie industrielle (Frosch & Gallopoulos,1989).

Les initiatives présentées dans cette synthèse témoignent de la diversité des démarches entreprises aujourd'hui autour des pratiques tinctoriales circulaires, en fonction des territoires, des communautés et des ressources disponibles. Cette observation conduit naturellement à interroger le rôle de la localité dans la mise en œuvre et la pérennité de ces pratiques durables, question qui est approfondie dans le chapitre suivant.

Conclusion

Ce chapitre, consacré à la circularité tinctoriale en design textile, a présenté des approches écologiques, théoriques et pratiques. Celles-ci s'alignent sur le rapport *The nature of fashion : Moving towards a regenerative system* de l'institut du biomimétisme (2021) qui met l'accent sur la décomposition et la biocompatibilité des matériaux.

Dans la première partie, j'ai exploré la circularité en design textile et en mode sous l'angle d'une approche systémique (Capra, 1996), chaque élément se trouvant en interaction dynamique avec l'ensemble. Puis, en prenant pour modèle les cycles naturels et les principes Cradle to Cradle (2009) lorsque les déchets d'un système deviennent des nutriments pour un autre, j'ai présenté des travaux de chercheurs en design qui explorent différents procédés en boucle fermée visant l'élimination d'ingrédients toxiques à la source et la biofabrication. J'ai également examiné certaines marques pionnières qui privilégient la qualité et la longévité des vêtements à travers la réparabilité, la surteinture, le biodesign et la réduction de déchets.

Cependant, même si le développement de techniques constitue une avancée notable, il apparaît toutefois insuffisant de limiter la réflexion à l'échelle des procédés. De nombreux chercheurs et praticiens soulignent la nécessité de repenser l'ensemble du système industriel textile en adoptant une approche globale et systémique. Ainsi, Kate Fletcher (2007) propose le concept de *slow fashion*, qui invite à ralentir la production, à valoriser la durabilité et à prendre soin de l'existant, en rupture avec la logique de surconsommation propre à la fast fashion. Rebecca Earley (2017), quant à elle, développe depuis deux décennies des outils pédagogiques pour faciliter l'adoption de pratiques innovantes et responsables à toutes les étapes de la chaîne de valeur. Parallèlement, des collaborations interdisciplinaires émergent entre designers, biologistes et chimistes, à l'image des travaux de Suzanne Lee (2003) et Natsai Audrey Chieza (2018), qui explorent la production de fibres et de teintures compostables à partir de microorganismes.

Ces volontés témoignent d'un mouvement vers une industrie textile régénérative guidée par les principes directeurs que sont la circularité, le biomimétisme et les impacts environnementaux et sociaux. Dès lors, il s'agit moins d'additionner des solutions techniques que de refondre les paradigmes de production, d'usage et de fin de vie des textiles, afin d'inscrire la mode dans une économie véritablement circulaire et respectueuse du vivant (Ellen MacArthur Foundation, 2017).

Dans cette dynamique, ma réflexion sur la circularité s'est poursuivie par des expérimentations matérielles et tinctoriales. L'utilisation de bactéries productrices de pigments, capables de générer des colorants à température ambiante, constitue une alternative efficiente et peu énergivore aux procédés de teinture traditionnels. Cette approche, encore expérimentale, laisse entrevoir des solutions innovantes qui viennent compléter l'usage des teintures végétales, dont l'efficacité et la

stabilité sont historiquement reconnues. Si le potentiel des micro-organismes pour la production de couleurs s'avère prometteur sur le plan écologique, des enjeux subsistent quant à la mise à l'échelle, à la reproductibilité des résultats et à la stabilité des teintes dans le temps. Dans cette même logique de circularité, la valorisation de sous-produits agroalimentaires émerge comme une ressource tinctoriale accessible et renouvelable tout en enrichissant la palette chromatique.

Puis, j'ai expérimenté le croisement de ces deux approches, lorsque les déchets alimentaires deviennent des nutriments pour les bactéries à l'image des écosystèmes où chaque déchet est réintégré comme ressource dans un nouveau cycle de production. Ces idées s'inscrivent ainsi dans une logique de design prospectif. L'expérimentation devient alors un outil critique pour interroger les futurs possibles des colorants en contexte textile.

Cette réflexion matérielle et artistique a été présentée au public lors de deux expositions conçues comme des espaces de sensibilisation. *Culture de la Couleur* (2021) – une approche interdisciplinaire de la durabilité en connectant les champs du design textile, de l'écologie et de la critique environnementale – m'a permis de partager une documentation méthodologique sous forme de photos, de prototypes et de vidéos. *Residual Textile Dye Spectrum* (2022) comprenait un nuancier géant de 315 teintes comme objet de réflexivité éthique. Ces deux expositions interrogeaient collectivement les enjeux de la toxicité textile tout en présentant des alternatives régénératives issues de pratiques de teinture écoresponsables. Elles cherchaient à mettre en lumière des processus généralement invisibles aspirant à dénormaliser la pétrochimie comme référentiel dominant en teinture textile. Finalement, elles souhaitaient aussi afficher une volonté de relocaliser les chaînes de production pour contribuer activement à la construction collective d'un imaginaire tinctorial post-pétrochimique.

À la lumière de ce chapitre, il ressort que l'approche biomimétique invite à ancrer nos productions dans la dynamique du vivant. Ainsi, les ingrédients et les protocoles de teintures doivent agir en synergie avec les processus naturels à travers la biodégradabilité et la non-toxicité.

Ces éclairages sur le concept de circularité en teinture montrent qu'au-delà de sa fonction esthétique, la couleur est un vecteur entre le corps humain et l'environnement en interaction constante avec le vivant. Ces premiers résultats appellent des discussions approfondies avec des experts et des professionnels sur les approches locales et biorégionales. C'est l'objet du chapitre suivant

Chapitre 4 L'approche locale comme pilier d'une production tinctoriale écoresponsable

Ce chapitre explore la localité en tant que principe durable dans la production de teintures textiles. Il s'appuie sur des entrevues avec des experts en France, en Irlande, en Inde et aux États-Unis ainsi que sur des visites de champs tinctoriaux au Québec. Cette démarche orientée vers l'action, en continuité avec les principes circulaires du chapitre précédent, vise une meilleure compréhension des pratiques tinctoriales écoresponsables et de leur mise à l'échelle.

La réflexion porte dans un premier temps sur l'analyse des répercussions sociales, environnementales et économiques engendrées par la délocalisation de l'industrie textile.

Elle se poursuit avec deux études de cas illustrant des modèles alternatifs de production textile locale. D'abord, l'approche biorégionale du laboratoire textile de l'atelier LUMA (Axelle Gisserot, France), puis le modèle Fibershed, qui a inspiré l'initiative Fibershed Québec (Marie-Ève Faust, Canada). Ces exemples serviront à analyser les dynamiques territoriales, les savoir-faire locaux et la circulation des ressources dans le contexte d'une production textile durable.

Elle enchaîne avec la présentation des pratiques tinctoriales émergentes de teintureries tels que BioDye India et AppleOak FibreWorks et de deux jardins tinctoriaux québécois (Dahlia Milon, Kamouraska; Nadia Bunyan, Montréal). Au-delà de leur dimension régénérative, ces exemples illustrent une véritable rupture avec le modèle standardisé des teintures synthétiques et invitent à un changement de regard et à une transformation des mentalités quant à notre rapport aux colorants textiles.

À travers trois études de cas – atelier LUMA (France), teinturerie Green Matters Natural Dye Company (États-Unis) et CRITT Horticole (France) – la discussion abordera ensuite les procédés de mise à l'échelle industrielle des colorants végétaux.

Puis, le chapitre se termine sur la présentation d'initiatives circulaires locales visant un impact global. À cette fin, elles démontrent une volonté de développer des filières textiles durables qui réduisent l'impact environnemental de la production textile, renforcent le tissu économique local et préservent les traditions artisanales.

4.1 L'impact socio-environnemental et culturel de la délocalisation de l'industrie textile

Depuis les années 1970, l'industrie textile mondiale s'est progressivement délocalisée vers l'Asie. Ce mouvement s'est fortement accéléré après 2005, à la suite de la levée des quotas sur les importations textiles en provenance de Chine (Cline, 2012 ; Siegle, 2011).

Au Québec, à l'instar du monde occidental, la délocalisation a entraîné une perte massive d'emplois, de savoir-faire, ainsi qu'une diminution de l'infrastructure industrielle (Boelen, 2023 ; Burgess, 2019 ; De Castro, 2021 ; Fletcher, 2014). La disparition du patrimoine industriel textile local a aussi engendré un appauvrissement culturel, identitaire et historique (Thanhauser, 2022). Ainsi, la perte des métiers à tisser et d'autres machines, témoins de savoir-faire ancestraux et d'une riche histoire technique et sociale, prive les nouvelles générations de designers de repères sur leur héritage industriel et artisanal.

Fletcher (2014), Burgess (2019) et Thanhauser (2022) soulignent aussi que la fast fashion a rompu le lien avec le territoire, la créativité et les droits des consommateurs d'acquérir des produits de qualité, fabriqués de manière sécuritaire.

Selon Greenpeace (2011), l'industrie textile est responsable de 20% de la pollution mondiale de l'eau, dont 70% des cours d'eau en Chine. Malgré des législations contre ces rejets toxiques, la quête de profit, la concurrence ainsi que la pression des grandes marques pour obtenir des coûts de production toujours plus bas conduisent les sous-traitants à négliger les conditions de travail et les normes de sécurité pour rester compétitifs. L'effondrement du Rana Plaza au Bangladesh (2013) a démontré de manière tragique le résultat de cette stratégie : plus de 1100 ouvrières ont été tuées. Pourtant, les bénéfices générés par des marques comme Zara[46] et H&M – dont la production annuelle de nouveaux vêtements s'élève à plus de 100 milliards – augmentent chaque année et accentuent les inégalités (Fashion Network, 2024).

Pour répondre aux préoccupations éthiques des consommateurs, ces marques développent aujourd'hui des initiatives sociales[47]. Pourtant leur modèle de production continue de soulever des enjeux socio-environnementaux. Même lorsque ces marques sélectionnent des fabricants répondant à des critères éthiques, la pression exercée sur les coûts et les délais de production conduit souvent ces fabricants à sous-traiter une partie du travail à des usines dont les conditions sont plus précaires. Ces pratiques favorisent l'irresponsabilité collective de la filière textile comme

[46] Son fondateur et président, Amancio Ortaga, représente la 9e fortune mondiale (Forbes, 2024).

[47] Responsabilité Sociétale des Entreprises (RSE).

en atteste l'usine de viscose du groupe *Aditya Birla*[48] à Mumbai (Inde) où la pollution des cours d'eau provoque de nombreuses maladies neurodégénératives au sein des communautés avoisinantes. Plutôt que de s'attaquer à cette pollution chronique, l'usine préfère fournir des bidons d'eau potable aux résidents locaux (Bovon & Perrin, 2021).

Passant d'un modèle basé sur l'offre à un modèle basé sur la demande, des marques dites ultra fast fashion, comme Shein, surpassent le rythme de production de Zara et H&M. Shein propose quotidiennement en ligne de nouveaux produits fabriqués en petites quantités (100 à 200 unités). Cette stratégie lui permet d'ajouter des milliers de nouveaux produits chaque jour sur son site, quand des concurrents comme Zara en proposent « seulement » quelques centaines chaque semaine.

Selon l'article *Shein, l'épouvantail de la mode* (Zhu, 2024), des délais de production très courts ont de lourdes conséquences sociales et environnementales. D'une part, le prix dérisoire des articles (en moyenne de 12 $) perpétue les bas salaires et l'exploitation des travailleurs payés à la pièce, sans contrat, pour une durée hebdomadaire dépassant 75 heures. D'autre part, les matériaux issus de la pétrochimie (polyester et colorants synthétiques) utilisés pour la production quotidienne de plus de 7 000 nouveaux modèles génèrent entre 15 000 et 20 000 tonnes de CO_2 et engendrent une importante pollution de l'eau par les microplastiques. Shein révèle une augmentation de 52 % de ses émissions de gaz à effet de serre en 2022 par rapport à 2021, atteignant 9,17 millions de tonnes de CO2, en raison notamment d'une hausse de 57 % du volume de sa production (Zhu, 2024).

En l'absence de régulations internationales strictes et appliquées, ce modèle économique perdure et prospère (Wicker, 2023). D'où le devoir d'efforts concertés en matière d'éducation, de régulation et d'alternatives durables pour briser ce cycle d'exploitation, de toxicité et d'inégalités croissantes. Les documentaires, les médias, les réseaux sociaux et les campagnes menées par des organisations non gouvernementales (ONG) contribuent à lever le voile sur ces pratiques polluantes et toxiques (Ellen MacArthur Foundation, 2017; Greenpeace, 2011; Morgan, 2015). Cependant, cette communication ne modifie en rien le comportement d'achat. L'inflation croissante, le contexte économique et la baisse du pouvoir d'achat contribuent à maintenir un cycle de consommation vestimentaire à bas prix (Siegle, 2011).

Ce décalage entre intention de mieux faire et comportement d'achat dicté par les bas prix s'explique en partie par la distance géographique entre les consommateurs et les lieux de production, mais aussi par l'opacité de la chaîne d'approvisionnement qui rend la traçabilité d'un vêtement – de sa conception à sa commercialisation – presque impossible (Cline, 2012 ; De Castro, 2021; Fletcher, 2014). De ce fait, la majorité des consommateurs sont déconnectés du lien entre leurs achats de

[48] Son président Kumar Mangalam Birla a fait croître le chiffre d'affaires annuel de 2 milliards de dollars en 1995 à 60 milliards en 2022, faisant de ce multimillionnaire la 6e personne la plus riche d'Inde (Forbes, 2024).

vêtements et leurs conséquences sur la pollution et la santé (Cline, 2012 ; Ellen MacArthur Foundation, 2017 ; Siegle, 2011). Certaines activistes de la mode éthique et durable comme Orsola de Castro (cofondatrice de l'ONG Fashion Revolution) et Safia Minney (autrice de *Regenerative Fashion*, 2022) insistent sur l'importance de reconnecter les consommateurs à l'histoire et à l'impact de leurs vêtements, notamment à travers des appels comme #WhatsInMyClothes qui invitent à contacter les fabricants pour en savoir plus sur les modes de production (cf. 3.2.2).

La figure 4.1 synthétise les étapes de production et les impacts socio-environnementaux d'un vêtement délocalisé. De la culture de la fibre à la filature, en passant par le tissage, la teinture et l'assemblage, ces procédés sont souvent opérés dans des pays différents. Dans ce contexte, un vêtement peut avoir parcouru des milliers de kilomètres avant d'être acheté (Siegle, 2011). La figure inclut aussi le coût environnemental du transport, l'utilisation massive de pesticides pour les monocultures de coton, la déforestation causée par la production de viscose, la surexploitation pétrolière (polyester, teintures synthétiques) ainsi que les mauvaises conditions de travail de la main-d'œuvre (ADEME, 2024). De plus, la délocalisation cause aussi l'appauvrissement économique et culturel du territoire concerné ainsi que la réduction de son PIB, puisque la valeur ajoutée est transférée à l'étranger et que sa dépendance aux importations augmente.

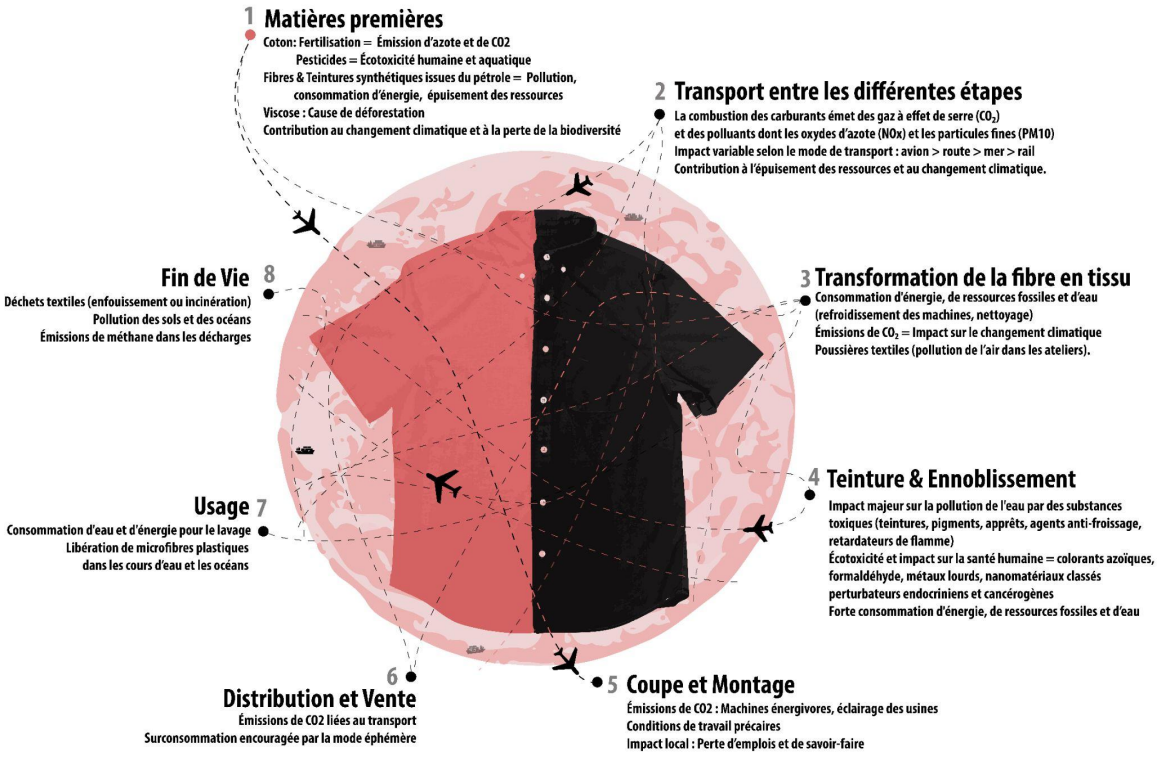


Figure 4.1 Impact de production d'un vêtement délocalisé, selon un rapport de l'ADEME (2024).

Pour briser ce cycle, plusieurs initiatives politiques ont vu le jour. En mars 2024, la France a adopté une proposition de loi visant à pénaliser la fast fashion avec une taxe pouvant atteindre 50 % du prix du produit (plafonnée à 10 €). Cette loi a été approuvée par le Sénat en juin 2025. Elle cible notamment des marques comme Shein et Temu qui se voient interdites de publicité et font l'objet d'un système de malus. Paradoxalement, depuis l'automne 2025, Shein est commercialisée aux Galeries Lafayette, grand magasin parisien symbole du commerce de prestige. La recherche du profit économique continue de primer sur les impératifs écologiques.

La loi anti fast fashion s'inscrit pourtant dans une logique de responsabilisation des entreprises selon le principe du pollueur-payeur. Environnement et changement climatique Canada (ECCC) a lancé en 2024 une consultation publique pour lutter contre les microplastiques et promouvoir la circularité dans l'industrie textile. Elle réunit des industriels, des communautés autochtones et des ONG qui réfléchissent à des solutions concrètes, notamment en identifiant et éliminant les sources de pollution et en favorisant la réutilisation et le recyclage des textiles.

Anaïs Voy-Gillis (2025), géographe et spécialiste des enjeux industriels, estime quant à elle qu'une « réindustrialisation raisonnée » et locale renforcerait l'autonomie industrielle. Cette vision politique et économique est en train d'émerger collectivement en réponse aux limites de la mondialisation et à l'urgence climatique. Emmanuel Delannoy (2021) en établit le socle philosophique et écologique dans son concept de permaéconomie. Thomas Huriez (2019, 2024) en démontre l'application pratique avec son principe de permaindustrie et son entreprise 1083, prouvant qu'un modèle industriel local, circulaire et socialement juste est non seulement possible mais aussi économiquement viable. Ces exemples ont été discutés dans le chapitre 1.

La réindustrialisation favorise ainsi une résilience territoriale, qu'elle soit nationale, provinciale ou régionale, face aux crises économiques et sanitaires internationales. Cette pratique stimule aussi la création d'emplois et donc le dynamisme économique local. Selon elle, la réindustrialisation ne doit pas se contenter de relocaliser des activités, mais s'inscrire dans une transformation profonde et durable du tissu industriel local, en cohérence avec les défis économiques, sociaux et environnementaux actuels et le respect du vivant.

Plusieurs théoriciens et praticiens considèrent l'approche de production locale comme une piste prometteuse. David Orr (1990) propose de redonner vie à de petits territoires (quartier, communauté, région) comme échelle privilégiée d'action éducative, sociale et écologique. Il distingue le « résident », qui occupe un lieu sans y être enraciné, de l'« habitant », qui développe une connaissance intime et une responsabilité envers son environnement, car il en comprend l'incidence sur son bien-être. Cette idée rejoint celle de Kate Fletcher (2014) qui considère que la localité encourage une production à échelle humaine. Cette échelle rend notre environnement plus intelligible et nous invite à en prendre soin.

Dans cette perspective, il est nécessaire de repenser la production textile et tinctoriale en la rattachant plus fortement à des dynamiques territoriales.

4.2 Une production textile ancrée dans le territoire : définir un espace d'action et d'identité

Les initiatives évoquées ci-dessus sont illustrées dans cette section avec deux exemples de production textile locale. D'abord l'approche régionale du laboratoire textile de l'atelier LUMA (Arles, France) qui valorise les ressources humaines et matérielles de la Camargue. Ensuite, le modèle Fibershed installé en Californie (États-Unis) qui conçoit un vêtement circulaire du sol au sol (*soil to soil*) dans un rayon de 250 km. L'initiative Fibershed Québec s'inspire de ce modèle pour développer une production textile à l'échelle de la province et sera également abordée.

4.2.1 L'atelier LUMA : une réindustrialisation raisonnée des ressources locales

L'atelier LUMA est un centre de recherche en design interdisciplinaire dont les projets sont étroitement connectés à l'environnement géographique et culturel local. Cartographiant les ressources matérielles et humaines de la région afin de promouvoir ses savoir-faire, l'Atelier valorise l'exploration, la collaboration, la mise à l'échelle et le partage de connaissances sous forme de publications, de conférences, d'expositions et de workshops.
Le laboratoire textile, dirigé par Axelle Gisserot, rassemble des designers, des ingénieurs, des chercheurs (biologie, chimie, sociologie) et des techniciens autour de quatre domaines principaux : les fibres, la couleur, la construction textile et l'ennoblissement (teinture, impression, apprêt). Cette démarche combine des savoir-faire régionaux traditionnels et contemporains et s'appuie sur quatre piliers : Find, Connect, Engage et Share (Gisserot, 2024).

Find concerne des recherches ancrées dans des écosystèmes naturels et culturels locaux.
L'étape préliminaire de chaque projet consiste à étudier l'environnement géographique et à rencontrer les participants – designers, chercheurs, artisans et citoyens – afin de recueillir des données sur le climat, les ressources naturelles et les savoir-faire traditionnels. Ces informations dessineront la cartographie du paysage écologique, culturel et industriel local (A. Gisserot, communication personnelle, 21 décembre 2022). Par exemple, l'objectif du projet *Géographie de la couleur* (2017) était de créer un nuancier reflétant les couleurs identitaires du territoire. Cette recherche s'est poursuivie en étudiant le potentiel colorant des algues (*dunaliella salina*, *scenedesmus*, *chlorelle*, *spiruline*) pour la production de teintures. Elle a rassemblé un panel d'acteurs pluridisciplinaires tels que des aquaculteurs, saliniers, biologistes, bergers, filateurs, ingénieurs et tisserands pour réfléchir collaborativement à la réutilisation de cette matière première. D'autres projets ont valorisé des espèces végétales exotiques dites envahissantes (renouée du japon, ailante glanduleux) et des coproduits agricoles (pépins de raisin, peaux de grenade, feuilles de

vigne) pour explorer leur potentiel tinctorial, dans une démarche à la fois écologique et expérimentale.

Connect implique la collaboration d'acteurs dans des projets imprégnés de la culture locale.
Par exemple, le projet *Tutti Frutti*, réalisé avec le designer italien Martino Gamper (2020) consistait à concevoir du mobilier témoignant des ressources et savoir-faire régionaux. Les banquettes du réfectoire du parc des ateliers d'Arles ont ainsi été fabriquées à partir de matériaux locaux biosourcés comme de la laine mérinos d'Arles feutrée, puis rembourrées avec de la paille de riz issue de la l'industrie rizicole locale et teintées à la garance régionale. L'équipe était composée d'artisans et d'industriels locaux comme la teinturière Sandrine Rozier et la filature Terrade pour le feutrage de la laine. Les projets de l'Atelier proposent de nouveaux critères de production régénératifs – tels que la recapture du carbone dans le sol grâce à des matériaux compostables et la valorisation de sous-produits agroalimentaires, forestiers et vinicoles. *Connect* construit des filières de production de matériaux biosourcés provenant de déchets agricoles locaux (paille de riz, moelle de tournesol) ou d'espèces envahissantes comme la canne de Provence et l'agave.

Engage est une phase de mise en action où les projets sont éprouvés en contexte réel.
Il s'agit de suivre les matériaux, les dispositifs et les objets dans le temps et dans l'usage qu'on en fait au quotidien. Ceci permet d'évaluer l'évolution et le vieillissement des projets comme la tapisserie exposée au Drum Café de la fondation LUMA ou encore les banquettes du réfectoire du parc des ateliers. *Engage* est aussi l'étape où se planifie la mise à l'échelle des projets, selon les sources de matières premières et les capacités de production. Par exemple, expérimentant la teinture naturelle à partir de garance, de gaude et d'indigo utilisées dans la région depuis l'Antiquité, le laboratoire textile a développé un jardin de plantes tinctoriales de 200 m^2 conçu comme un lieu d'étude pour produire ses propres pigments. Réalisé avec des botanistes, cet espace comporte des plantes colorantes, médicinales et à fibres (lin, coton) qui approvisionnent le laboratoire textile en matières premières pour la production de colorants et de mordants. Équipé d'un système d'irrigation souterrain, ce jardin est alimenté par un bassin de phytoremédiation pour filtrer et dépolluer les eaux usées en utilisant l'activité métabolique des plantes. Ce système permet aussi d'évaluer l'impact de l'activité tinctoriale sur l'environnement par l'analyse des polluants traités.

Share formalise et diffuse les connaissances produites afin de rendre les méthodes et résultats reproductibles et accessibles à d'autres acteurs, localement et internationalement.
Les méthodes développées au sein du laboratoire textile sont partagées via des publications (*Le design comme outil de transition*, Boelen & Sacchetti, 2019 ; *Pratiques Biorégionales de Design*, Boelen et al., 2023), des conférences thématiques, des newsletters (*Algae Review*), des expositions

(Triennale de Milan, 2023), des workshops et des résidences avec des universités (Harvard[49], Roche Continents[50]). Réfléchir collaborativement à des solutions adaptées aux bouleversements sociétaux, écologiques et économiques mondiaux, transmettre les savoir-faire traditionnels (techniques de teintures naturelles, feutrage, tissage) et les innovations (broderie de bioplastiques, utilisation de robots), contribuer à la transition écologique du design textile par la pratique et l'expérimentation. Telles sont les missions de LUMA.

Ces quatre piliers fonctionnent dans un réseau de production en circuit court qui s'appuie sur des infrastructures existantes et un maillage d'acteurs interdisciplinaires (agriculteurs, ingénieurs, chercheurs, designers, producteurs, teinturiers) construisant une expertise biorégionale. La notion de circuit court se mesure par la proximité géographique, la mobilisation des ressources locales et la réduction des intermédiaires. Au fil des projets de LUMA a émergé un nouveau modèle reproductible de croissance, qualifié de « Biofabrique » (Boelen et al., 2023) et synthétisé dans la figure 4.2.

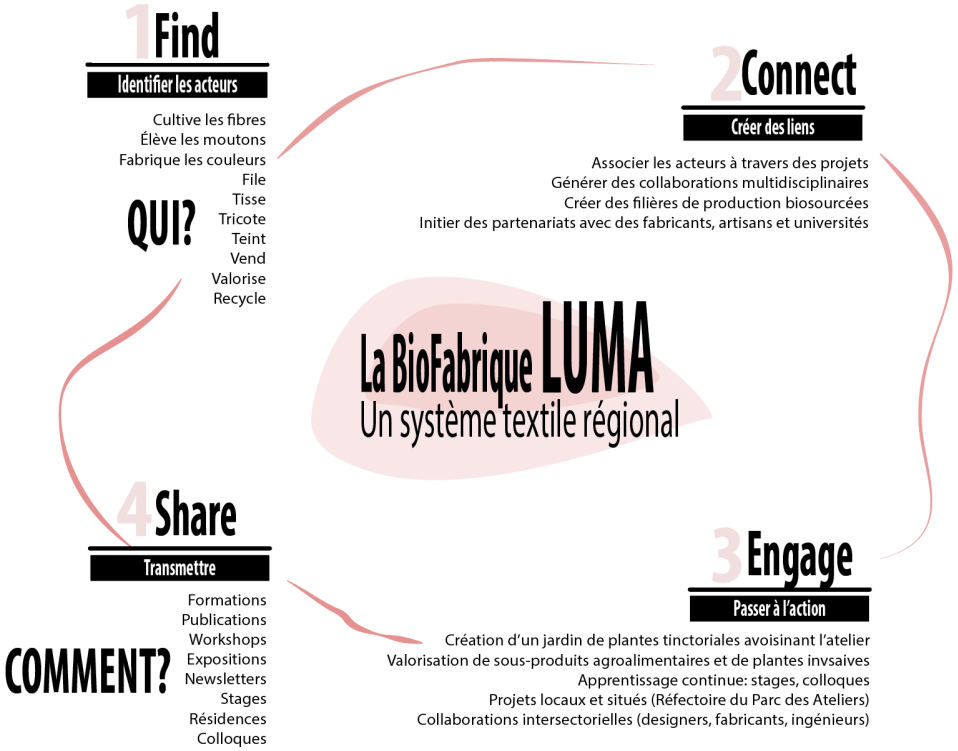


Figure 4.2 Piliers de l'atelier LUMA : cartographie des acteurs, ressources et procédés. Une expertise biorégionale axée sur la santé et la résilience des écosystèmes et des communautés.

[49] https://www.gsd.harvard.edu/2019/06/regenerative-empathy-exhibition-shares-studios-findings-with-the-french-community-that-inspired-it

[50] https://www.roche.com/about/philanthropy/arts-and-culture/roche-continents

De manière similaire, le modèle d'économie textile local de Fibershed valorise les ressources matérielles et humaines d'une région pour la production de vêtements écoresponsables.

4.2.2 Fibershed : une approche du « sol au sol » favorisant l'économie textile locale

Le système régional de production de fibres et de teintures Fibershed [51] est né en Californie dans les années 2010 à l'initiative de Rebecca Burgess. Cette designer, tisserande et teinturière, prône une approche écosystémique de la conception et de la production tinctoriale qui respecte les liens étroits entre la production textile, la communauté locale et le bien-être environnemental (fig. 4.2).

Constatant un manque de transparence sur l'origine et le parcours du vêtement, Burgess oriente sa réflexion sur les liens entre agriculture, textile et écologie. Elle entend favoriser des modes de cultures de fibres et de plantes tinctoriales qui respectent la biodiversité, favorisent la capture du carbone et enrichissent les couches supérieures du sol où opère l'activité biologique. Elle se questionne sur la provenance des fibres et des teintures, sur les liens entre les différents acteurs de la filière textile et sur la fin de vie des vêtements. Burgess a commencé par cartographier sa région pour connecter les agriculteurs qui produisent la matière première aux artisans qui la transforment. Inspirée par ce maillage d'expertises, elle s'est lancé le défi de concevoir une « garde-robe prototype », de la plante au placard, dans un rayon de 250 km (Burgess, 2019).

La figure 4.3 illustre la façon dont chaque étape de la production influence la compostabilité du vêtement : le mouton représente l'approvisionnement en fibres et en teintures naturelles et l'usine illustre une fabrication évitant les intrants toxiques qui permettra au vêtement en fin de vie de servir d'engrais aux plantes. La priorité est mise sur la recapture du carbone à travers le compost qui enrichit la terre. Ce cycle dit « sol au sol » préserve la santé de la terre et par extension la santé humaine à chaque étape de production.

[51] https://fibershed.org

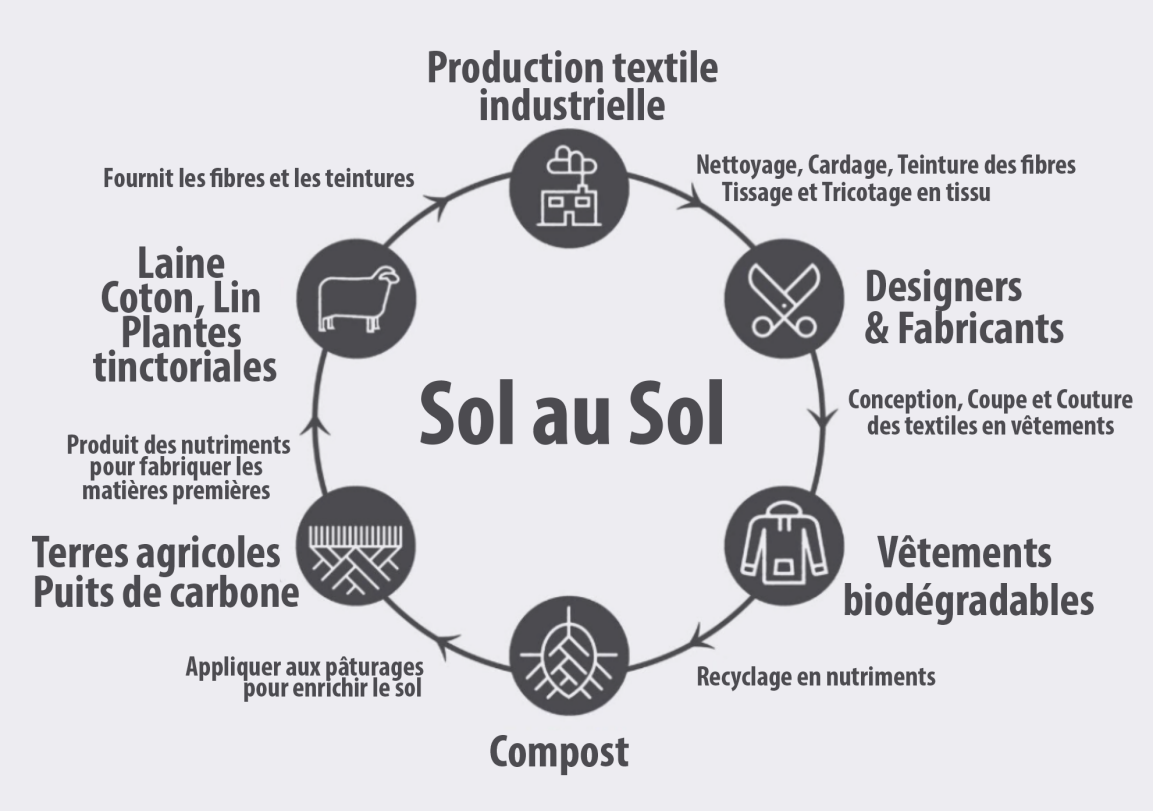


Figure 4.3 Schéma du cycle « sol au sol ». Adapté, traduit et reproduit avec autorisation de Burgess (Fibershed, 2019).

Le principe « sol au sol » demande de s'adapter aux spécificités de la région, à ses défis géographiques, climatiques et politiques singuliers. Ainsi, la Californie connaît des épisodes de sécheresse récurrents. Dans certaines communautés agricoles, ces évènements s'accompagnent de la réduction obligatoire de la consommation d'eau de 20 % à 80 % pour favoriser la culture intensive d'amandes dont la région est la première exportatrice mondiale (R. Burgess, communication personnelle, 6 octobre 2023). Ceci rend difficile la production de teinture végétale locale.

Burgess cherche donc à sensibiliser les acteurs politiques à une gestion plus équitable des ressources en eau et à impliquer les communautés locales dans les prises de décisions. Elle met en avant des solutions accessibles, ancrées dans le local, telles que le travail de l'agricultrice Sally Fox sur les espèces endémiques de coton naturellement coloré. Ces variétés poussent sans pesticide, nécessitent un arrosage réduit et évitent le recours aux colorants.

Cette approche, qu'elle décrit plus amplement dans son ouvrage *Harvesting Color: How to Find Plants and Make Natural Dyes* (2011), repose sur l'idée que l'exploration du potentiel de

l'environnement local, notamment via la cueillette et la culture de plantes tinctoriales, agit comme un facteur identitaire. En protégeant la biodiversité et l'identité locale, elle contribue à renforcer le sentiment de connexion des habitants avec leur lieu de vie. Pour Burgess, « notre garde-robe est une expression vivante de notre communauté et de notre terroir » (2019, p. 61). Dans cette perspective, l'approche Fibershed favorise une relation mutuellement bénéfique entre éleveurs, agriculteurs, designers, artisans et industriels.

Fibershed inspire aujourd'hui plus de soixante-dix systèmes régionaux dans le monde, dont Fibershed Québec. Ce mouvement vise aussi à réhabiliter une filière textile à l'échelle de la province. Initié en 2022 par Marie-Ève Faust, professeure en responsabilité sociale et environnementale à l'École supérieure de mode de l'ESG UQAM, le projet a débuté par une étude de la chaîne d'approvisionnement québécoise. L'objectif était d'identifier les fibres indigènes à privilégier et de cartographier les acteurs afin de créer un répertoire de partenaires et favoriser un tissage d'expertises. Fibershed Québec cherche aussi à établir des ponts entre le milieu académique, la recherche et l'industrie de la mode afin de redynamiser une production textile autrefois florissante.

Cette étude a permis de réaliser un état des lieux des opportunités et des défis de la production textile régionale. Elle confirme que le climat québécois est inapproprié pour la culture du coton, car cette fibre exige un environnement humide et chaud. La production de coton la plus proche se situant au sud des États-Unis. En contrepartie, la région peut s'appuyer sur des ressources et matériaux locaux comme la laine et la fourrure, ainsi sur des techniques maîtrisées comme le tricot et le feutrage. Malgré ces atouts, la production textile régionale est limitée, principalement par le manque de métiers à tisser et la perte de savoir-faire essentiel qui entrave l'exploitation des fibres végétales écologiques comme le lin et le chanvre.

Le projet s'est ensuite concentré sur la laine, une ressource abondante sur le territoire mais souvent considérée comme un déchet. On distingue en effet les moutons élevés pour leur laine de ceux destinés à la viande, plus nombreux localement. Cependant, concernant ces derniers, les fibres de leur laine sont plus courtes, plus grossières et moins homogènes rendant leur transformation textile plus complexe. Ainsi cette laine est considérée comme un sous-produit de moindre qualité. Toutefois, des stratégies comme le tri des toisons, des traitements adaptés en filature ou le mélange avec d'autres fibres sont mises en œuvre pour sa réutilisation.

Pour favoriser l'émergence de collaborations, des rencontres annuelles ont été organisées rassemblant une cinquantaine d'acteurs autour des enjeux de circularité, de partage des savoirs et d'échange d'expertises (École supérieure de mode, ESG UQAM, 2022 et 2023 ; Bal de laine, musée McCord, 2024 et musée Redpath, 2025). Ce travail de cartographie et de mise en réseau s'est concrétisé par la publication de l'ouvrage collectif *Tisser l'avenir : vers une mode québécoise responsable* (Faust & Le Quellec, 2025). Ce livre fournit un état des lieux rigoureux de la chaîne

de valeur québécoise et propose des fondements conceptuels et pratiques pour le développement d'un système textile durable et ancré localement.

L'autre volet d'actions comprenait la visite de fermes, de champs de plantes tinctoriales, d'élevages de moutons, d'artisans ainsi que de chercheurs en textile et colorants. Cette démarche a mené à l'élaboration de « portraits » (fig. 4.4) pour valoriser les savoir-faire sur les réseaux sociaux et susciter de nouvelles collaborations. Par exemple, le portrait de Lylliane Le Quellec, éleveuse, fileuse, teinturière et pédagogue, a mis en avant l'importance de la transmission de techniques traditionnelles de tonte, de cardage (démêlage et alignement des fibres), de filage, de teinture et de tricot.

Note de chercheur : Ma contribution au développement de Fibershed Québec donne l'occasion de démocratiser les pratiques tinctoriales non toxiques et locales issues de plantes indigènes, de la valorisation de sous-produits agro-industriels et de fibres naturelles. En 2023, j'ai ainsi teint de la laine locale provenant des moutons de Lylliane Le Quellec avec des pelures d'oignons et des peaux d'avocats (fig. 4.4). Les échantillons ont été préalablement mordançés à l'alun et certains ont été nuancés au fer en post-bain pour obtenir des kaki et des gris. Ces textiles sont compostables dans des conditions adaptées (compost domestique ou industriel bien géré). La majorité de leurs composants (fibres, colorants végétaux, tannins) se dégradant naturellement. Seules de faibles traces de sels métalliques issues des mordants peuvent subsister dans le compost final. Une analyse de la qualité du sol après décomposition permettrait de confirmer leur innocuité à long terme, mais elle n'a pas été réalisée dans le cadre de cette recherche. Il est important de noter que bien que la compostabilité soit un facteur important dans une approche biomimétique, le but ultime n'est pas de produire des textiles pour qu'ils soient compostés mais pour qu'ils restent en circulation le plus longtemps possible. Cette exploration matérielle, publiée dans le magazine *Fibershed : Threading resilience - Growing Regional Fiber Systems Worldwide*[52] (2023, pp. 42–45), a montré comment une chaîne d'approvisionnement textile locale ainsi qu'un réseau de collaborations entre éleveurs, fileurs, tisserands et teinturiers peut être créé.

[52] https://issuu.com/fibershed/docs/affiliate_zine-july2023-single_pages



Figure 4.4 Portraits d'artisans locaux de Fibershed Québec (2023). De gauche à droite : Lylliane Le Quellec, éleveuse, fileuse, tricoteuse, teinturière et éducatrice ; teintures naturelles que j'ai réalisées sur fils de laine québécoise à l'occasion de la conférence Un triple Regard sur la couleur pour la rencontre annuelle de Fibershed Québec (ESM ESG UQAM2023). Photos de gauche : © L. Le Quellec.

Le développement de Fibershed Québec repose sur un groupe interdisciplinaire composé d'universitaires, de membres de centres de transfert technologique collégiaux (CTTC), de partenaires du secteur agricole, d'industriels, de manufacturiers et de distributeurs.

Le tableau 4.1 compare le modèle initial de Fibershed avec l'adaptation de Fibershed Québec.

Tableau 4.1 Fibershed Québec adapte le modèle aux spécificités de son territoire

Principes	Fibershed Californie (modèle original)	Fibershed Québec
Pratiques régénératives	Agriculture et élevage qui restaurent les écosystèmes (pâturage régénératif, compostage, séquestration du carbone).	IDEM + Collaborations avec des fermes ovines et producteurs québécois qui appliquent des pratiques agroécologiques et durables.
Relocalisation de la production	Réduction des chaînes mondiales au profit de chaînes régionales : filature, teinture, confection locales.	IDEM + Mise en réseau d'acteurs québécois du textile (éleveurs, fileurs, teinturiers, designers) pour reconstruire une filière régionale.
Approche territoriale	Rayon géographique défini (250 km) pour réaliser toutes les étapes de production.	IDEM + Ancrage dans la province québécoise avec adaptation aux ressources disponibles (laine, plantes tinctoriales, lin, etc.).
Circularité et traçabilité	Matériaux biodégradables, non toxiques, facilement recyclables ou compostables.	IDEM + Valorisation des ressources matérielles (laine, plantes tinctoriales, déchets agroindustriels) et des savoir-faire québécois.
Justice sociale et économique	Juste rémunération, transparence et reconnaissance des savoir-faire artisanaux. Soutien à l'économie locale.	IDEM + Promouvoir les artisanes et artisans du Québec.
Éducation et transmission	Sensibilisation aux enjeux textiles, ateliers, documentation accessible au public.	IDEM + Conférences, projets éducatifs en collaboration avec designers, chercheur·es et institutions culturelles québécoises.

À l'instar de LUMA, Fibershed, met l'accent sur la proximité entre les producteurs, les transformateurs et les distributeurs, afin de favoriser leurs interactions directes et stimuler l'économie via des modes de production non toxiques et respectueux du vivant. Si Fibershed prend sa région comme sujet d'étude, LUMA réévalue les pratiques agricoles en coopérant aussi avec d'autres régions arides pour imaginer des systèmes d'irrigation économes. Ces deux approches biorégionales démontrent qu'une meilleure compréhension de l'origine et du processus de fabrication des textiles et des teintures est bénéfique à la restauration des écosystèmes et relance la production locale. Les modèles de LUMA, de Fibershed et de Fibershed Québec, implantés dans leurs zones géographiques et culturelles singulières, soutiennent la résilience économique et environnementale face aux changements climatiques et engendrent des pratiques agricoles écologiques qui entretiennent un lien profond avec l'origine des matériaux. C'est dans cet esprit que s'inscrivent des travaux pionniers comme ceux menés au Québec.

Alors que les initiatives comme Fibershed aux États-Unis ou Le Laboratoire Textile en France démontrent la pertinence contemporaine des circuits courts et des ressources locales, il est essentiel de souligner que cet intérêt a des racines historiques et régionales profondes au Québec. L'artiste textile Paulette Marie Sauvé, par exemple, a consacré sa carrière à l'exploration des ressources tinctoriales locales. Son ouvrage *La teinture naturelle au Québec*, publié dès 1977, fait figure de référence en détaillant, par saison, les plantes indigènes (lichens, écorces, fleurs) à privilégier et les méthodes de cueillette éthique. Son travail incarne ainsi une approche précoce d'autonomie et de connexion au territoire québécois.

4.3 Des pratiques tinctoriales régénératives

L'agriculture régénérative s'inscrit dans la continuité de pratiques autochtones anciennes, fondées sur une relation intime et respectueuse avec le vivant. Comme le rappelle Vandana Shiva (2016), scientifique et militante écologiste indienne, ces traditions agroécologiques indigènes ancestrales, fondées sur la diversité, la résilience, la réciprocité avec les écosystèmes et le respect de la Terre, ont été détrônées par les modèles industriels.

Le design régénératif, quant à lui, émerge de l'agriculture régénérative popularisée par l'agronome Robert Rodale dans les années 1970. Elle se définit par des pratiques agricoles qui soutiennent la santé du sol, de l'eau, de l'air et de la biodiversité. Plus largement, une approche régénérative du design inclut les processus naturels et technologiques qui établissent une interaction mutuellement bénéfique entre les humains et les écosystèmes (Lyle, 1996). Ceci implique, par exemple, l'utilisation de panneaux solaires ou de biogaz local pour la production d'énergie ou l'implémentation de systèmes de récupération d'eaux pluviales pour l'irrigation. Cette harmonisation des cycles technologiques et biologiques rappelle l'approche Cradle to Cradle de McDonough et Braungart (2009) selon laquelle les produits et les systèmes industriels s'intègrent dans les flux énergétiques de la planète et soutiennent le vivant à chaque étape de leur cycle de vie.

Dans l'univers de la mode, les pratiques régénératives se manifestent sous des formes multiples (agricoles, sociales, économiques ou culturelles) qui demeurent néanmoins interdépendantes. À l'image des éléments d'un écosystème, elles agissent en synergie pour restaurer les équilibres écologiques et sociaux (Minney, 2022). Dilys Williams, directrice du Centre for Sustainable Fashion du London College of Fashion (UAL, R.-U.) observe que les mutations les plus significatives de la mode naissent souvent « à petite échelle ». Elle souligne ainsi que les innovations locales, artisanales ou communautaires, bien qu'apparemment marginales, constituent les vecteurs d'un changement structurel profond qui amorcent un modèle de transformation systémique fondé sur la proximité, la cohérence et la responsabilité collective.

Dans le contexte de la conception de teintures, le concept régénératif ne se limite pas à la réduction des impacts environnementaux mais vise plutôt une reconnexion avec les cycles du vivant. Inspirée

de la permaculture, cette démarche privilégie l'usage de matières premières renouvelables, de pigments biologiques et de procédés circulaires. Elle vise la compostabilité et l'absence de rejets polluants.

La section suivante présente des exemples de démocratisation de pratiques ancestrales tinctoriales régénératives : les teintureries BioDye India et AppleOak FibreWorks, ainsi que les jardins tinctoriaux de Nadia Bunyan et de Dahlia Milon.

4.3.1 Une teinturerie comme levier régénératif social, économique et environnemental

BioDye India fondée en 2008 par Dr Bosco est née d'un double constat : l'impact toxique des teintures synthétiques sur l'environnement et les travailleurs et la perte d'un riche savoir-faire ancestral.

En s'appuyant sur une vaste documentation historique et sur des sources précoloniales issues des collections du British Museum, Dr Bosco a redécouvert d'anciens procédés tinctoriaux. Ils avaient été largement abandonnés depuis la fin du XVIII^{e} siècle, lorsque les teintures synthétiques ont supplanté les pratiques traditionnelles.

Sa teinturerie opère en circuit fermé : les sous-produits des bains de teinture sont compostés pour servir d'engrais et l'eau est filtrée pour irriguer les cultures des plantes tinctoriales, médicinales et alimentaires environnantes. Après 10 ans d'opération, la teinturerie s'est avérée bénéfique à la communauté favorisant l'autonomie locale, la transmission de savoirs artisanaux et la régénération des sols. Grâce au compostage des sous-produits de teinture et à la filtration de l'eau, l'activité soutient à la fois l'agriculture biologique et la biodiversité, tout en créant des opportunités économiques pour les habitantes et habitants du village (fig. 4.5).



Figure 4.5 La teinturerie BioDye India du Dr Bosco, Goa (2021). De gauche à droite : les bassins de décantation purifient l'eau utilisée pour la teinture. Les résidus de plantes tinctoriales se déposent au fond, sous forme de boues qui servent de compost aux cultures, tandis que l'eau clarifiée est utilisée pour irriguer les plantations ; cultures d'indigo ; séchage de vêtements teints à l'indigo. Photo : © Rachel MacHenry.

En partenariat avec des groupes de villageoises, les plantes tinctoriales sont récoltées, tandis que le bois de chauffage, provenant de forêts locales gérées durablement, est utilisé dans des poêles économes pour alimenter la teinturerie. BioDye India travaille avec des agriculteurs locaux désireux de réintroduire l'indigo dans ces régions agricoles appauvries. Les matières colorantes complètement biodégradables sont obtenues à partir des feuilles, des fruits et des tiges des plantes. Le modèle régénératif artisanal de Biodye India est adapté pour teindre environ une tonne de fils, tissus et vêtements par mois. Avec une production annuelle de 6 à 8 tonnes, BioDye India se situe à une échelle semi-industrielle selon le tableau 4.2. Même si les volumes sont significatifs, les procédés restent majoritairement manuels ou semi-manuels, avec des lots limités, des colorants végétaux extraits localement et un engagement fort envers des pratiques durables. Ce modèle illustre une forme d'artisanat à l'échelle, où la croissance de la production demeure compatible avec les principes écologiques et la transmission des savoir-faire.

Tableau 4.2 Échelles de production textile de l'artisanat à l'ultra fast fashion (2025). Selon les résultats d'un sondage réalisé avec P. Brenac, J. Lienhard, H. Bosco, X. Plo et A. Gisserot.

Toutes les mesures sont exprimées en kilogrammes de fibres sèches (kg) et en mètres linéaires (m lin.) produits par an.

Teintures naturelles :
Production artisanale : < 300 kg de textile ou < 3 000 m lin. /an
Production en petite série responsable : 300-1 000 kg ou 3 000-10 000 m lin. /an
Production semi-industrielle : 1 000-10 000 kg ou 10 000-100 000 m lin. /an
Production industrielle raisonnée : 10-50 tonnes ou 100 000 - 500 000 m lin. /an

Teintures synthétiques :
Production industrielle standard : 50-1 000 tonnes ou >1 000 000 m lin. /an
Production industrielle (*fast fashion*) : 1 000 à 10 000 tonnes ou >10 000 000 m lin. /an
Surproduction industrielle (*ultra fast fashion*) : > 10 000 tonnes ou >100 000 000 m lin. /an

Ainsi, l'adoption de méthodes locales et durables peut s'allier à une production significative et à la mise en place de partenariats internationaux avec des acteurs engagés dans la mode éthique et responsable. Cette stratégie inscrit la teinturerie dans une dynamique mondiale tout en restant fidèle à ses principes écologiques et sociaux. BioDye India coopère ainsi avec Botanica Tinctoria (Toronto) fondée par la designer canadienne Rachel MacHenry qui produit des garnitures textiles (fig. 4.6). La teinturerie colore aussi les textiles de la marque suédoise d'ameublement Oyyo (Stockholm) ainsi que ceux de l'entreprise américaine de vêtements Seek Collective (Brooklyn), qui soutient une chaîne d'approvisionnement socialement et écologiquement responsable.



Figure 4.6 Collection Botanica Tinctoria de Rachel MacHenry avec BioDye India (2022). Photo : © R. MacHenry.

Avec sa teinturerie, le Dr Bosco montre que les pratiques tinctoriales locales contribuent au bien-être environnemental, à la préservation des activités traditionnelles et de l'identité culturelle des communautés ainsi qu'à leur économie. Cette philosophie trouve echo ailleurs dans le monde, comme en Irlande, où la teinturerie AppleOak FibreWorks explore également les liens entre écologie, culture et économie locale.

4.3.2 La teinturerie AppleOak FibreWorks : une pratique artisanale et éducative

Alors que la teinturerie BioDye India met l'accent sur le soutien aux communautés locales et la préservation des savoirs traditionnels, la teinturerie AppleOak FibreWorks, fondée en 2017 en Irlande, se focalise sur la sauvegarde des semences et la transmission des savoirs à travers une professionnalisation de la pratique. Les co-directeurs Tristan et Jennifer Lienhard sont membres de la communauté Fibershed Irland et possèdent des expertises complémentaires. Tristan Lienhard est horticulteur et s'occupe de la sélection et de la conservation des semences, un rôle important dans la préservation de la biodiversité et de la lutte contre la standardisation industrielle du matériel végétal. Il cultive une partie des plantes tinctoriales et réalise une multitude d'essais expérimentaux. Il a par exemple récemment testé 21 variétés de pastel (*Isatis tinctoria*), une plante

produisant du bleu, afin de sélectionner les plus performantes pour la teinturerie et la vente de graines. Son objectif est de produire 60% des plantes utilisées à la teinturerie.

L'expertise de Jennifer Lienhard repose quant à elle sur plus de vingt ans de recherche et d'expérimentations sur les multiples facettes de la teinture naturelle, accompagnées de tests rigoureux. Elle conjugue une compréhension scientifique des colorants naturels à une maîtrise technique acquise par l'expérience pour appliquer ses connaissances à des savoir-faire artisanaux.



Figure 4.7 La teinturerie AppleOak FibreWorks de Jennifer et Tristan Lienhard (2024). De gauche à droite : T. Lienhard préparant les semis de pastel : il sélectionne et sème les graines sous abri avant de les planter au champ ; transplantation des plants de pastel dans le champ ; cuve de teinture à l'indigo ; séchage de fils teints sur différentes fibres (cochenille en haut ; garance et argousier en bas ; système de filtration naturelle des eaux usées. Photos © Jennifer et Tristan Lienhard.

La teinturerie priorise une gestion durable et emploie exclusivement de l'eau de pluie collectée et filtrée à travers des récupérateurs de 4 000 litres, une quantité garantissant l'autonomie en eau toute l'année pour le fonctionnement de la teinturerie et l'irrigation des cultures. L'eau de teinture passe par quatre bassins de décantation qui séparent les matières solides. Puis, elle est filtrée toutes les six heures à travers un lit de roseaux composé de sable, de gravier et de racines (fig. 4.7). Enfin, elle est distribuée goutte à goutte dans la forêt avoisinante œuvrant comme le dernier filtre biologique. Les résidus organiques, quant à eux, sont compostés et utilisés comme engrais.

AppleOak FibreWorks pratique l'extraction de colorants par décoction à partir de plantes fraîches. Afin de minimiser l'impact sur l'eau, Tristan et Jennifer Lienhard n'ont recours qu'aux mordants non toxiques comme l'alun à froid pour les fibres protéiques, ainsi que le tanin suivi d'un bain d'alun et de soude pour les fibres cellulosiques. Pour ces dernières, ils utilisent aussi de l'acétate d'aluminium fait maison, ainsi que de la craie. Pour moduler les couleurs, ils ont choisi l'acétate de fer – fait maison – plus doux pour les fibres que le sulfate de fer.

La teinturerie est spécialisée dans la production de petites séries. Elle teint chaque année entre 300 et 1 000 kg de textiles (cf. tableau 4.2), sous forme de fils, tissus, accessoires et vêtements. Elle consomme un très faible ratio d'eau : 1 kg de tissu pour 20 litres d'eau, soit 1 :20. La moyenne se situe entre 1:30 et 1:40. Elle utilise des cuves de 350 litres pour les plantes tinctoriales et une cuve

de fermentation de 200 litres pour l'indigo. À titre comparatif, 350 litres représentent une grande capacité pour un atelier dédié à une petite production industrielle. Les cuves entre 100 litres et 300 litres sont destinées à un usage artisanal.

AppleOak FibreWorks a d'abord travaillé sous contrat avec une entreprise de mode à laquelle ils fournissaient jusqu'à 2,5 tonnes de fils teints par an. L'entreprise possède donc le savoir-faire et les infrastructures nécessaires pour produire à une échelle semi-industrielle (jusqu'à 4 tonnes par an). Toutefois, ce partenariat a pris fin lorsque la marque a cherché à augmenter les volumes tout en réduisant les coûts. Un tel modèle économique s'avère incompatible avec des pratiques de teinture naturelle respectueuses des humains et de l'environnement. Contrairement aux colorants synthétiques, les colorants végétaux exigent du temps, de l'espace et des ressources renouvelables : culture des plantes tinctoriales, récolte saisonnière, collecte d'eau de pluie, mordançage et un travail humain qualifié qui mérite une rémunération équitable. Choisir de ne pas produire plus pour moins cher, c'est affirmer une autre vision : celle du respect du vivant et de la reconnaissance de la réelle valeur de la santé des écosystèmes et des êtres humains. Refusant de sacrifier la qualité et l'éthique à la logique de volume, AppleOak FibreWorks a choisi de se recentrer sur une production plus modeste d'environ 1 tonne par an (cf. tableau 4.2) en accord avec ses valeurs. L'atelier met désormais l'accent sur la culture tinctoriale locale, le service de teinture et la transmission des savoirs.

4.3.3 Interactions bénéfiques entre plantes tinctoriales et écosystèmes

L'approche régénérative ne se limite pas à la préservation des ressources. Elle s'inscrit aussi dans un réseau soucieux du vivant dont l'équilibre écologique est assuré par les interactions entre plantes, environnement, insectes pollinisateurs, sols et humains. Les champs tinctoriaux de l'artisane-teinturière Dahlia Milon (Kamouraska, Québec) et de la designer de mode Nadia Bunyan (Montréal) attestent de ce dynamisme des écosystèmes. Toutes deux cultivent une grande variété de plantes tinctoriales et à fibres (lin, coton). Elles veillent à tracer l'origine des matériaux, à réapprendre mais aussi à transmettre les savoir-faire. Leurs jardins-laboratoires offrent ainsi un habitat favorable aux pollinisateurs, contribuent à restaurer la fertilité des sols, sauvegardent la biodiversité et consolident la résilience des écosystèmes locaux (fig. 4.8).



Figure 4.8 Champs tinctoriaux de Dahlia Milon et de Nadia Bunyan (2023). De gauche à droite : cosmos sulfureux (*Cosmos sulphureus*), œillet d'Inde (*Tagetes patula*), scabieuse (*Scabiosa spp.*) : trois plantes tinctoriales mellifères observées en pleine floraison, attirant de nombreux pollinisateurs et contribuant à la santé du sol.

D'une superficie de 1 900 m², soit l'équivalent de plus de sept terrains de tennis, le champ rural de Dahlia Milon compte 1 000 plants d'indigo japonais (*Persicaria tinctoria*), 300 plants de cosmos, de roses trémières, de tagètes erecta et patula, de scabieuse et de rudbeckia, 100 plants de coréopsis, 200 plants de garance, 300 plants de gaude et 200 plants de camomille des teinturiers (fig. 4.9).

Dans un esprit expérimental, Milon cultive aussi 200 plants de végétaux exclusivement dédiés à la recherche comme le carthame, le murasaki, le lycope d'Europe, le sorgho, l'amarante Red Hopi et le pastel des teinturiers. Elle étudie leur potentiel commercial en tant que mordants ou pigments.

Alors que la plupart des fabricants de colorants naturels industriels s'appuient sur plusieurs réseaux d'agriculteurs pour atteindre des volumes comparables, Milon se distingue par sa capacité à cultiver, sur un seul site, une quantité remarquable de plantes tinctoriales. Sa production s'évalue à 122 kg de fleurs par an. Son champ a également une vocation éducative. Ateliers et visites pédagogiques sont ainsi programmés pour les écoles, les universités mais également le grand public.

Note de chercheur : Estimer la quantité de tissu que l'on peut teindre à partir d'un certain poids de plantes tinctoriales est un exercice délicat. Milon conseille d'utiliser entre 30 % et 200 % du poids du tissu en plantes. Ce ratio varie selon les espèces, les recettes et les mordants employés, ainsi que le type de fibre. Une soie légère nécessitera moins de plantes qu'une toile de coton épaisse.

Sur son site[53], Milon propose des fiches détaillées indiquant les proportions recommandées pour chaque plante et préconise une économie d'usage. Par exemple, un même bain peut être réutilisé

[53] https://dahliamilon.com

plusieurs fois. On parle alors de « bains à épuisement », ce qui permet à la fois de teindre davantage de matière et de minimiser les rejets de teinture dans l'environnement. Ainsi, un premier bain à la garance donnera un rouge saturé alors que les bains subséquents produiront une riche palette de roses orangés de plus en plus pâles.

Cette technique était déjà pratiquée par les maîtres-teinturiers du XVIII[e] siècle pour optimiser les bains de teintures (Cardon et Brémaud, 2023). Tous ces paramètres variables discutés dans le chapitre 2 (température de bain, temps de trempage, mordançage, ratios) ainsi que le pouvoir absorbant de chaque fibre font la singularité et le charme des colorants naturels.



Figure 4.9 De la plante au colorant : récolte dans le jardin de Dahlia Milon (2025). Laine teinte et nuancée à partir des plantes cueillies. Photos © D. Milon.

À l'instar des champs de Milon, les deux jardins urbains de Nadia Bunyan, fondatrice du projet *Growing Arc*, ont une vocation avant tout pédagogique et sociale. Situés respectivement dans la roseraie du parc Jean-Drapeau à Montréal (fig. 4.10 (f) et sur l'île de Boucherville, ces espaces de 90 m² et 45 m² offrent un terrain d'expérimentation à échelle humaine. Des superficies suffisantes pour y cultiver un large éventail de plantes tinctoriales – indigo, œillet d'Inde, scabieuse, coréopsis, camomille des teinturiers – ainsi que des plantes à fibres comme le lin et le coton. Ces jardins constituent de véritables laboratoires vivants qui invitent le public à observer et comprendre les liens étroits entre végétaux, colorants et écosystèmes. À travers des ateliers participatifs, les visiteurs découvrent la transformation de la matière première, de la plante au colorant, puis du résidu au compost. Ils expérimentent ainsi l'intégralité d'un cycle régénératif.

En parallèle, les jardins de *Growing Arc* tiennent lieu d'espaces de médiation qui transmettent des savoirs traditionnels, valorisent la biodiversité urbaine et créent du lien social. Par leur petite échelle, ils incarnent les principes défendus par Safia Minney et Dilys Williams. À savoir que les transformations profondes de la mode et du design émergeront de micro-initiatives locales, ancrées dans la pédagogie, la coopération et le respect du vivant.



Figure 4.10 Jardin tinctorial de Nadia Bunyan_Growing ARC au parc Jean-Drapeau (2023). De gauche à droite: amarante tinctoriale (*Amaranthus cruentus « Hopi Red Dye »*) ; souci officinal (*Calendula officinalis*) ; lin cultivé (*Linum usitatissimum*).

Pour Bunyan, les relations inter-espèces que favorisent les jardins de plantes tinctoriales symbolisent parfaitement le concept de communauté. Elle évoque ainsi que « l'établissement de relations avec la flore et la faune nous rappelle que tous les êtres sont interconnectés et que le jardin offre un espace pour en témoigner et cultiver ces relations » (N. Bunyan, communication personnelle, 7 mars 2024).

Bunyan consolide ces relations grâce à des ateliers, des séances de jardinage collectif et des récoltes partagées avec la communauté. Cette gestion collaborative du jardin, de la planification à la récolte, accroît le sentiment d'appartenance à un milieu vivant et encourage la responsabilisation et le partage. La culture des plantes tinctoriales et textiles devient ainsi un vecteur de transformation sociale, écologique et culturelle qui permet aux communautés de s'approprier les enjeux de durabilité, de résilience et de « justice environnementale », tout en valorisant les pratiques de circuit court et de cocréation de savoirs.

La justice environnementale allie répartition équitable des risques, participation politique et protection éthique du milieu de vie. Cette approche s'inscrit ainsi dans la lignée de l'Éthique de la Terre d'Aldo Leopold (1949).

Note de chercheur: Dans un souci de redécouverte, de transmission et de valorisation des plantes tinctoriales, je présente ci-dessous les espèces les plus couramment utilisées dans le monde, accompagnées des couleurs qu'elles permettent d'obtenir. Les indications concernant l'ajout de fer ou les variations de pH peuvent s'appliquer à différents moments du processus : lors du mordançage, pendant la teinture ou en post-bain.

- Rose d'Inde (*Tagetes erecta*) : jaune (kaki avec fer).
- Rudbeckie hérissée (*Rudbeckia hirta*) : vert, mauve (rose si pH acide).
- Œillets d'Inde (*Tagetes patula*) : jaune d'or, orange vif, acajou.
- Camomille des teinturiers (*Anthemis tinctoria*) : jaune, chamois, orangé.
- Scabieuse (*Scabiosa atropurpurea*) : violet, bleu-gris, vert (selon pH et fer).
- Rose trémière pourpre (*Alcea rosea*) : bleu, violet, vert (selon pH et fer).
- Garance des teinturiers (*Rubia tinctorum*) : rouge, rouge orangé, rosé, rouille.
- Coréopsis (*Coreopsis tinctoria*) : jaune, orange, brun rouillé.
- Indigo (*Indigofera tinctoria*) : palette de bleus.
- Indigo japonais (*Persicaria tinctoria*) : palette de bleus.
- Pastel (*Isatis tinctoria*) : palette de bleus.
- Gaude des teinturiers (*Reseda luteola*) : jaune vif, kaki (avec fer).
- Cosmos sulfureux (*Cosmos sulphureus*) : orange.
- Armoise (*Artemisia vulgaris*) : vert olive ou gris verdâtre.
- Souci officinal (*Calendula officinalis*) : jaune.
- Verge d'or (*Solidago*) : jaune doré.
- Sanguinaire du Canada (*Sanguinaria canadensis*) : rouge/jaune-orange.
- Nerprun bourdaine (*Frangula alnus*) : jaune doré à rouge si pH alcalin.

Les techniques de teinture traditionnelles et les savoir-faire associés sont inscrits au patrimoine culturel immatériel de l'humanité (*UNESCO*). Ces plantes et les couleurs qu'elles créent représentent une richesse historique et culturelle. Leur répartition géographique mondiale relie les savoirs locaux au-delà des frontières. Souvent cultivées en rotation avec des cultures vivrières, elles contribuent à améliorer la fertilité des sols, fixer l'azote et le carbone, réduire le recours aux engrais chimiques et prévenir l'érosion. Elles s'inscrivent également dans une approche régénérative, en favorisant la biodiversité et en fournissant nourriture et habitat aux pollinisateurs. La plupart sont cultivées dans les jardins des participants mentionnés dans cette thèse.

Cette liste repose sur les espèces rencontrées au fil de ma pratique, mais ne prétend pas à l'exhaustivité. Pour une cartographie plus complète et rigoureuse des plantes tinctoriales et de leurs usages, je recommande les ouvrages de référence de Dominique Cardon, *Le monde des teintures naturelles* (2003) et de Marie Marquet, *Guide des teintures naturelles, Plantes à fleurs* (2019).

Dahlia Milon et Nadia Bunyan cultivent des plantes indigènes et non indigènes. Une plante est dite indigène (native) au Québec si elle est présente naturellement dans les écosystèmes du territoire, est issue de l'évolution locale sans avoir été introduite par l'humain ou a coévolué avec la faune, les pollinisateurs et les conditions climatiques locales. Une plante est dite non indigène (exotique) si elle a été introduite par l'humain, volontairement (culture, jardinage) ou accidentellement.

Tableau 4.3 Plantes indigènes et non indigènes cultivées au Québec.

PLANTES INDIGÈNES DU QUÉBEC
● Verge d'or (*Solidago canadensis) :* fleurs - jaune vif. ● Tanaisie (*Tanacetum vulgare*) : fleurs - jaune vif. ● Armoise (*Artemisia vulgaris*) : feuilles - jaune/vert. ● Millepertuis (*Hypericum perforatum*) : parties aériennes - jaune à vert. ● Sumac / Vinaigrier (*Rhus typhina*) : feuilles, écorces - jaune/brun, tanins. ● Rudbeckie hérissée (*Rudbeckia hirta*) : fleurs - jaune doré. ● Bouleau (*Betula pendula*) : feuilles, écorces - jaune à vert. ● Sanguinaire (*Sanguinera canadensis*) : racines - rouge orangé à rose. ● Ortie (*Urtica dioica*) : feuilles - vert clair. ● Noyer noir (*Juglans nigra*) : écorce, feuilles - brun foncé, noir. ● Chêne (*Quercus robur*) : feuilles, écorces, galles - beige à brun. ● Carotte sauvage (*Daucus carota)* : parties aériennes - jaune pâle. ● Achillées millefeuille (*Achillea millefolium*) : fleurs, feuilles - jaune à vert olive. ● Immortelle (*Helichrysum italicum*): fleurs - jaune doré. ● Vergerette du Canada (*Erigeron canadensis*) : parties aériennes - jaune/vert.
PLANTES NON INDIGÈNES DU QUÉBEC
● Rose d'Inde (*Tagetes erecta*) : fleurs - jaune (kaki avec fer). ● Coréopsis des teinturiers (*Coreopsis tinctoria*) : fleurs - jaune, orange. ● Garance des teinturiers (*Rubia tinctorum*) : Racines - rouge, orangé, rose. ● Carthame des teinturiers (*Carthamus tinctorius*) : fleurs - jaune, rouge/rose. ● Camomille des teinturiers (Anthemis tinctoria) : fleurs - jaune lumineux. ● Scabieuse « Black Knight » (*Scabiosa atropurpurea*) : fleurs - violet, gris violacé. ● Indigo japonais (*Persicaria tinctoria*) : feuilles - palette de bleus indigo. ● Calendula ou Souci officinal (*Calendula officinalis*) : fleurs - jaune, orange. ● Amarante rouge des Hopis (*Amaranthus cruentus*) : fleurs - rouge, bordeaux. ● Zinnia « Sunny Reggae » (*Zinnia elegans*) : fleurs - jaune, orange, rouille. ● Basilic pourpre « Petra » (*Ocimum basilicum*) : feuilles - mauve, rose pâle. ● Zinnia elegans, (*Zinnia elegans cultivar*) : fleurs - orange, rose, brun orange. ● Zinnia de jardin haute (*Zinnia elegans*) : fleurs – orange, jaune, brun rouille.

Bien que certaines plantes utilisées dans la teinture naturelle – coréopsis, tagète, indigo japonais – soient non indigènes au Québec, leur culture s'inscrit aussi dans une approche régénérative pour

les bienfaits qu'elles apportent au sol et à la biodiversité locale. Ces espèces annuelles, cultivées en parcelles fermées, complètent la diversité locale et la transmission des savoirs. Ces approches de coloration textile régénératives sont synthétisées dans le tableau 4.4. Elles associent souvent une activité agricole au service de teinture, ainsi que des actions pédagogiques et de transmission. Les praticiens interviewés ont souligné l'importance de connaître leur environnement et ses composantes biotiques (flore, faune) et abiotiques (sol, eau, air, relief, climat). L'idée étant de favoriser des pratiques tinctoriales plus respectueuses de leur milieu géographique, communautaire et culturel afin de mettre en valeur les savoir-faire. Ainsi, intégrer ces connaissances écologiques à la pratique de la teinture naturelle soutient le vivant et respecte le territoire, dans une logique de bénéfices mutuels : pour l'humain (création d'emplois locaux porteurs de fierté et de sens) et pour l'environnement (préservation de la biodiversité). En réemployant un sous-produit agroalimentaire, en connectant les agriculteurs aux artisans ou en renouant avec des pratiques tinctoriales oubliées, ces itinéraires régénératifs, souvent liés à des approches interdisciplinaires (agronomie, chimie, botanique, biologie, horticulture), redynamisent un territoire et sa communauté.

Tableau 4.4 Synthèse d'approches tinctoriales régénératives : cultiver, teindre, transmettre

TEINTURERIE (INDE) **BioDye India Inc.**	TEINTURERIE (IRLANDE) **AppleOak FiberWorks**	CHAMP TINCTORIAL (QUÉBEC, CANADA) **Dalhia Millon**
Échelle Semi Industrielle **6 à 8 tonnes de textiles teints par an**	**Échelle Artisanale** **600 kg à 1 tonne de textiles teints par an**	**Échelle Artisanale** **1900 m² cultivés - 122 kg de fleurs récoltées**
LEVIER DE RÉGÉNÉRATION SOCIALE, ÉCONOMIQUE ET ENVIRONNEMENTALE	**PRATIQUE ARTISANALE ET ÉDUCATIVE ASSUMÉE**	**ARTISANE-PAYSANNE ENTREPRENEUSE - ÉDUCATRICE**
Activité agricole Culture de plantes tinctoriales Récolte, séchage et conditionnement des plantes destinées à la production de colorants naturels.	**Activité agricole** Culture de plantes tinctoriales qui couvre 60% des besoins de la teinturerie. Horticulture: sélection, préservation et vente de semences.	**Activité de maraichère** Culture de plantes tinctoriales Récolte, séchage et conditionnement des plantes destinées à la production de colorants naturels.
Service de teinturerie local et international Teinture de fils, textiles et vêtements à partir de fleurs fraîches et sèches, principalement d'agriculteurs avoisinants. Opération en circuit fermé: bains filtrés après usage, biomasse compostée, eau utilisée pour l'irrigation.	**Service de teinturerie local** Teinture de fils, textiles, chaussettes et vêtements à partir de fleurs fraîches. Modèle d'économie circulaire, utilisant uniquement de l'eau de pluie récoltée pour ses processus de teinture.	**Service de teinturerie local** Collaboration avec des acteurs locaux: teinturiers, fabricants de tissus, designers, marques de mode. Boutique de fils et d'accessoires teints naturellement.
Activité de pédagogue Formation des travailleurs. Accueil des visiteurs et explication des procédés. Sensibilisation et éducation des communautés aux pratiques agricoles tinctoriales durables.	**Activité de pédagogue** Création d'une académie de teinturiers The Natural Dyers & Growers Academy et d'un cours de professionnalisation pour devenir maître teinturier: 1 Year Professional Natural Dyers Course © 2025, publié sous licence Creative Commons.	**Activité de pédagogue** Ateliers dans les écoles. Vente de kits DIY (fleurs séchées et recettes). Visites des champs et initiation aux procédés de teinture. Accueil en woofing et stages pour allier participation à la récolte et transmission des savoir-faire.
Clients cibles: Artisans et entreprises textiles.	**Clients cibles:** Particuliers, artisans, entreprises textiles.	**Clients cibles:** Particuliers, artisans, entreprises textiles.
Connaissances nécessaires: Agriculture, horticulture, gestion d'exploitation, botanique, conservation, commercialisation, pédagogie et chimie des colorants.	**Connaissances nécessaires:** Agriculture, horticulture, gestion d'exploitation, botanique, conservation, commercialisation, pédagogie et chimie des colorants.	**Connaissances nécessaires:** Agriculture, horticulture, gestion d'exploitation, botanique, conservation, commercialisation, pédagogie et chimie des colorants.

Alors que les teintures naturelles offrent un potentiel durable comme alternative aux teintures synthétiques, la section suivante présente trois modèles de mise à l'échelle pour répondre à des besoins plus larges, sans compromettre les principes de durabilité.

4.4 Vers une mise à l'échelle semi-industrielle des teintures végétales

L'échelle de production influence directement l'empreinte environnementale des pratiques tinctoriales. Artisanale ou industrielle, elle impacte le milieu à travers la quantité de ressources (eau, plantes), l'origine des matières premières (agriculture conventionnelle ou biologique) et l'énergie nécessaire à leur transformation en colorants (charbon, électricité, solaire). Selon Judith Van den Boom, directrice du programme de maîtrise en Design Régénératif (UAL, R-U.), si l'artisanat facilite une production à petite échelle, effectuer des microchangements à plus grande échelle peut aussi provoquer un impact positif. Ainsi, la viabilité d'une approche régénérative nécessite de nouveaux cadres d'application à différentes échelles. Par exemple, une importante culture de plantes tinctoriales, avec un système d'irrigation économe en eau, donnera une grande quantité de compost qui enrichira le sol en carbone (J. Van den Boom, communication personnelle, 28 mai 2024). Cette idée entre dans le concept de Design for Abundance (2013) de l'architecte William McDonough, qui, à l'image du cerisier nourrissant son écosystème, propose de concevoir des systèmes productifs à impact positif, où croissance et régénération coexistent.

En vue d'une réindustrialisation locale raisonnée, fondée sur l'usage durable des ressources et l'ancrage territorial, plusieurs expérimentations de mise à l'échelle sont en cours à travers le monde. Notamment à l'atelier LUMA (Arles), à la teinturerie Green Matters Natural Dye Company (Lancaster) en Pennsylvanie (États-Unis) et au CRITT Horticole (Rochefort) sur la côte atlantique française où la pratique et l'expérimentation permettent d'affiner les besoins en ressources humaines et matérielles.

4.4.1 De la recherche expérimentale à la microteinturerie

Le laboratoire textile de l'atelier LUMA travaille au développement, à la production et à la mise à l'échelle de teintures végétales à partir de plantes entières et d'extraits végétaux. Il est doté d'outils de prototypage – comme une machine à biberons qui teint huit échantillons en même temps –, de cuves de 100 litres, de tables de cuisson et de bains-marie (fig. 4.11). Il dispose aussi de broyeurs, de mixeurs, de balances de précision, de filets de filtration, de machines à laver et d'une machine Datacolor optimisant les processus de teinture (formulation de recettes précises, contrôle qualité des couleurs).



Figure 4.11 Visite du laboratoire textile de l'atelier LUMA (2023). De gauche à droite: Mathilde Laroche, ingénieure textile devant la machine à biberons pour l'échantillonnage ; décoction de plantes dans une cuve chauffée de 100 litres. Photos © V. Mardirossian avec autorisation.

Le laboratoire textile assemble et torsionne également ses propres fils grâce à une machine à retors. Il teste aussi la résistance des couleurs et des matières aux rayons UV, à l'abrasion et à la traction (fig. 4.12).



Figure 4.12 Visite du laboratoire textile de l'atelier LUMA (2023). De gauche à droite : machine à retors pour fabriquer les fils ; Martindale pour tester la résistance à l'abrasion. Photos © V. Mardirossian et L. Teillet avec autorisation.

Pour simplifier la transition entre l'échantillonnage et la production en petite série, le laboratoire s'est équipé de la machine Natura DS, capable de mordancer et de teindre jusqu'à 3 kg, soit environ 10 mètres de textile par cycle. Polyvalente, elle permet de traiter aussi bien des fils que des tissus ou des vêtements, tout en réduisant significativement la consommation d'eau. Cet appareil

constitue un levier important pour les professionnels du textile engagés dans la mise à l'échelle des teintures naturelles (fig. 4.13).

Cette capacité permet de tester, valider et produire localement. Pour donner un ordre de grandeur, un cycle de 10 mètres teint 5 à 10 chaises tapissées, plusieurs pièces de vêtements ou encore des panneaux textiles destinés à des rideaux.



Figure 4.13 Machine Natura DS (2023). De gauche à droite: observation de la structure compacte de la machine ; teinture de fils. Photos © V. Mardirossian avec autorisation.

L'équipement du laboratoire textile permet également la réalisation de pièces de grande dimension. Ainsi, la tapisserie d'art *Untitled 2021, le bonheur n'est pas drôle toujours* créée en collaboration avec l'artiste thaïlandais Rirkrit Tiravanija et la manufacture d'Aubusson (France) a été portée par une dizaine de lissiers sur une période de 12 mois. Mesurant 4 mètres sur 10 mètres, sa fabrication a requis 100 kilos de laine locale de mouton mérinos et 72 colorants naturels. Cette tapisserie représente un défi technique important, combinant des processus traditionnels de tissage à une approche écoresponsable de la couleur. Elle est exposée dans la tour LUMA comme démonstration de faisabilité. On peut ainsi observer l'évolution des teintures dans le temps et évaluer la solidité ou la dégradation des couleurs soumises à l'usure, à la lumière et à l'humidité. Grâce à ces tests de mise à l'échelle, les limites techniques, le manque d'équipements adaptés ou les besoins de collaborations spécifiques avec des experts ont été identifiés et documentés. À titre d'exemple, le

projet pour le fabricant de mobilier finlandais Artek (2021) a nécessité la teinture de 450 m de tissu à la garance et au réséda. Une quantité importante pour une expérimentation artisanale (cf. tableau 4.2).

L'expérience a toutefois montré que les plantes tinctoriales entières ne répondent pas aux caractéristiques des machines actuellement disponibles au laboratoire textile et elles nécessitent un temps de préparation important en amont. Elle a aussi permis d'identifier le besoin de développer des techniques plus économes en énergie et en eau. Enfin, le laboratoire a été conduit à privilégier des extraits colorants sous forme de poudres solubles, ce qui a fait naître une nouvelle collaboration avec le laboratoire de chimie agro-industrielle ENSIACET (Toulouse), qui extrait les colorants des végétaux.

LUMA travaille aussi avec les extraits végétaux de l'entreprise Green'Ing qui explore le potentiel colorant de coproduits agricoles, comme le sorgho et le thym (A. Gisserot, communication personnelle, 21 décembre 2022). Les extraits végétaux présentent plusieurs avantages pour la mise à l'échelle industrielle. Ils suppriment les étapes de séchage, de décoction et de filtrage des plantes entières, ce qui accélère les délais de production. Leur conditionnement sous forme de poudre (comme les teintures synthétiques) facilite leur stockage, leur transport et leur manipulation lors de l'élaboration de recettes. De plus, ils peuvent être employés dans les mêmes machines que les teintures synthétiques, évitant ainsi des investissements importants supplémentaires. Ils répondent objectivement aux exigences légitimes de rentabilité d'une production industrielle tout en préservant les avantages écologiques des teintures naturelles.

Comme pour les plantes entières, le dosage d'extrait colorant végétal requis se calcule en pourcentage du poids de la fibre sèche (PdF, cf. chapitre 2). Cela varie de 3 à 8% pour les extraits, versus 30 à 200% pour les plantes entières. Le recours aux extraits, nécessitant une quantité bien moindre que celle des plantes entières, correspond aux attentes des industriels.

Finalement, l'approche expérimentale du laboratoire textile, enrichie par une succession de prototypes et de projets d'envergure a permis d'identifier les limites matérielles freinant la mise à l'échelle des procédés développés. Ce constat a conduit à investir dans de nouveaux équipements et à mutualiser leur usage pour maximiser leur fonctionnement et amortir les coûts. C'est ainsi qu'est né le projet de microteinturerie, un espace de production en petite série capable de teindre 300 à 1 000 kg par an (cf. tableau 4.2) et accessible à la location pour les designers et les marques locales. Cette volonté de mise à l'échelle s'est accompagnée d'un engagement accru envers des pratiques durables. Pour répondre au besoin d'un approvisionnement tinctorial de proximité, un jardin tinctorial de 200 m² adjacent au laboratoire a vu le jour.

Ce projet a également permis d'approfondir les connaissances agronomiques et écologiques en collaborant avec des botanistes et des horticulteurs, notamment autour des bénéfices

environnementaux de ces cultures et de l'installation de systèmes d'irrigation économes. Les rapprochements avec des producteurs d'extraits de colorants végétaux locaux, comme Green'Ing, sont encouragés pour faciliter le stockage et l'élaboration de recettes. Ainsi, la mise à l'échelle opérée par LUMA ne se limite pas à une montée en capacité : elle traduit une vision systémique où l'expérimentation, la mutualisation et l'écoconception structurent l'ancrage local d'une filière tinctoriale durable.

Le projet LUMA Arles suscite des critiques pour sa contribution à la gentrification de la ville. Ce sujet, quoi qu'important, dépasse le cadre de cette recherche. Il rappelle néanmoins qu'un projet de revitalisation locale, même fondé sur des valeurs écologiques et sociales, peut occasionner des effets ambivalents. Dans le contexte des pratiques tinctoriales, LUMA demeure un exemple significatif d'expérimentation collective, de mise en réseau d'acteurs locaux et de structuration d'une filière fondée sur l'écoconception, les circuits courts et l'ancrage territorial.

Si LUMA a posé les bases d'une mise à l'échelle locale, mutualisée et écoresponsable des procédés, une autre initiative explore ces mêmes techniques à une échelle semi industrielle

4.4.2 Un nouveau modèle économique de teinturerie

La teinturerie Green Matters Natural Dye Company[54] fondée en 2015 par Winona Quigley (Pennsylvanie, États-Unis) incarne une approche industrialisée et durable de la teinture naturelle. Œuvrant principalement au service de marques de mode et de designers, elle propose des prestations de teinture en grand volume à partir de colorants végétaux. Son équipement comprend des machines dédiées à l'échantillonnage (pouvant teindre de 1 à 5 kg), ainsi que d'autres plus volumineuses (22, 45 et 109 kg). En parallèle, elle propose un service de surteinture pour les particuliers afin de prolonger la durée de vie de leurs textiles.

La démarche est inspirante et n'est pas sans rappeler les pratiques du XVIII^{e} siècle lorsque les teinturiers imposaient leurs propres couleurs. Ainsi, au lieu de se conformer aux tendances saisonnières prescrites par les bureaux de style contemporain – tels que Nelly Rodi ou WGSN –, Green Matters Natural Dye Company propose chaque mois trois couleurs phares et invite les consommateurs à envoyer les vêtements qu'ils souhaitent raviver. Tous sont ensuite plongés dans les mêmes bains de mordançage et de teinture. Loin de l'uniformité à laquelle nous ont habitués les teintures synthétiques, chaque vêtement en ressort avec sa singularité, car les différentes qualités de fibres et de teintes originales réagissent au colorant de manière nuancée. Cette démarche confère à la teinturerie une dimension contemporaine, en résonance avec les enjeux actuels de relocalisation et de réappropriation des savoir-faire. Son modèle économique concilie les exigences

[54] https://www.greenmattersnaturaldyecompany.com

de la production à l'échelle industrielle avec le respect des propriétés spécifiques et vivantes des colorants naturels.

Ce modèle inspirant se manifeste également à l'échelle locale : au Québec, Michèle Gagné, fondatrice d'Origine des couleurs[55] (Sutton), propose un service de teinture végétale et, à l'instar de Green Matters, des lots de teintures mensuels. Ces initiatives démontrent la portée transnationale des pratiques de relocalisation et la manière dont les modèles d'affaires axés sur la durabilité et les circuits courts se répliquent pour répondre aux besoins d'une filière textile en transformation.

Au-delà de l'approche de LUMA et de Green Matters Natural Dye Company, la mise à l'échelle des colorants naturels s'appuie aussi sur le développement de la culture de plantes tinctoriales, tel que le propose le CRITT Horticole (Rochefort, France).

4.4.3 Optimiser la production de colorants végétaux pour un usage industriel

Le CRITT Horticole est un centre régional d'innovation et de transfert de technologie basé à Rochefort (France) qui développe la culture de plantes tinctoriales et la mise au point d'extraits végétaux, de colorants et de pigments pour divers secteurs industriels dont le textile.

Dans l'étude *Large-scale production of dye plants and plant extracts for industrial applications of natural dyes* (2023), l'agronome Anne de la Sayette apporte un éclairage précieux sur le potentiel de mise à l'échelle de la culture des plantes tinctoriales. Conduite dans le sud de la France sur une période de vingt ans, l'étude porte sur 30 espèces de plantes. Neuf d'entre-elles[56] s'adaptent bien au climat de la région, sont résilientes aux attaques d'insectes, offrent une bonne qualité et une solidité des couleurs, peuvent être bénéfiques aux agriculteurs et s'intègrent facilement dans une rotation de cultures.

En effet, un des préjugés répandus sur les plantes tinctoriales est que leur culture nécessiterait une superficie trop importante. Or, en les associant en rotation à d'autres cultures vivrières – telles que le maïs, le blé, le tournesol et la betterave – elles donneront une importante quantité de matière sèche. Un test mené par de la Sayette (2023) a révélé qu'il est possible de produire 1,8 tonne de garance et 4,5 tonnes de verge d'or et de genêt des teinturiers par hectare cultivé. Une fois

[55] https://originedescouleurs.ca/

[56] Ces plantes sont la garance (*Rubia tinctorium*), la gaude (*Reseda luteola*), le coreopsis (*Coreopisis tinctoria*), le cosmos sulfureux, la verge d'or (*Solidago canadensis*), le sorgho des teinturiers (*Sorghum bicolour*), le genêt des teinturiers (*Genista tinctoria*), la bourdaine (*Frangula alnus L.*) et la persicaire tinctoriale (*Polygonum tinctorium*).

transformées en extraits concentrés au cours d'un processus d'extraction hydroalcoolique[57], ces plantes tinctoriales s'avèrent très peu exigeantes en superficie, en raison de leur haute performance tinctoriale. En s'appuyant sur des tests utilisant 5 % d'extrait de garance pour teindre 1 kg de textile, de la Sayette démontre que seulement 0,63 % des terres mondiales cultivées – soit la superficie du Portugal – serait nécessaire pour teindre les 100 millions de tonnes de fibres textiles produites annuellement à l'échelle mondiale contre seulement 0,19 % des terres cultivées – soit la superficie de la Belgique – pour les 33 millions de tonnes de fibres naturelles produites annuellement.

Ces processus de rotation des cultures et d'extraction de colorants concentrés offrent un fort potentiel de mise à l'échelle. Ils ont aussi des bénéfices socio-environnementaux non négligeables. Par exemple, la rotation des cultures avec des plantes comme la garance est profitable aux sols car ses racines profondes rendent la terre meuble et fertile pour les prochaines cultures. De plus, cette plante peu exigeante en eau produit un colorant rouge plus intense en période de sécheresse. Cette résilience fait de la garance une culture particulièrement adaptée aux régions sèches et au réchauffement climatique.

La culture biologique des plantes tinctoriales participe aussi à la préservation de la biodiversité et à la santé des sols, notamment en séquestrant le carbone et en soutenant les pollinisateurs. Par ailleurs, les extraits obtenus à partir de ces plantes présentent l'avantage d'être compatibles avec les équipements industriels existants pour les colorants synthétiques. Ce qui permet aux teinturiers de passer aux colorants naturels sans modifier leurs machines. Le recours aux extraits fait également gagner du temps et réduit la consommation d'eau et d'énergie – bains à basse température, systèmes en circuit fermé. Si les sous-produits de la teinture (feuilles, tiges, boues) peuvent être aussi valorisés en engrais organique et en biocarburant, l'approche de mise à l'échelle proposée par de la Sayette souligne la capacité des teintures naturelles à réinventer l'industrie textile. Les surfaces agricoles et ressources végétales mobilisées représentent d'abord un défi mais offrent finalement une opportunité unique de concilier production à échelle raisonnée et respect des écosystèmes.

En somme, ces trois initiatives : LUMA, Green Matters et le CRITT Horticole mettent en lumière la diversité des stratégies retenues pour intégrer les pratiques tinctoriales dans des dynamiques d'écoconception. Il est intéressant de récapituler les logiques systémiques, les partenariats et les dimensions territoriales qui les traversent.

[57] Ce processus zéro-déchet consiste à chauffer, filtrer, sécher et broyer les plantes en une fine poudre très concentrée. Il permet la réutilisation de l'alcool, la filtration de l'eau utilisée pour arroser les récoltes et le compost des résidus solides. Les extractions réalisées à grande échelle affichent un bon rendement (entre 14 et 33 % de plantes sèches). Un rendement faible est < 5% et un rendement moyen se situe entre 5 et 15%.

Les projets développés par le laboratoire textile de l'atelier LUMA évoquent des formes de « prototypes réflexifs », au sens de Donald Schön (1983), dans la mesure où ils font partie d'une logique de réflexion en action. Il s'agit d'expérimentations concrètes qui permettent aux designers, artisans et chercheurs d'interférer avec les contraintes d'un territoire, tout en testant les conditions systémiques d'une mise à l'échelle durable. Ces démarches, enracinées dans une région, identifient les manques, enclenchent des dynamiques collectives et érigent les bases de nouvelles infrastructures partagées, comme la microteinturerie mutualisée développée à Arles. À une autre échelle, la teinturerie Green Matters propose un modèle hybride alliant production industrielle et esthétique artisanale. Son service de surteinture mutualisé de vêtements de seconde main offre à la fois une démocratisation de l'accès à la couleur naturelle tout en réduisant l'empreinte carbone liée à la production textile. En prolongeant le cycle de vie des vêtements existants, cette approche rejoint les logiques de sobriété, de valorisation et de réemploi. Des valeurs que Stuart Walker (2014) associe à une conception éthique et soutenable du design.

Enfin, le CRITT montre comment la mise à l'échelle s'applique aussi la culture même des plantes tinctoriales. En nouant des liens avec des agriculteurs locaux, il intègre les plantes colorantes dans des systèmes agroécologiques diversifiés. Ce modèle s'insère dans une logique systémique qui considère d'un seul tenant les pratiques agricoles, les usages industriels et les ressources naturelles. Thackara (2005) qualifie ce principe de *place-based innovation* : une innovation enracinée dans les spécificités d'un territoire, mobilisant les ressources, les savoirs et les acteurs locaux pour générer des solutions durables, adaptées et régénératives. L'intégration des plantes tinctoriales aux côtés de cultures vivrières génère des cobénéfices comme l'amélioration des sols, la fixation d'azote (par l'indigo), l'attractivité pour les pollinisateurs ou encore une source de revenu supplémentaire pour les agriculteurs.

Ces trois initiatives, bien que situées dans des contextes distincts, convergent vers une même ambition : penser la mise à l'échelle non comme une simple augmentation de volume, mais comme une transformation qualitative des systèmes de production, de culture et de consommation.

4.5 Des actions locales visant un impact global

À la lumière des pratiques tinctoriales locales et régénératives développées dans ce chapitre, la figure 4.14 offre une macrovision de la circulation planétaire des molécules colorantes naturelles. Leur mise à l'échelle raisonnée vise à réduire l'utilisation des teintures pétrochimiques afin de limiter la dispersion des composés polluants transportés par les courants océaniques. Cette stratégie accentue l'impact positif global qu'aurait la propagation d'initiatives tinctoriales écoresponsables locales.

Une production industrielle raisonnée de teintures naturelles se situe entre 10 et 50 tonnes de textiles par année, selon les estimations des experts interrogés (tableau 4.2). Elle doit aussi respecter certains critères comme la diversification des cultures pour limiter les monocultures

intensives, réduire l'utilisation des pesticides, préserver les écosystèmes et éviter que la production de plantes tinctoriales ne rivalise avec celle des denrées alimentaires. Il est également recommandé de mettre en œuvre d'autres sources colorantes complémentaires comme les plantes dites invasives et les coproduits agricoles comme les écorces, les pelures et les résidus.

Le développement d'une connaissance écologique et sanitaire liée à l'activité tinctoriale garantirait des pratiques protégeant l'environnement et la santé humaine. En dépassant une vision inerte du textile, la figure 4.14 illustre une compréhension systémique des teintures qu'il faut aborder comme une composante active de l'écosystème vivant (Fletcher, 2014 ; Thackara, 2015).

La figure 4.14 présente les sept étapes fondamentales du cycle de vie des teintures naturelles.

1- L'approvisionnement en matériaux : les teintures naturelles proviennent principalement de la culture de plantes tinctoriales (garance, indigotier, réséda), de cueillettes (champignons, lichens), de l'élevage de la faune tinctoriale (cochenille) et de la valorisation de plantes dites invasives ainsi que de sous-produits des industries agroalimentaire, vinicole et forestière. Ces ressources tinctoriales originaires de diverses zones géographiques participent à la biodiversité de leur région grâce à la pollinisation qu'elles favorisent et à la production de compost provenant de la biomasse qui contribue à l'enrichissement des sols et à la recapture du carbone.

2- La préparation de la fibre : en amont de la teinture, cette étape nécessite l'utilisation de mordants, généralement issus de sels minéraux (alun, acétate d'aluminium, sulfate et acétate de fer). L'aluminium et le fer, les principaux éléments constitutifs des mordants, comptent parmi les plus abondants de la croûte terrestre et représentent respectivement environ 8 % et 5 % de sa composition. Lors du processus de mordançage, ces sels métalliques se lient aux fibres pour créer une base de fixation. Puis, les molécules colorantes s'attachent à ces sels lors du bain de teinture, ce qui assure la bonne fixation de la couleur et minimise les résidus de colorant dans l'eau. De plus, ces bains de mordants sont réutilisables et rechargeables de manière quasi illimitée, ce qui réduit la dispersion des sels métalliques dans les écosystèmes (Boutrup et al., 2019 ; K. Hattori, communication personnelle, 16 janvier 2024).

3- La teinture : c'est un processus de décoction qui consiste à chauffer les plantes ou les extraits colorants dans de l'eau afin d'en extraire les pigments. Les teintureries écoresponsables interrogées (BioDye India, FibreWorks) filtrent leurs bains de teinture pour, ensuite, irriguer leurs plantations, tandis que les résidus végétaux sont compostés pour enrichir le sol et servir d'engrais (B. Henriques, communication personnelle, 13 février 2023 ; J. & T. Lienhard, communication personnelle, 25 octobre 2024).

4- La modulation de couleur ou nuançage : ce procédé élargit la gamme des teintes obtenues. L'opération se déroule généralement dans des solutions basiques, acides ou contenant des sels de

fer (sulfate, lactate ou acétate), dans des bains réutilisables qui ne sont pas rejetés dans l'environnement. Il est important de souligner qu'aucun métal lourd – tel que le chrome, le cuivre, le cobalt, le cadmium, le plomb, le mercure ou le nickel – n'est employé dans les pratiques durables des experts consultés (P. Brenac, communication personnelle, 13 décembre 2023 ; K. Hattori, communication personnelle, 16 janvier 2024).

5- L'usage : La biodégradabilité des colorants naturels réduit leur charge polluante en cas de rejet lors des lavages des textiles. Et le contact prolongé avec la peau n'est généralement pas problématique. Il est perçu comme bénéfique dans certaines traditions.

6- La longévité des textiles : un entretien délicat incluant l'utilisation de détergents doux, de cycles de lavage à basse température, d'un séchage à l'air, ainsi que la réduction de la fréquence des lavages prolongent leur durée de vie. Par ailleurs, la qualité des fibres et des teintures naturelles confère aux vêtements une robustesse qui encourage leur réutilisation, que ce soit à travers le marché de la seconde main, la réparation ou la restauration. Cette dynamique crée des perspectives attrayantes au développement d'une économie de services – échange, location, seconde main – qui détrônerait une économie de produits (Delannoy, 2021).

7- La fin de vie des matériaux : il importe de souligner que les teintures naturelles, contrairement aux fibres et colorants pétrochimiques, entrent dans un cycle biologique de décomposition qui contribue à la régénération de la biosphère (Biomimicry Institute, 2021).

Ainsi, à chaque étape du cycle de vie des teintures, les actions écoresponsables locales exercent un impact bénéfique global, dans la mesure où les boucles de ressources industrielles interagissent avec les cycles biologiques fondamentaux de la biosphère (eau, air et sol).

Finalement, si chaque étape du cycle de vie opère de manière durable à l'échelle locale, l'effet cumulé de ces pratiques dans différentes régions du monde devient significatif et révélateur. En réduisant les polluants dans les cours d'eau, notamment par l'usage de plantes tinctoriales, de mordants doux et de systèmes de filtration naturelle, ces initiatives contribuent collectivement à la préservation des écosystèmes aquatiques. À ce stade, en prenant appui sur les exemples décrits, il est pertinent de présenter un nouveau bilan visuel des bénéfices à attendre de pratiques ancrées dans la localité. La figure 4.1 illustrait les impacts sociaux et environnementaux délétères de la délocalisation. La figure 4.14 montre un modèle de production locale, applicable au contexte québécois aussi bien qu'international. Ici, « porter le paysage » (*wear the landscape*, Burgess, 2019) implique un besoin d'attention et d'éducation des designers et des consommateurs pour mieux concevoir et produire. Il s'agit aussi de bien choisir les fibres et les teintures à prioriser pour prendre soin des vêtements et les garder en circulation le plus longtemps possible. Ce modèle expose les avantages du circuit court sur la réduction de la pollution, l'économie locale et la protection des savoir-faire.

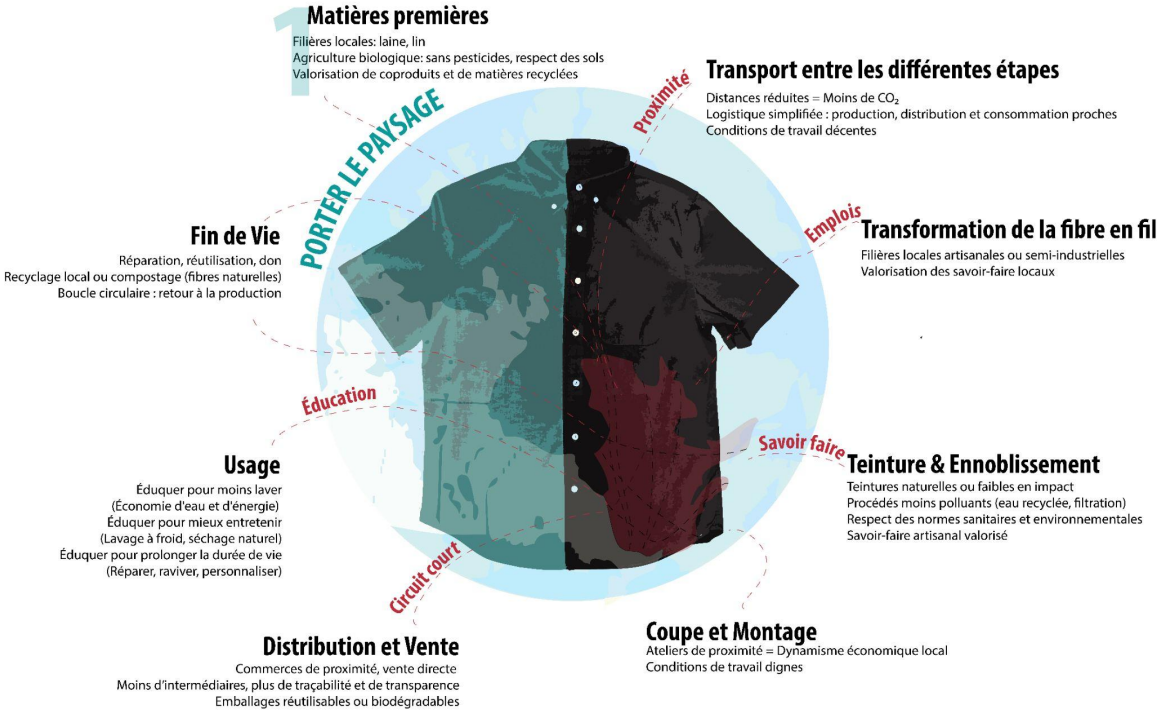


Figure 4.14 Les bénéfices socio-environnementaux d'une production textile locale

Ces initiatives locales de teinture écoresponsable, ancrées dans des contextes spécifiques, indiquent que des pratiques plus attentives aux ressources, aux savoir-faire et aux impacts esquissent les contours d'un modèle où la relocalisation, l'éducation et la circularité deviennent de puissants leviers d'action.

Conclusion

Centré sur la notion de localité et explorant la pertinence d'approches biorégionales en design tinctorial, ce chapitre a montré comment teinturiers, chercheurs-praticiens, designers, agronomes, horticulteurs et chimistes conjuguent leurs expertises pour faire émerger des modèles durables fondés sur une compréhension des dynamiques du vivant.

Il convenait en premier lieu de dresser le bilan de la délocalisation sur les pratiques tinctoriales. Au Québec, comme dans tout le reste du monde occidental, elle a détruit l'infrastructure industrielle, causant la perte d'emplois et de savoir-faire. Au niveau mondial, la délocalisation a induit une production de masse à moindre coût et une importante pollution due aux réglementations peu contraignantes des pays producteurs, ainsi qu'une hausse des émissions de CO_2 liée au transport de marchandises. L'utilisation de matières pétrochimiques et l'exploitation des travailleurs pour vendre des vêtements à des prix qui ne reflètent pas leur véritable coût, ni matériel ni humain, sont à l'origine de cette « mode jetable » qui engendre de nombreux déchets polluants dont les teintures synthétiques, pour la plupart non biodégradables. De plus, la délocalisation facilite l'opacité de la chaîne d'approvisionnement, rendant ainsi la traçabilité d'un vêtement – de sa conception à sa commercialisation – presque impossible. Cette situation délétère appelait une réponse : plusieurs initiatives abordées dans ce chapitre travaillent à une réindustrialisation textile locale à taille humaine, dans une zone géographique déterminée, susceptible de redynamiser son économie et de réduire considérablement l'impact environnemental lié à la production et au transport des textiles, tout en contribuant à redécouvrir les savoir-faire artisanaux et à innover.

La seconde partie a présenté deux exemples d'approches tinctoriales biorégionales où les colorants locaux biosourcés bénéficient à l'enrichissement écologique et culturel ainsi qu'à l'économie locale. Le premier modèle du laboratoire textile de l'atelier LUMA valorise les ressources humaines et matérielles de la Camargue par le biais de projets liés aux savoir-faire locaux. Des filières de production de matériaux biosourcés fonctionnant en circuit court et centrées sur la santé des écosystèmes et la résilience des communautés ont ainsi vu le jour. La réflexion sur la couleur commence dès le jardin tinctorial jusqu'à la filtration des eaux usées, en passant par les différentes collaborations intersectorielles réunissant des experts du textile, de la couleur et de l'ingénierie. Le deuxième modèle est celui de Fibershed de Rebecca Burgess qui invite à concevoir un vêtement du « sol au sol » dans un rayon de 250 km. Burgess a ainsi initié un modèle transférable, selon les climats et les acteurs locaux, qui inspire aujourd'hui plus de soixante-dix régions du monde, dont le Québec depuis 2022. Ce modèle encourage à adopter une approche systémique de conception et de production tinctoriale, combinant textile, communauté, bien-être et environnement : de la source des matières premières jusqu'à leur compostage en fin de vie. Ces deux modèles mettent l'accent

sur la proximité entre producteurs, transformateurs et distributeurs afin de soutenir leurs interactions et stimuler l'économie locale.

La troisième partie s'est attachée aux bienfaits d'approches régénératives locales pour la biodiversité et la santé des sols, présentant les approches symbiotiques de deux teintureries : AppleOak FibreWorks et BioDye India incarnent cette relation harmonieuse entre la teinture et le vivant en utilisant l'eau de pluie, en filtrant les bains de teintures pour se servir de la biomasse comme engrais et de l'eau recyclée pour l'irrigation les cultures. Cette partie a aussi mis l'accent sur le travail d'actrices-clés du développement d'un système textile régional au Québec. Dahlia Milon et Nadia Bunyan jouent un rôle structurant dans la mise en réseau des savoir-faire locaux comme la culture de plantes tinctoriales et leur transformation en colorant, ainsi que la promotion et la transmission de pratiques durables.

Dans une logique de mise à l'échelle de ces approches régénératives, la quatrième partie s'est intéressée à de nouveaux modèles industriels locaux, expérimentés par des chercheurs et des praticiens. Ainsi, le laboratoire textile de l'atelier LUMA propose un modèle de microteinturerie coopérative, à proximité du jardin tinctorial et du lieu d'extraction des matières colorantes à destination des designers et des petites entreprises locales. De son côté, le CRITT Horticole (France) expérimente un accroissement de cultures de plantes tinctoriales qui s'enracine dans une dynamique de rotation en symbiose avec les cultures vivrières. L'objectif est de proposer un plus gros volume d'extraits colorants végétaux aux industriels et aux particuliers (vente en ligne). Puis, la teinturerie Green Matters (États-Unis) propose un nouveau modèle de mise à l'échelle qui répond autant au besoin semi industriel de designers et de marques de mode qu'à la demande du grand public de revalorisation de vêtements usagés par un service de surteinture mutualisé : plusieurs vêtements provenant de clients différents partagent un même bain.

La cinquième partie a présenté une synthèse des bénéfices qu'apportent des pratiques locales régénératives à travers un schémas qui fait ressortir leurs points clés : l'éducation, le circuit-court, la redécouverte de savoir-faire oubliés et l'enrichissement culturel et économique. Cela soulève une problématique centrale : quels modèles économiques et industriels concilieraient production tinctoriale durable et préservation du vivant ? Pour la géographe française Anaïs Voy-Gillis (2025), la réindustrialisation doit intégrer les enjeux environnementaux et sociaux. Les limites de volumes, d'espace de culture et de temps de production doivent s'harmoniser avec les besoins de la biosphère. Ces approches durables doivent aller de pair avec une réduction de la production. On comprend ainsi que la réflexion va au-delà des matériaux et des procédés et dépasse les frontières du design pour englober une vision économique et politique (Walker, 2014).

Finalement, ce chapitre sur la localité en lien avec ma question de recherche sur l'apport du biomimétisme dans la conception de teintures non toxiques a permis de dégager plusieurs pistes complémentaires pour repenser la production colorante selon des principes à la fois écologiques,

locaux et régénératifs. Il a mis en évidence le potentiel d'une relocalisation textile à échelle humaine, alliant dynamisme économique, sobriété énergétique et valorisation des savoir-faire. Les apports de la recherche en design tinctorial y apparaissent comme un levier pour articuler écoconception, innovation durable et ancrage territorial, notamment à travers le développement de colorants biosourcés et de modèles de microteintureries collaboratives. Ces démarches soutiennent la mutualisation des ressources, la revalorisation de l'existant, ainsi que l'émergence de circuits courts adaptés aux contraintes contemporaines. L'ensemble de ces éléments souligne la nécessité d'adopter une approche systémique de la couleur, dans laquelle l'éducation, la transmission des savoirs et le respect du vivant occupent une place centrale. Ceci afin de mettre au point des protocoles de teintures qui agissent en synergie avec les processus naturels pour intégrer nos organisations sociales, économiques et politiques au sein de la toile du vivant planétaire (Delannoy, 2021).

Le prochain chapitre approfondira la manière dont la transdisciplinarité et la pédagogie pourraient contribuer à implémenter ce modèle tinctorial plus respectueux des écosystèmes.

Chapitre 5 Vers une écolittératie tinctoriale : pour une compréhension écologique des colorants textiles en design

Ce chapitre traite de l'importance de consolider les connaissances interdisciplinaires acquises au fil de la recherche et de structurer des modes de transmission et d'éducation en design pour inscrire durablement ces pratiques tinctoriales dans les standards du design. Ainsi, en réponse aux enjeux et dynamiques explorés dans les chapitres précédents, il pose les bases d'une nouvelle forme de compétence transversale qualifiée d'écolittératie tinctoriale, comprise comme une connaissance écologique de l'impact des teintures sur le vivant.

L'écolittératie vise à combler une lacune majeure identifiée dans l'éducation traditionnelle trop centrée sur l'humain et faisant abstraction de son interconnexion avec la nature. Initiateur de ce concept, Orr (1990) préconise d'acquérir une culture écologique et biologique pour développer un sentiment d'appartenance avec son milieu de vie. Cet ancrage favorise ainsi son respect et la mise en place de modes de production propices à la résilience des écosystèmes. Les connaissances écologiques qu'impliquent l'écolittératie prennent sens à travers leur application dans un champ particulier. Dans le cas de l'écolittératie tinctoriale, elles sont centrées sur les pratiques, les savoirs et les enjeux spécifiques au champ des colorants en design textile.

De leur côté, Fletcher et St. Pierre (2015) préconisent l'intégration d'une écolittératie textile dans le processus de design afin d'acquérir des compétences critiques et sensibles qui renforcent les liens entre textile, environnement et société. Elles soutiennent que l'écolittératie textile amènera les parties prenantes du secteur de la mode (designers, consommateurs, industriels) et d'autres issues de disciplines connexes (chimie, écotoxicologie, politique, économie) à comprendre l'interconnexion des systèmes industriels et vivants. Cette idée est partagée par Boehnert (2018) pour qui la littératie écologique permet l'émergence de schémas de conception et de production plus durables. Selon elle, un design écolettré entraîne une pensée systémique complexe adaptée aux défis transdisciplinaires de la transition écologique.

Dans cette thèse, l'écolittératie tinctoriale se définit d'abord comme la connaissance de l'impact écologique et sanitaire de la production de colorants sur l'environnement et le vivant. Elle met au service du design l'acquisition, la contextualisation tant géographique que technique et la transmission de ces connaissances. Cela suppose une solide expertise sur les modes de conception et de production de teintures écoresponsables et régénératives, tous ces procédés qui préservent la biosphère et la santé humaine tout en satisfaisant les attentes esthétiques et créatives du design de mode. L'écolittératie tinctoriale comprend aussi des notions de circularité et de localité propres à une approche biomimétique de la couleur abordées aux chapitres 3 et 4.

S’appuyant sur la recherche expérimentale, les enquêtes de terrain et le dialogue avec les praticiens et experts, la figure 5.1 synthétise les quatre phases du développement d’une écolittératie tinctoriale : l’acquisition de connaissances (1) ; la compréhension systémique de ces acquis à travers l’identification des acteurs et leurs opportunités de collaboration (2) ; la transmission de ces savoirs (3) ; l’émergence de nouveaux modèles pédagogiques et industriels (4). Cette dernière phase sera développée au chapitre 6.

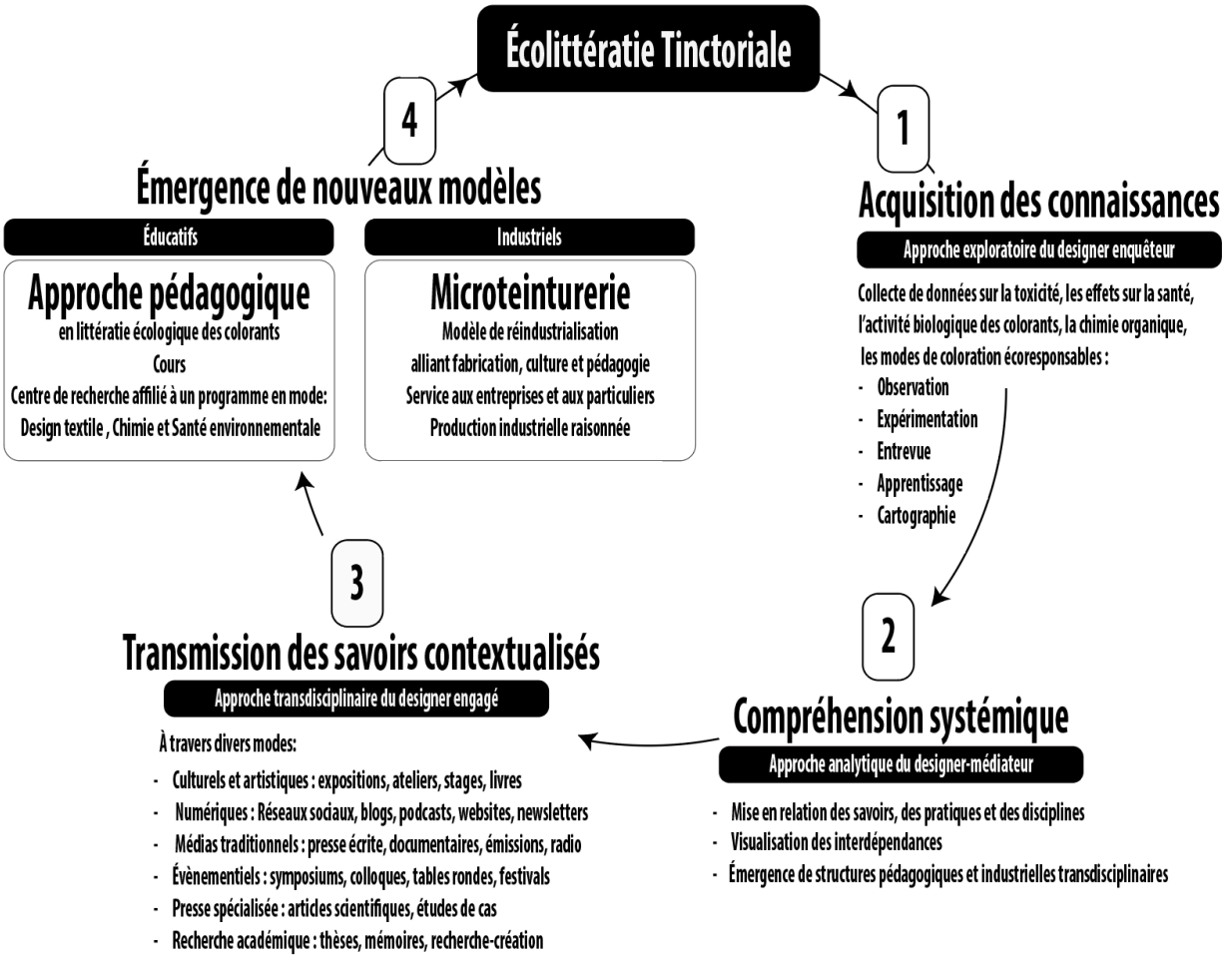


Figure 5.1 Développement de l’écolittératie tinctoriale. S’articulant autour de l’acquisition et de la transmission de connaissances, ce concept vise à faire émerger de nouveaux modèles durables à la croisée des disciplines académiques, artistiques et industrielles.

Ce chapitre se concentre spécifiquement sur la compréhension et la modélisation de l’écolittératie tinctoriale en tant que cadre conceptuel et pratique au cœur des enjeux écologiques, culturels et techniques liées aux colorants textiles. Il souligne la nécessité de développer une telle écolittératie dans un contexte de transition écologique du design textile, tant dans la pratique et l’enseignement que dans les modèles industriels. Il s’agit d’examiner les conditions de mobilisation, de transmission et de transférabilité de cette écolittératie.

La première partie du chapitre établit l'écolittératie tinctoriale comme un ensemble de connaissances permettant d'appréhender les principes écologiques appliqués à l'univers des colorants textiles. Cela implique de comprendre les systèmes naturels et leurs enjeux environnementaux mais aussi de maîtriser les pratiques tinctoriales écoresponsables (axe 2 de la figure 5.1). Dans cette optique, la réflexion s'appuie sur une discussion multidisciplinaire internationale intitulée *Les zones grises de la couleur à travers le prisme du design textile* (2024), que j'ai initiée en réunissant une dizaine d'experts venant du design, de l'écotoxicologie, de la chimie, de l'histoire, de l'enseignement, de l'agriculture, de l'artisanat et de l'industrie.

La section suivante est dédiée aux modes de transmission des connaissances tinctoriales écologiques (axe 3, fig. 5.1). En effet, la communauté internationale des colorants textiles déplore unanimement un manque de diffusion des savoirs sur les teintures naturelles. La communication est donc au cœur des préoccupations de l'écolittératie tinctoriale, consolidant les liens entre couleur, design textile, santé et environnement. De nombreux praticiens et auteurs — tels que Sandrine Rozier, Dominique Cardon, Michel Garcia, Marie Marquet, Rebecca Burgess, Paulette-Marie Sauvé, Charllotte Kwon et Tim McLaughlin (via Maiwa), Kathy Hattori (via Botanical Colors), Joy Boutrup et Catharine Ellis — ont nourri la réflexion de cette thèse en enrichissant la connaissance écologique des colorants textiles. Leurs travaux, qui se manifestent à travers des stages (Cardon; Garcia, Rozier), des films didactiques (Kwon & McLaughlin, 2007), des manuels spécialisés (Boutrup et al., 2019, 2023 ; Dean & Casselman, 2010; Garcia, 2002, 2007; Marquet, 2019; Wolff, 2018, 2025), des ouvrages pionniers sur l'approche locale (Sauvé, 1977; Burgess, 2011) et des formations pratiques (Botanical Colors, Maiwa), contribuent à la transmission de ces savoir-faire tinctoriaux durables. Ces différentes initiatives participent à une écolittératie tinctoriale en construction, où la couleur, outil du designer textile, devient vecteur de sensibilisation, de transmission et d'action.

Cependant, si ces approches individuelles demeurent précieuses, la complexité des enjeux écologiques, sanitaires, esthétiques, culturels et pédagogiques soulevée par les colorants est telle qu'elle appelle une démarche plus systémique. D'où la volonté de croiser les savoirs dans un espace transdisciplinaire propice à l'émergence de nouveaux cadres communs de pensée et d'action.

La dernière partie du chapitre est dédiée à la modélisation de l'écolittératie tinctoriale au service de la transition écologique du design textile.

5.1 Les zones grises de la couleur : co-construire une expertise collective

Les entrevues réalisées dans le cadre de cette thèse ont mené à des visites de terrain au Québec et en France (cf. sections 4.3.3 et 4.4.1) mais également à la tenue d'un événement public intitulé *Les*

zones grises de la couleur à travers le prisme du design textile (4th Space, Université Concordia, 2024) qui regroupait certains des experts interviewés.

Dans ce cadre, j'ai adopté le rôle de designer-médiateur en animant les échanges pour faire circuler des savoirs parfois éloignés les uns des autres et ouvrir un espace de réflexion transversal sur les enjeux écologiques, sanitaires et culturels de la couleur. Cette approche fait écho à la pensée de Papanek, qui, dès 1971, plaidait pour une approche du design interdisciplinaire et socialement responsable, appelant à une co-construction de connaissances et de perspectives durables (Papanek, 2022).

Les invités sélectionnés participent activement à la visibilité des colorants végétaux en alliant transmission des connaissances, innovation scientifique et développement économique. La majorité a déjà été présentée dans les chapitres précédents – Dominique Cardon, Rachel MacHenry, Axelle Gisserot, Patrick Brenac, Johann Sosoe, Kathy Hattori, Dahlia Milon et Nadia Bunyan. D'autres, en revanche, sont nouvellement introduits, comme Cécile Bulle, analyste du cycle de vie (UQAM et CIRAIG, Canada) ; Cathy Vaillancourt, écotoxicologue (INRS, Canada) ; et Martina Planty, ancienne acheteuse pour des maisons de luxe et co-fondatrice de Ker Mer (France) – une entité pionnière dans la traçabilité des colorants biosourcées et la mode régénérative. Cette approche systémique du design et de la production textile s'inscrit dans une logique d'impact positif qui vise à restaurer la santé des écosystèmes et des communautés. La contribution de ces experts permet d'élargir la réflexion sous de nouveaux angles disciplinaires (fig. 5.2).

Donner de la visibilité aux teintures naturelles en examinant leurs bénéfices environnementaux et sanitaires ainsi que leurs impacts socio-économiques mais également dresser un état des lieux des enjeux et limites, de leur production à leur mise à l'échelle industrielle, en passant par leur rôle dans la transition écologique du design de mode : tels étaient les objectifs de cet événement.



Figure 5.2 Table ronde : *Les zones grises de la couleur*. 4th Space, Université Concordia (2024). De gauche à droite : Cécile Bulle, Rachel MacHenry, Vanessa Mardirossian, Cathy Vaillancourt, Johann Sosoe et Nadia Bunyan + les six autres invités en ligne. Photos : © M. Cardona.

Les participants ont d'abord été invités à expliquer leur lien, plus ou moins direct, avec les colorants textiles. Puis, la discussion s'est ouverte au public et s'est déroulée en suivant trois thématiques principales : Couleur & Culture ; Couleur & Santé ; Couleur & Innovation. Ces échanges ont permis d'identifier les angles morts au sein des pratiques tinctoriales actuelles et les approches – éducatives, industrielles, critiques et responsables – pour y remédier.

5.1.1 Couleur et Culture

En début de conversation, Nadia Bunyan a formulé le besoin de définir et de comprendre la durabilité textile par la provenance des matériaux et leur transformation. À travers son OBNL à visée éducative, elle cultive des plantes tinctoriales et à fibres dans des jardins urbains du Grand Montréal (cf. section 4.3.3). La transmission de connaissances sur les semences, la culture, la récolte ainsi que la transformation des plantes en colorants s'effectue lors d'ateliers destinés au grand public. Ceux-ci visent à démocratiser les processus et à promouvoir une « culture du faire » où l'éducation passe par l'expérimentation. Pour Bunyan, cet ancrage dans la pratique ouvre une réflexion plus large sur le design textile régénératif et la fabrication locale. Sa démarche s'est progressivement structurée autour d'un processus d'apprentissage continu – oscillant entre nouvelles connaissances écologiques et pratiques créatives – et des collaborations avec les acteurs de la filière, dont les agriculteurs, les designers, les artisans et les citoyens. Cette stratégie montre que la connaissance écologique peut devenir un moteur de transformation de la pratique du design, au-delà d'une simple adaptation technique.

L'approche de Dahlia Milon s'inscrit dans cette dynamique et la poursuit à travers sa pratique. Autodidacte, elle cultive un vaste champ de plantes tinctoriales qu'elle transforme en pigments et en colorants, tout en partageant ses savoirs lors d'ateliers et de visites pédagogiques (cf. section

4.3.3). Elle propose également des kits DIY (Do It Yourself) favorisant un apprentissage autonome, créatif et concret ainsi qu'une prise de conscience écologique.

En accueillant le public dans leurs champs tinctoriaux à visée éducative, Milon et Bunyan relient directement la pratique du design à la compréhension des cycles naturels. Cette invitation reconnecte les individus aux rythmes du vivant, rend visibles les liens entre couleur et écologie, et favorise une transmission ouverte et contextualisée des savoirs. Elle valorise également l'expérience partagée et la volonté de s'engager dans des pratiques plus durables.

Ce lien à la terre et à l'agriculture résonne avec l'approche biomimétique des colorants textiles que cette thèse cherche à développer. Si Bunyan et Milon adoptent une approche incarnée, artisanale et régénérative, les recherches de Cécile Bulle (CIRAIG, UQAM) sur l'analyse du cycle de vie invitent à questionner l'impact environnemental des textiles. Elle rappelle que les effets les plus délétères des textiles ne se situent pas toujours là où on les attend : souvent attribués à la phase de fin de vie ou à la consommation, ils découlent aussi de choix agricoles en amont. Elle cite l'exemple de la mer d'Aral, asséchée à la suite de détournements de fleuves pour l'irrigation des champs de coton.

Comme le suggèrent les pratiques agricoles de Bunyan et Milon, les premières étapes du cycle de vie – notamment la culture des plantes tinctoriales – génèrent des effets positifs sur l'environnement lorsqu'elles s'inscrivent dans une démarche régénérative, c'est-à-dire fondée sur une synergie avec les écosystèmes. C'est ce à quoi s'attache l'écolittératie tinctoriale : s'appuyer sur des savoirs agricoles, botaniques et horticoles pour reconnecter la production de colorants textiles aux dynamiques écologiques et territoriales.

À ce stade de la discussion avec les experts, la redécouverte des connaissances semble opérer principalement par l'expérimentation et la pratique. Une démarche souvent autodidacte, comme l'attestent les expériences de Bunyan et de Milon. Toutefois, les pratiques traditionnelles étant souvent tombées dans l'oubli, les échanges ont montré l'importance de mettre en avant des modèles historiques pour guider les expérimentations actuelles et les mises à l'échelle possibles dans un cadre industriel. Dominique Cardon cite le maître-teinturier Paul Gout qui, au XVIII^{e} siècle, teignait des quantités industrielles de textiles en pratiquant l'économie des bains – réutilisables plusieurs fois et permettant d'obtenir des teintes de plus en plus claires (cf. chapitre 2). Aujourd'hui, la teinture naturelle est souvent jugée incapable d'offrir une telle productivité. Cet exemple historique prouve le contraire et constitue un exemple à suivre pour les designers et fabricants actuels.

De son côté, Cardon va au-delà de la simple transmission théorique des connaissances : elle organise aussi des stages pratiques qui perpétuent ces techniques ancestrales et les rendent

accessibles aux designers contemporains. Ces formations diffusent une culture tinctoriale vivante, et relient savoirs botaniques, chimiques, techniques et culturels, fondés sur l'histoire, la science et l'expérimentation.

Quant à Kathy Hattori, elle propose une réponse contemporaine à ces défis. En conjuguant production à l'échelle industrielle et pédagogie engagée, elle repositionne les teintures naturelles au cœur de pratiques professionnelles. Parce que ces colorants souffrent de préjugés qui les cantonnent à l'échelle artisanale, elle s'attache à déconstruire cette image en offrant un service de teinture de vêtements pour les designers et les marques. Elle produit environ 2 500 pièces par an dans des machines à laver d'une capacité de 20 kg par cycle, pour des petites et moyennes entreprises engagées dans des démarches écologiques comme Eileen Fisher. Hattori note que face à la pression croissante des consommateurs soucieux des enjeux climatiques, certaines grandes marques commencent à intégrer des pratiques plus durables, mais manquent encore d'une culture écologique des colorants. Elle s'étonne ainsi de leurs interrogations sur la solidité des teintures naturelles, alors que le modèle de la fast fashion repose sur le caractère éphémère de la production de vêtements à bas prix. Pour déconstruire cette idée, Hattori s'appuie sur les travaux de Dominique Cardon qui documentent des textiles teints à la garance vieux de plus de 4000 ans et « aussi rouges que si on les avait teints la veille ». Cet exemple rappelle que la solidité des colorants naturels est liée à des savoir-faire spécifiques qu'il est essentiel de transmettre et de rendre accessibles aux designers. Ceci souligne l'importance de l'éducation dans ce domaine. Kathy Hattori y contribue activement avec ses ateliers pratiques, ses publications d'articles didactiques sur son blogue, ses infolettres pédagogiques, véritables guides techniques pour les designers, artisans et curieux. Elle stimule ainsi une communauté d'apprentissage ouverte, où la transmission des techniques naturelles s'accompagne d'une réflexion critique sur les impacts sociaux et environnementaux des colorants textiles. Enfin, elle souligne que les avantages sanitaires et écologiques d'un textile organique, teint naturellement, devraient être priorisés face aux questionnements sur la solidité des couleurs. Son travail participe au développement de l'écolittératie tinctoriale en offrant des solutions concrètes pour l'industrie textile.

Cette première « zone grise » consacrée à la relation entre « Couleur & Culture » a témoigné de l'importance d'une éducation aux colorants textiles ancrée dans les processus, reconnectée à leurs modes de fabrication, tout en appelant à des pratiques industrielles écolettrées fondées sur la responsabilité écologique.

Ceci ouvre ainsi la voie au second thème de la rencontre : les liens entre « Couleur & Santé ». Ici, la teinture s'inscrit dans des réflexions associées au bien-être, à la sécurité sanitaire et à la préservation du vivant. En effet, l'impact des colorants sur la santé humaine et environnementale reste souvent méconnu ou sous-estimé, tant dans les formations que dans les pratiques industrielles.

5.1.2 Couleur et Santé

Tandis que Kathy Hattori note que les préoccupations des clients portent principalement sur la stabilité des teintures naturelles, l'écotoxicologue Cathy Vaillancourt alerte sur des risques beaucoup plus fondamentaux : ceux liés à la toxicité des substances colorantes pour la santé humaine. Spécialiste en placentologie à l'INRS, Vaillancourt insiste sur le rôle crucial des facteurs environnementaux dans la physiologie du placenta humain et ses répercussions sur la santé maternelle et fœtale. Les enfants, en raison de leur développement rapide et de leur grande sensibilité aux toxines environnementales, sont particulièrement vulnérables aux effets nocifs des substances synthétiques présentes dans les teintures textiles. De même, l'exposition prénatale à ces composés pourrait entraîner des conséquences néfastes à long terme sur la santé de l'enfant à naître. Selon Vaillancourt, les effets de la toxicité des teintures sur le développement de l'enfant et sur sa mère sont encore trop peu étudiés et mériteraient plus d'attention de la part de la communauté scientifique et des décideurs politiques. Ceci est une zone d'ombre préoccupante dans la connaissance des dangers liés au port des vêtements. En attirant l'attention sur cette problématique, Vaillancourt élargit le champ de l'écolittératie tinctoriale à une dimension sanitaire liée aux risques invisibles de l'exposition chronique à certains colorants synthétiques. Cette posture replace la santé humaine au cœur de l'évaluation des impacts des pratiques textiles. Elle rappelle que penser la couleur dans une perspective écosystémique exige de considérer ses effets sur les organismes vivants afin de développer des outils de sensibilisation, de régulation et de transmission.

Ceci a orienté la discussion sur la structure moléculaire des teintures synthétiques. Johann Sosoe, qui étudie les colorants azoïques – dont certains composés sont classés cancérigènes – préconise une réflexion sur l'impact des colorants dès leur conception. Plutôt que d'élaborer des colorants à base de composés pétrochimiques, Sosoe exploite les outils actuels de la chimie pour explorer la synthèse de colorants à partir de végétaux. Par sa démarche, il cherche à concilier stabilité et innocuité des couleurs.

Des travaux de Vaillancourt et de Sosoe ressort l'importance d'inclure la compréhension des impacts sanitaires, chimiques et environnementaux des colorants au développement d'une écolittératie tinctoriale.

Ainsi, les « zones grises » qui ont émergé de la thématique « Couleur et Santé » révèlent que les dangers sanitaires des colorants restent insuffisamment connus, débattus ou pris en compte dans les pratiques industrielles, les formations et les législations. Les échanges ont aussi dévoilé un manque de transparence, de recherche appliquée et de régulations sur les effets des substances colorantes sur le corps humain et les écosystèmes. Finalement les liens entre « Couleur et Santé » ouvrent de nouvelles perspectives pour des recherches, des actions et une réflexion commune entre toxicologie, design tinctorial et pédagogie. L'écolittératie tinctoriale contribue ici à déconstruire

l'illusion de neutralité de la couleur en démontrant que chaque teinte a une origine, une composition chimique et une bioactivité, qui, bien qu'invisibles, possèdent le potentiel d'interagir avec le vivant.

Cette dimension de la discussion révèle encore la nécessité de repenser les colorants textiles en conciliant créativité, durabilité et innocuité. Ceci requiert aussi d'imaginer de nouvelles pistes de conception, de production et d'usage.

5.1.3 Couleur et Innovation

La volonté de Sosoe de transformer les processus dès la phase de conception fait écho aux travaux de Patrick Brenac. Cette démarche témoigne d'une convergence entre recherche technologique, savoirs traditionnels et impératifs écologiques, domaines d'investigation de l'écolittératie tinctoriale.

Ainsi, Brenac développe des extraits colorants à partir de plantes tinctoriales mais aussi de sous-produits issus de l'industrie agroalimentaire. Cette stratégie novatrice, discutée au chapitre 3, rend les teintures végétales compatibles avec les infrastructures industrielles existantes, sans nécessiter d'investissements supplémentaires. Brenac s'attache à déconstruire plusieurs idées reçues, notamment autour des mordants utilisés en teinture naturelle. Il précise que seuls des sels minéraux métalliques les plus courants – comme l'alun, l'acétate d'aluminium ou le sulfate de fer – sont employés. Ceux-ci ne doivent pas être confondus avec les métaux lourds toxiques, souvent associés à tort à la teinture végétale. Ces sels ont pour fonction principale de se fixer aux fibres textiles pour faciliter l'adhérence du colorant. Lorsqu'ils sont utilisés de manière appropriée, ils restent majoritairement accrochés sur le textile et ne persistent que très faiblement dans les eaux de rinçage, ce qui contribue à limiter leur impact environnemental.

Après les enjeux techniques liés aux mordants, la discussion s'est orientée vers l'approche territoriale développée par Axelle Gisserot de l'atelier LUMA. Cette démarche, ancrée dans une logique d'innovation locale, pose le design comme un levier de transformation écologique, sociale et culturelle pour repenser les liens entre couleur et territoire, mais aussi entre couleur et apprentissage systémique. Gisserot évoque l'importance de bâtir et de fédérer un réseau interdisciplinaire autour de la couleur, en rassemblant des expertises complémentaires du design, des sciences du vivant, de la chimie, de l'ingénierie et des savoir-faire artisanaux. Elle souligne le besoin de structurer un lieu mutualisé de recherche et de petite production industrielle à l'échelle d'un territoire, qualifié de « biofabrique ». L'idée étant d'ouvrir cet espace aux acteurs locaux (chercheurs, artistes, créateurs, petites entreprises) mais aussi à la formation, afin de combler le manque de connaissances et de démocratiser les pratiques tinctoriales.

Lors des échanges, j'ai soulevé l'importance de sensibiliser les acheteurs de l'industrie du textile dont les choix d'approvisionnement influencent directement ceux de production. Leur méconnaissance des impacts toxiques liés aux teintures, conjuguée à une pression constante sur les coûts, contribuent à pérenniser un système de production délétère pour la santé humaine et les écosystèmes. Bien que le designer soit valorisé pour sa créativité, c'est l'acheteur qui exerce l'influence la plus significative sur les choix des matériaux. Responsable de l'enveloppe budgétaire qui lui est attribuée pour la saison, il veille à optimiser les achats en négociant les meilleurs prix, notamment en privilégiant l'acquisition de matières premières à moindre coût.

Au fil des échanges, il est ainsi apparu que l'écolittératie tinctoriale ne se limite pas aux cercles artisanaux et pédagogiques, mais pourrait aussi constituer un facteur de transformation au sein des entreprises de mode plus industrielles. Cette conscience écologique collective permettrait d'éviter que les décisions soient dictées par les bas coûts au détriment de la santé, de l'environnement et des conditions de production.

Cet aspect de la discussion illustre le besoin urgent de développer une culture écologique des colorants textiles à tous les niveaux de la chaîne de valeur. Une telle écolittératie contribuerait à déplacer le centre de gravité des décisions : d'une logique axée sur le « tissu le moins cher » – associé à des procédés polluants et opaques – vers des matières et techniques certes plus onéreuses, mais plus sûres, traçables et durables. La fast fashion a ainsi desservi, depuis plusieurs décennies, non seulement la matière, mais aussi le geste, le temps et la symbolique du vêtement. En ce sens, l'écolittératie tinctoriale peut contribuer à revaloriser la couleur textile en faisant prendre conscience des processus, de la temporalité, des interdépendances écologiques et humaines. Elle offre un cadre propice pour penser autrement la valeur, non plus en fonction du seul prix mais d'un rapport plus juste, plus informé et plus responsable à la couleur et à ce qu'elle engage.

L'axe « Couleur & Innovation » a placé la pédagogie au cœur de la transformation des pratiques professionnelles des designers. À l'instar de Rachel MacHenry qui a initié un cours de teinture naturelle débutant dans un jardin tinctorial. Cette ferme urbaine située sur un vaste toit du centre-ville de Toronto apprend aux étudiants à récolter les plantes tinctoriales et à en extraire les colorants. Ils élaborent ensuite des teintures en récupérant la chaleur du soleil captée par les serres sur le toit. MacHenry enseigne également la transformation des résidus de teinture en compost. Pour elle, l'éducation demeure un levier puissant et majeur pour métamorphoser l'industrie, car les jeunes ayant grandi avec la crise environnementale comprennent mieux les impacts et les procédés lorsqu'ils sont écologiquement éduqués.

L'impératif de former tous les acteurs à une compréhension écologique des matériaux rejoint les constats de Martina Planty. Ancienne acheteuse devenue entrepreneure, elle connaît bien le manque de transparence dans la chaîne d'approvisionnement. Sur les salons professionnels où elle

sélectionnait des collections pour de grands magasins de luxe, la qualité et la créativité étaient mises en avant, mais les informations sur l'origine des fibres, des teintures et des modes de fabrication faisaient souvent défaut. Sa stratégie implique l'identification de filières de production qui partagent ses valeurs de protection environnementale, l'utilisation de fibres écologiques, d'extraits colorants issus de coproduits agricoles et de plantes locales mais aussi d'écolabels. Elle estime que l'éducation du consommateur à l'écoconception est prioritaire pour construire une filière du « champ au champ » qui bénéficie à son lieu de production tant au niveau écologique que sanitaire et social. Ce concept renvoie à une logique circulaire et régénérative où les ressources et le produit fini sont conçus pour être compostés en fin de vie.

L'expertise et l'expérience de terrain partagées par les participants ont éclairé de façon concrète les logiques commerciales qui structurent l'industrie de la mode et dont les conséquences – négatives comme positives – méritent d'être mieux appréhendées par l'ensemble des acteurs. Face aux effets délétères connus, les discussions ont fait émerger une priorité à long terme : réorienter les leviers de performance vers le bénéfice environnemental ou social. Une telle transformation inclurait, tel que suggéré par Thackara (2015), de nouveaux indicateurs sociaux et environnementaux permettant de réaligner l'ensemble de la chaîne de valeur vers des pratiques plus durables et innovantes.

L'axe « Couleur & Innovation » a élargi les questionnements vers une perspective plus globale. Un changement de focale s'est imposé : se déplacer d'une logique centrée sur la marge de profit à une approche fondée sur la valeur produite, qu'elle soit sociale, écologique ou culturelle. Cette ambition est soutenue par plusieurs courants contemporains comme l'Économie du Donut (cf. section 5. 3. 2) (Raworth, 2017), la permaéconomie (Delannoy, 2021) ou encore la permaindustrie (Huriez et al., 2024). Tous incitent à redéfinir les objectifs économiques à partir de critères d'habitabilité, de résilience et de justice sociale. L'écolittératie tinctoriale participe à ce changement systémique en proposant une grille de lecture critique et transversale, qui relie des enjeux souvent compartimentés : design, santé, économie, éducation, culture et justice environnementale.

Finalement, cette première partie de l'événement a permis de croiser des regards multidisciplinaires et d'élargir la compréhension de la couleur textile au-delà de sa seule fonction esthétique. La discussion a également mis en évidence la nécessité de dépasser la simple juxtaposition de perspectives pour tendre vers une logique interdisciplinaire et enrichir les approches en entrecroisant les méthodes et les cadres d'analyse. L'exploration des rapports avec la santé, l'écologie, les savoir-faire et l'innovation illustre les dimensions culturelles, techniques et économiques qui sous-tendent la teinture textile aujourd'hui. À travers ces échanges, la couleur est apparue comme un point d'entrée pour imaginer des systèmes de production plus sobres, ancrés dans les territoires et orientés vers le soin du vivant. À l'instar d'Edgar Morin (2015), qui appelle à une pensée interdisciplinaire pour mieux saisir la complexité du monde vivant, la rencontre a

permis de décloisonner les savoirs et de traiter les enjeux des teintures textiles de manière plus systémique.

5.1.4 Perceptions et interprétations des zones grises

La deuxième partie de l'événement a invité les participants et le public à identifier des mots-clés ressortant des échanges, puis à les classer dans les trois thématiques présentées en introduction et identifiées par des couleurs : « Couleur & Culture » (bleu), « Couleur & Santé » (vert) et « Couleur & Innovation » (rose) (fig. 5.3). Un quatrième code couleur (gris) a été ajouté pour recueillir les idées transversales ou émergentes – des espaces de savoirs hybrides, flous ou encore à explorer – en écho aux « zones grises » de la couleur. Ce dispositif permettait ainsi de concilier un cadre structurant avec une ouverture aux possibles, assumant pleinement ma posture de designer-médiatrice : orienter sans enfermer, structurer sans figer pour favoriser la mise en dialogue d'expertises hétérogènes.



Figure 5.3 Discussion publique sur les interactions entre colorants et vivant (2024). © M. Cardona.

Plusieurs axes clés se sont ainsi révélés. Alors que « Couleur & Culture » a montré que les savoirs ancestraux liés aux colorants ont été effacés par les logiques industrielles, on retrouve dans les « zones grises » le besoin de documenter et de transmettre ces savoirs culturels oubliés, de redonner sens aux couleurs au-delà des logiques esthétiques dominantes et de les penser comme un langage culturel. La mondialisation a largement contribué à leur standardisation, notamment à travers l'usage généralisé de systèmes de références comme Pantone. Cette uniformité chromatique a conduit à une homogénéisation esthétique, dépréciant les variations naturelles de nuances. À l'inverse, les colorants d'origine végétale créent des teintes uniques, car intimement liées à leurs structures moléculaires riches et complexes ainsi qu'aux techniques de colorations choisies.

Ce qui est aujourd'hui perçu comme une faiblesse pourrait, dans une perspective renouvelée, être considéré comme une richesse esthétique. Au XVIIIe siècle pourtant, les manufacturiers étaient tenus de reproduire fidèlement des matrices : ces échantillons témoins servant de preuve de la qualité et de la correspondance des couleurs demandées (Cardon et Brémaud, 2023, 2025). Les teinturiers d'autrefois avaient donc le devoir de reproduire très précisément les couleurs exigées et y parvenaient, comme en témoignent les matrices de Paul Gout et Antoine Janot. Aujourd'hui, on pense à tort que les couleurs ne sont pas reproductibles alors que ce sont avant tout les connaissances et les expertises qui font défaut, soulignant ainsi la nécessité de réapprendre ces techniques oubliées.

Il serait simpliste d'opposer les colorants naturels et synthétiques. Les limites des premiers ne peuvent être évaluées uniquement selon les critères actuels de l'industrie, fondés sur la performance technique et économique à court terme. Une lecture écolettrée intégrerait les coûts cachés des teintures synthétiques tout en valorisant les dynamiques régénératives et locales des teintures naturelles. Plutôt que de rejeter l'une ou l'autre de ces familles, l'écolittératie tinctoriale offre un cadre critique et pédagogique pour comprendre les performances respectives de chaque procédé, identifier les axes d'amélioration des colorants et accompagner une évolution des attentes culturelles – acceptation de la variation, valorisation de la lenteur, réinvention des critères de qualité. Elle ne vise pas à imposer un retour en arrière, mais à outiller les acteurs pour reconsidérer leurs rapports aux colorants textiles. Ainsi, s'orienter vers des pratiques durables est un choix qui engage. Il implique la volonté de réduire l'impact environnemental et social des activités, de préserver la santé humaine et les écosystèmes, et de participer à une dynamique collective de transition. Il ne s'agit pas d'une simple tendance, mais d'un engagement éthique et structurel à long terme.

La figure 5.4 synthétise l'émergence des « zones grises » à la croisée des trois thématiques de l'événement : culture, santé et innovation. Ancré dans le « faire », « Culture » met l'accent sur la transmission de connaissances techniques par l'exploration matérielle. « Santé » opère en interaction avec des chimistes et des toxicologues pour aborder l'activité biologique des colorants. « Innovation » soulève une réflexion plus systémique : dans un contexte encore dominé par la logique de profit, cet axe pointe vers la revalorisation des colorants en tant que vecteurs d'impact écologique positif. Finalement, les « zones grises » offrent des pistes pour transformer les enjeux en actions : une éducation transdisciplinaire, une formation des designers à l'écolittératie tinctoriale, mais aussi des débats publics menant à des lois qui sanctionnent les pratiques polluantes et subventionnent la recherche et développement (R&D) écoresponsable. Le manque de financement est aujourd'hui un frein majeur à la transition écologique.

Cette discussion publique, enrichie par les paroles d'experts, a permis de croiser les regards sur les enjeux techniques, culturels, sociaux et écologiques liés à la couleur. Le design y a joué un rôle de

médiateur, au sens où l'entend Victor Papanek : le designer est un intermédiaire. Il met l'accent sur la responsabilité sociale et environnementale du design pour élaborer des dispositifs servant à interpréter activement l'information, sous forme de collaborations par exemple.

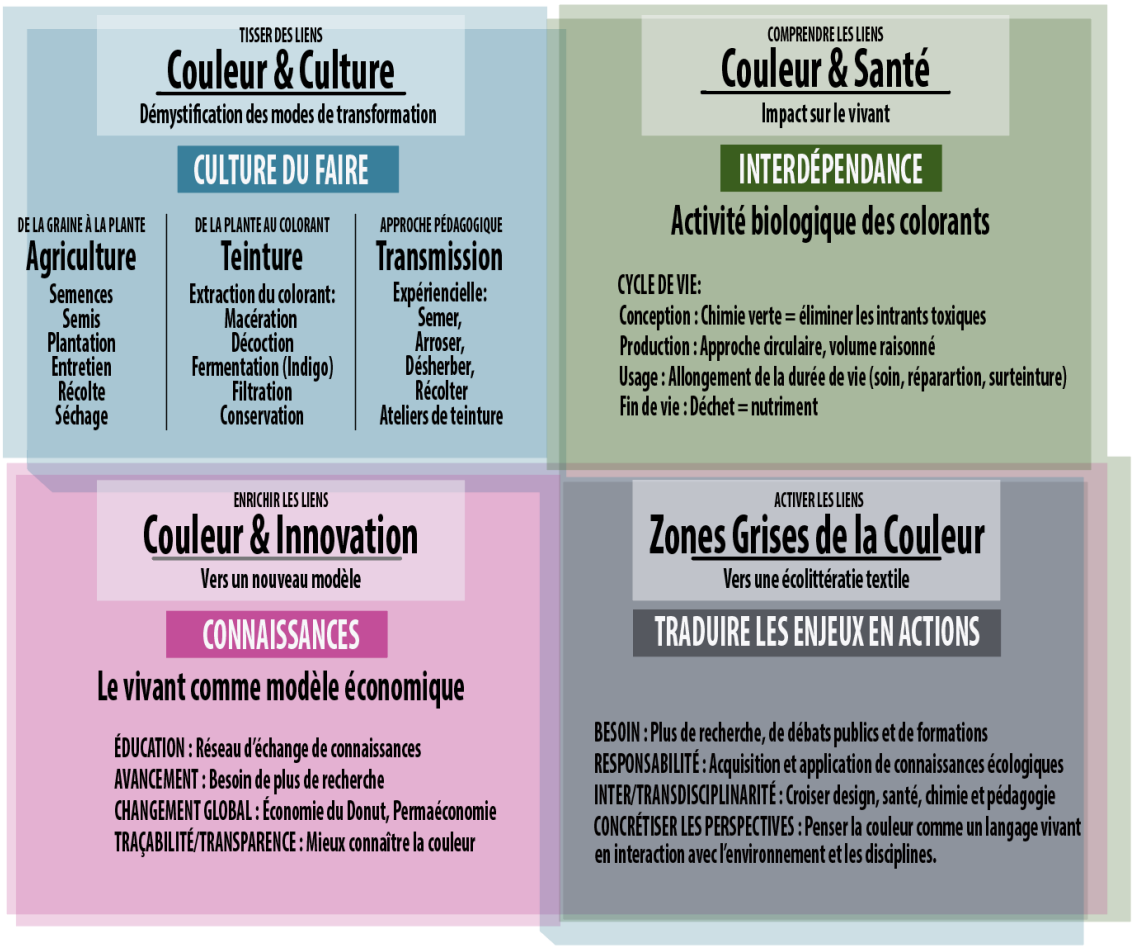


Figure 5.4 Synthèse des axes de réflexion qui ont fait émerger les « zones grises » à explorer

Finalement, cet événement a confirmé le besoin d'un changement systémique. Former les futurs professionnels ainsi que ceux en activité et transmettre des savoirs tinctoriaux interconnectés au vivant, apparaissent essentiel pour accompagner la mutation des pratiques du design et de l'industrie.

5.2 Transmission des connaissances et réappropriation des savoir-faire

Les entrevues et la table ronde « *Les zones grises de la couleur* » indiquent clairement la déficience d'éducation du grand public, des professionnels du textile et du design aux teintures naturelles.

La section suivante ainsi que l'Annexe C, consacrée aux ressources numériques, présentent divers modes de transmission identifiés au fil des rencontres. Les exemples permettent d'en saisir les

spécificités, les enjeux et les complémentarités. Ce recensement vise à présenter un panorama évolutif des outils actuels, révélant la pluralité de stratégies permettant de diffuser et de rendre accessibles les savoirs tinctoriaux.

5.2.1 Des stages immersifs pour transmettre des savoir-faire anciens

Historiquement, les teinturiers développaient leur expertise par la pratique et l'expérimentation. Ce savoir-faire se transmettait oralement de génération en génération. Perpétuant cette tradition, Dominique Cardon s'est elle-même formée auprès de maîtres-teinturiers péruviens au début des années 1970. Ses connaissances d'archéologue des teintures se sont forgées en étudiant des manuscrits anciens et en analysant des milliers de textiles datant de l'âge du Bronze retrouvés en Égypte et en Chine.

Dans ses ouvrages fondamentaux, comme *Le Monde des teintures naturelles* (2014) en français et *Natural Dyes* (2007) en anglais, elle dépeint les principales familles de colorants naturels constituant toute la palette chromatique. Soucieuse d'assurer une portée internationale à cette connaissance, elle diffuse également les carnets de recettes de maîtres-teinturiers-manufacturiers du XVIIIe siècle, tels que ceux d'Antoine Janot (2020 ; Cardon & Bremaud, 2025) et de Paul Gout (Cardon & Bremaud, 2023). Ses plus récents ouvrages sur les maîtres teinturiers sont d'ailleurs bilingues (notamment ceux de 2023 et 2025), ce qui facilite grandement la transmission de ces méthodes à l'échelle internationale.

Enfin, Cardon transpose cette documentation historique en pratique. Elle offre des stages immersifs pour réapprendre ces savoir-faire ancestraux. Ces stages, donnés en collaboration avec Sandrine Rozier, s'appuient sur son ouvrage *Les 157 Couleurs de Paul Gout* (2023) qui présente des échantillons de drap de laine teints par ce maître-teinturier. Il exportait jusqu'à 2 750 pièces de drap « grand teint » par an vers le bassin méditerranéen, une quantité considérable pour l'époque. Cardon adopte une approche expérientielle qui invite à explorer différentes techniques de mordançage et de teinture historiques éprouvées. Les participants redécouvrent les plantes tinctoriales locales dans une logique de circuit court et pratiquent la gestion économe des ressources comme l'épuisement des bains.

Ces stages restituent les savoir-faire traditionnels dans un contexte contemporain. Ils s'adressent à tous les passionnés de teinture végétale et aux professionnels qui souhaitent se perfectionner (fig.5.5). De plus, ils mettent à l'épreuve certains des préjugés dont souffrent les teintures naturelles, notamment la vivacité des teintes.



Figure 5.5 Prototypes montrant la vivacité des teintes naturelles (2024). De gauche à droite : Mathilde Laroche (ingénieure textile) et Axelle Gisserot analysant les échantillons réalisés lors de leur stage Paul Gout avec Dominique Cardon. Photos © A. Gisserot.

En effet, l'écolittératie tinctoriale ne consiste pas seulement à transmettre des gestes techniques ou à comprendre les origines des colorants. Elle implique aussi la capacité à répondre de manière informée aux préjugés persistants comme l'idée que les teintures naturelles seraient peu solides. Des tests de performance documentent aujourd'hui rigoureusement la durabilité de ces teintures et renforcent leur légitimité auprès des industriels et des consommateurs (cf. section 2.1.1.5).

Si les stages de Dominique Cardon permettent d'aborder l'angle historique et anthropologique des savoirs tinctoriaux, ceux de Michel Garcia se concentrent sur les processus chimiques à l'œuvre dans les interactions entre plantes, mordants et fibres à l'origine des couleurs et de leur solidité. Les formations dispensées par Kathy Hattori et Charllotte Kwon ont constitué un complément essentiel à cette recherche, en offrant un large éventail de ressources pédagogiques et pratiques sur la teinture naturelle contemporaine. Leurs enseignements, fondés sur une profonde connaissance scientifique et expérimentale, appréhendent la chimie des colorants en expliquant le rôle des quinones, des tanins et d'autres composés organiques dans la fabrication, la fixation et la solidité des teintures.

Alors que ces stages et ateliers proposent une initiation aux procédés tinctoriaux, d'autres cours plus longs sont destinés aux professionnels qui cherchent à appliquer directement ces nouvelles connaissances à leurs réalités de terrain. L'accent n'est pas seulement mis sur la transmission de savoirs, mais sur leur ancrage dans des situations locales réelles.

5.2.2 De la formation universitaire à une certification de maître-teinturier

Éduquer les designers aux enjeux de la durabilité textile implique un lien intrinsèque avec les écosystèmes naturels et industriels locaux. Le programme de maîtrise en design régénératif (UAL) en est un parfait exemple. Il se situe à l'intersection du design et de l'écologie.

Cette formation universitaire, en ligne, dispensée par Judith Van den Boom, permet aux participants basés aux quatre coins du monde d'intégrer leur recherche dans les spécificités géographiques de leur région. Elle s'appuie sur une cartographie des interrelations entre espèces humaines et non humaines, cultures et territoires. Les étudiants conduisent des analyses de ressources locales qui évaluent la biodiversité, les savoir-faire et les matériaux. Pour cela, ils adoptent des méthodologies hybrides empruntées à l'anthropologie, à l'écologie et au design. Les projets comportent des immersions dans des lieux spécifiques, – zones arides, forêts urbaines, fermes régénératives – pour repérer les leviers d'action locaux. Les partenariats avec des agriculteurs, des scientifiques, des artisans et des communautés autochtones sont encouragés pour aligner les solutions sur les réalités du terrain. Les expérimentations matérielles mobilisent des matériaux biosourcés, des techniques de basse technologie et des modèles économiques circulaires adaptés aux contraintes climatiques et culturelles locales. La formation inclut les suivis sur la régénération des sols, la réintroduction d'espèces natives et la revitalisation de pratiques artisanales. Selon Van den Boom, les étudiants travaillent sur le terrain et explorent des concepts liés à la justice environnementale en tenant compte des besoins du vivant dans une perspective écosystémique et multi espèces (communication personnelle, 28 mai 2024).

D'autres parcours pédagogiques émanent de l'expérience entrepreneuriale, comme celui que propose Jennifer Lienhard, co-fondatrice de la teinturerie AppleOak FibreWorks et de l'école The Natural Dyers & Growers Academy.

Sa formation *1 Year Professional Natural Dyers Course*, conçue comme une certification pour devenir maître-teinturier, est diffusée sous licence *Creative Commons Attribution* (CC BY)[58]. En rendant ses ressources accessibles sous cette licence ouverte, l'approche pédagogique de Lienhard favorise la circulation des connaissances autour des pratiques tinctoriales écoresponsables.

[58] Cette licence autorise toute personne à reproduire, distribuer et adapter une œuvre, à condition de mentionner clairement l'auteur ou la source originale.

Cette formation en ligne, d'une durée d'un an, s'inspire de l'expérience de la teinturerie fondée par Liendhard où agriculture, artisanat et design fonctionnent en circuit court à la manière d'un écosystème textile. Elle s'adresse aussi bien aux teinturiers professionnels qu'aux amateurs passionnés du monde entier. Elle se distingue par son adaptation aux contextes géographiques propres à chaque étudiant. Elle encourage l'expérimentation avec les plantes locales et la constitution d'un portfolio basé sur l'analyse de leur écosystème textile régional. Les méthodes proposées par AppleOak FibreWorks, comme la récupération d'eau de pluie, la filtration végétale, la gestion circulaire des déchets et le compostage constituent des solutions modulables et applicables localement. La formation valorise aussi la mutualisation de moyens techniques, tels que le mordançage doux à froid, et la création d'un répertoire « libre accès » de recettes.

Lienhard travaille à l'accréditation de ce programme pour faire reconnaître officiellement le statut de « maître-teinturier » aux participants formés à produire des teintures solides aux couleurs vibrantes. Il contribue ainsi à la transmission et à la pérennisation d'un patrimoine immatériel millénaire (fig. 5.6).



Figure 5.6 Fils teints de la teinturerie AppleOak FibreWorks (2024). Ces teintures ont été réalisées sur des fibres de laine, de soie, de ramie et de lin. Elles ont été colorées avec la garance (rouge et orange), le nerprun (jaune), la sauge (vert 1), la cochenille (rose) et l'indigo (bleu). Certaines l'ont été par mélange comme la sauge et l'indigo (vert 2), le bouleau et l'indigo (vert 3), la cochenille et l'indigo (violet), la cochenille et l'alun (mauve clair), la cochenille et la crème de tartre (rose clair) et la cochenille, alun, crème de tartre, acide tartrique (rose rouge). Les couleurs foncées ont été obtenues avec des nuançages à l'acétate de fer. Photo© Jennifer Lienhard.

5.2.3 Ateliers de teinture végétale : entre pratiques agricoles et transmission *low-tech*

Rebecca Burgess partage ses connaissances par le biais de publications, de symposiums et d'une présence active sur les réseaux sociaux, dont Instagram avec plus de 52K d'abonnés. La communauté de praticiens Fibershed représente un réseau mondial d'agriculteurs, de producteurs

et de scientifiques qui partage et se nourrit des expériences de chacun pour implémenter des pratiques éprouvées.

Dans son centre d'apprentissage, Burgess programme des ateliers, des séminaires et des formations pratiques sur la culture des fibres, la teinture naturelle, la filature, le tissage et le design régénératif. La publication de guides, de rapports, d'études de cas et d'articles de blogue démocratise des pratiques exemplaires, des innovations et des témoignages inspirants. Elle tisse des liens régionaux entre agriculteurs, teinturiers, artisans, designers et consommateurs qui forment des communautés apprenantes. En outre, Fibershed mise sur des projets pilotes comme des fermes, des jardins communautaires et des circuits courts qui servent d'exemples reproductibles et d'espaces d'apprentissage collectif. Enfin, des campagnes de sensibilisation sont organisées auprès d'un large public.

Des modèles internationaux comme Fibershed (Californie) à des pratiques québécoises plus locales, comme celles de Dahlia Milon (Kamouraska) et de Nadia Bunyan (Montréal), la source des colorants végétaux est étroitement liée à l'agriculture (cf. chapitre 4). Les missions éducatives de Bunyan et de Milon s'ancrent dans une pratique du terrain : elles organisent des ateliers de teinture dans leurs champs tinctoriaux – de la semence au colorant en passant par les processus de transformation. En récoltant eux-mêmes les plantes tinctoriales, les participants se familiarisent avec le contexte écologique et approfondissent leur compréhension des plantes, de leur cycle de vie et de leurs propriétés (fig. 5.7). Cette immersion au cœur de l'origine de la matière est une étape essentielle pour en apprécier la valeur, en développer le respect et en maximiser l'exploration. Ces formats pédagogiques placent les pratiques artisanales dans un contexte contemporain et contribuent à la construction d'une écolittératie tinctoriale ainsi qu'à la revalorisation des savoir-faire artisanaux.



Figure 5.7 Champ tinctorial de Dahlia Milon (2023). De gauche à droite : séchage des fleurs ; conditionnement pour la vente ; bain de teinture ; laine teinte avec des cosmos sulfureux séchés. Photos : © Y. Cardona Arias et V. Mardirossian.

Bunyan se distingue par une démarche collective et communautaire qui dépasse la seule pratique artistique de la teinture naturelle. Elle réunit des bénévoles autour de la culture, de l'entretien et de

la récolte des plantes tinctoriales, transformant ces activités en un lieu d'apprentissage collectif et de pratiques écologiques. Ses ateliers, ouverts au grand public, dans les parcs et sur les foires estivales comme le Festival Eureka, popularisent la science derrière les savoirs tinctoriaux.

Focalisés sur les principes régénératifs à travers le cycle complet de la matière, les ateliers de Milon et Bunyan offrent une approche immersive et globale de la couleur : observation des cultures, gestion de l'eau, préservation des sols et interactions avec la biodiversité.

Les modes de transmission présentés dans cette section opèrent à différentes échelles d'action et utilisent différents supports de diffusion, mais tous favorisent une pédagogie expérientielle.

C'est dans cette perspective que se situe la dernière partie de ce chapitre. Elle explore les conditions et les implications d'une démarche transdisciplinaire en design tinctorial. Il ne s'agit plus seulement de croiser des expertises, comme lors de l'événement *Les zones grises de la couleur,* mais de concevoir collectivement de nouveaux outils conceptuels et pratiques pour répondre à des enjeux qui excèdent les frontières disciplinaires traditionnelles.

5.3 L'importance de la transdisciplinarité en design tinctorial

Thackara (2015) souligne la transformation du rôle de designer. Dans un contexte tendu de crise écologique, celui-ci doit plus que jamais maîtriser le style et les techniques de production de produits qu'il conçoit, tout en veillant à leurs interactions avec le vivant. Inspiré du travail de Fletcher et Grove (2012), Thackara invite à reconnecter l'écosystème des fabricants de matériaux à celui des écosystèmes naturels parce que les vêtements interagissent avec leur environnement.

La quête d'alternatives écologiques aux teintures conventionnelles nocives exige d'élargir la formation du designer à une compréhension biologique des colorants. Ce rôle implique une capacité à collaborer au sein d'équipes transdisciplinaires. Sans se substituer au biologiste ni au chimiste, le designer fait dialoguer les expertises, les met en résonance et contribue à la co-construction de teintures écoresponsables.

Pour alimenter le processus créatif, le designer a recours à une pluralité de compétences, en interaction avec d'autres : interpréter des données sur la biodégradabilité des teintures et les convertir en méthodes de conception et d'usage applicables, ou encore, incorporer la dimension de la fin de vie des colorants dès la phase de conception, en collaboration avec des experts du cycle de vie. Cependant, pour que les projets deviennent intrinsèquement transdisciplinaires, il est important que chaque discipline y voie un intérêt dans son propre domaine d'application.

5.3.1 La transdisciplinarité : fondements et perspectives

La réflexion sur la transdisciplinarité, amorcée dès les années 1970 par Jean Piaget, puis soutenue par Edgar Morin à travers sa pensée systémique et complexe, a été largement popularisée par la *Charte de la transdisciplinarité* publiée par Basarab Nicolescu (1994). Considérée complémentaire à l'approche disciplinaire, la transdisciplinarité fait émerger une nouvelle vision des possibles issue de la confrontation des expertises.

Multidisciplinaire, interdisciplinaire, transdisciplinaire : qu'en est-il réellement ? Ces termes se retrouvent aujourd'hui dans les discours et les pratiques de recherche en design, souvent de manière interchangeable.

La multidisciplinarité implique une collaboration entre disciplines, mais sans transformation ni croisement de leur cadres méthodologique respectif (Max-Neef, 2005). Plusieurs disciplines travaillent en parallèle sur un même projet, mais chacune selon ses propres méthodes, ses objectifs spécifiques et son langage propre. Par exemple, dans un projet de teinture naturelle, le designer conçoit la forme du vêtement, le botaniste fournit des données sur les plantes tinctoriales et le chimiste analyse la stabilité des colorants. À ce stade, chacun contribue avec son expertise mais les apports ne font que s'additionner.

Dans le cas de l'interdisciplinarité, les frontières entre les domaines deviennent plus poreuses : les disciplines interagissent, croisent leurs méthodologies et intègrent les concepts des autres champs pour répondre à une problématique commune. Cela implique un dialogue méthodologique et des ajustements réciproques. Dans l'exemple de PILI (2018), la biologie synthétique, la chimie verte et l'ingénierie œuvrent en synergie pour développer une nouvelle génération de colorants biosourcés fournissant une alternative aux colorants pétrochimiques.

Cependant, pour répondre à la complexité et à l'urgence d'une transition systémique du design textile, l'interdisciplinarité n'est pas suffisante. La nécessité d'une approche transdisciplinaire s'impose pour deux raisons fondamentales : premièrement, elle permet la fusion des savoirs théoriques du chimiste et du botaniste avec le savoir-faire pratique du teinturier et du designer. Deuxièmement, et surtout, elle vise la co-construction de solutions concrètes, en intégrant les acteurs de terrain au cœur du processus de recherche et de modélisation. C'est à ce niveau d'intégration, au-delà des frontières disciplinaires, que réside le véritable potentiel de transformation vers la mode régénérative.

Le projet BioCouture, lancé en 2003 par la designer Suzanne Lee et le biologiste David Hepworth, illustre cette approche transdisciplinaire (Lee, 2011). La fabrication de cellulose s'opère à partir de bactéries et de levures. Ce projet va au-delà de la coopération entre disciplines. Il transforme à la

fois les modes de fabrication et les finalités culturelles du textile et il engendre un nouveau domaine : la biofabrication textile. Il ne s'agit plus simplement d'innover, mais de reconsidérer la relation entre le vivant et la matière.

En design, certains laboratoires de recherche explorent la transdisciplinarité. C'est le cas de Media Lab du MIT (Cambridge, États-Unis) avec son concept de Fab Lab (Fabrication Laboratory) [59] ou encore de Fab Lab Barcelona (Espagne). Ce dernier est reconnu aujourd'hui comme l'un des moteurs de ce mouvement qui valorise la transmission ouverte des savoirs techniques et leur mise en pratique collective. Ces approches incitent à dépasser les cloisonnements disciplinaires pour répondre à des défis complexes, à privilégier la compréhension du système sous-jacent aux problématiques étudiées et à inclure leurs dimensions techniques, économiques, éthiques, politiques et écologiques au processus de conception.

La figure 5.8 illustre la vision de la transdisciplinarité de Max-Neef. Le niveau inférieur présente les différentes expertises utiles et nécessaires aux domaines du deuxième niveau. Le troisième niveau exprime les objectifs de ces collaborations. Enfin, le niveau supérieur inclut les valeurs fondamentales qui orientent l'ensemble du processus transdisciplinaire. Selon ce modèle, une relation verticale qui traverse les niveaux de réflexion et d'action opère de la façon suivante : elle commence au niveau empirique des faits observables et des données concrètes, progresse vers un niveau pragmatique – ici, on agit pour répondre à des besoins spécifiques. Puis, elle accède à un niveau normatif[60] – là, on questionne les objectifs poursuivis – par exemple, réduire l'empreinte toxique de l'industrie textile ou promouvoir des pratiques plus sobres. Enfin, elle atteint un niveau axiologique[61], où sont examinées les valeurs fondamentales qui guident l'action : respect du vivant, régénération des écosystèmes, coopération plutôt qu'exploitation.

[59] Conçus en 2001 par le Center for Bits and Atoms du Massachusetts Institute of Technology (MIT), pour rapprocher les sciences fondamentales, l'ingénierie et les applications pratiques à travers des ateliers collaboratifs ouverts dotés d'outils de fabrication numérique.

[60] Normatif: qui répond à des normes éthiques, sociales, politiques ou écologiques.

[61] Axiologique: qui répond à des valeurs fondamentales comme le respect de la vie, l'équité ou la justice et qui donnent du sens et des orientations aux actions.

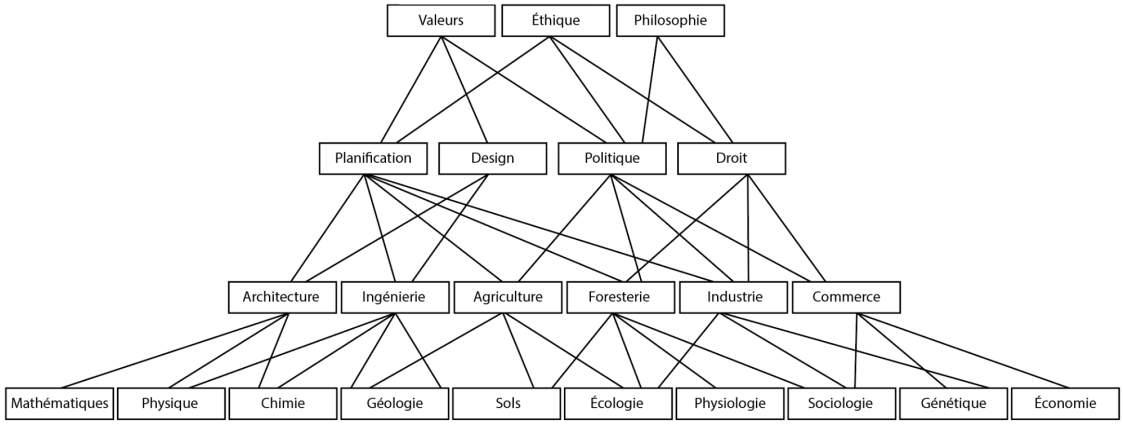


Figure 5.8 Diagramme de Manfred Max-Neef sur la transdisciplinarité (2005), traduit en français.

Sur cette base, il devient possible d'adapter et de déployer ces concepts dans des contextes concrets. À titre d'exemple : l'écolittératie tinctoriale croise et intègre les savoirs pour répondre aux enjeux spécifiques du design tinctorial et de ses interactions avec les écosystèmes.

La figure 5.9 adapte le modèle de transdisciplinarité de Max-Neef à l'écolittératie tinctoriale en proposant un système dynamique et non hiérarchique de circulation des savoirs. Organisé autour d'une intention commune de concevoir des teintures compatibles avec le vivant, le modèle fait circuler les connaissances entre l'expérience empirique (le faire), l'application pragmatique (la technique), les cadres normatifs (l'éthique) et l'horizon axiologique (les valeurs). Les pratiques de terrain s'appuient notamment sur le biomimétisme pour traduire les stratégies du vivant en réponses techniques ; celles-ci sont ensuite mises en dialogue avec des exigences éthiques (transparence, santé publique) et écologiques (biodiversité, sobriété), jusqu'à s'ancrer dans une volonté de régénération.

L'écolittératie tinctoriale agit ainsi comme un principe de capillarité : elle irrigue et transforme des disciplines traditionnellement cloisonnées (design textile, agronomie, horticulture, écotoxicologie), reliant par exemple la santé des sols à la toxicité des fibres. Cette porosité permet une influence réciproque entre pratiques, valeurs sociétales et cadres macroéconomiques. Ainsi, les choix techniques sont orientés par des impératifs de décroissance et de sobriété, privilégiant l'économie de fonctionnalité, où l'usage et la durabilité priment sur la possession, tandis que les savoirs issus du terrain nourrissent l'évolution des normes et des politiques publiques.

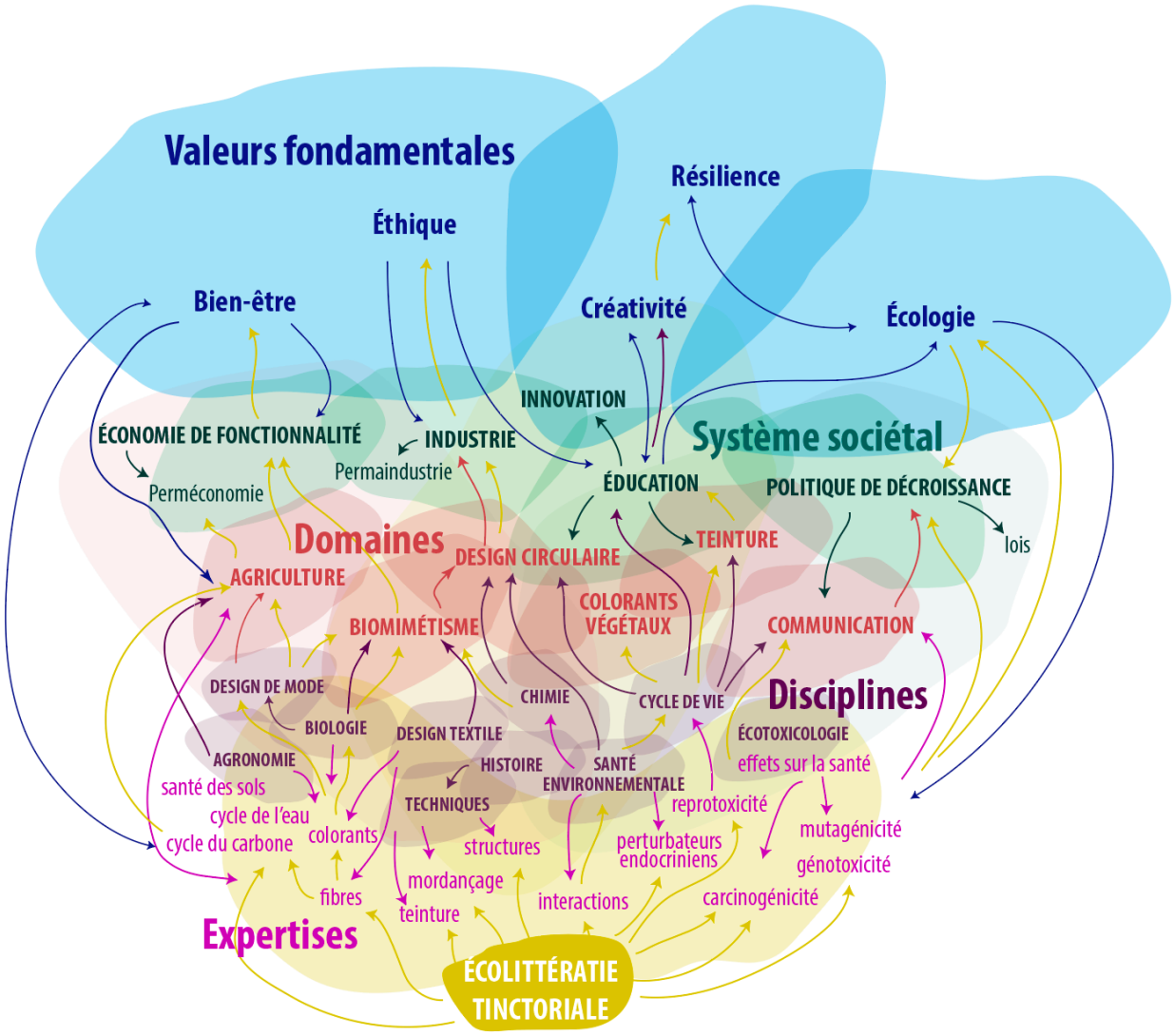


Figure 5.9 Modèle conceptuel transdisciplinaire de l'écolittératie tinctoriale (Inspiré de Max-Neef, 2005)

Ainsi, la figure 5.9 montre l'écolittératie tinctoriale comme un catalyseur transdisciplinaire, favorisant l'enrichissement mutuel des savoirs et la transformation des pratiques par une vision systémique de la couleur fondée sur le respect du vivant.

5.3.2 Une transdisciplinarité appliquée à l'écolittératie tinctoriale

Au-delà de l'identification des disciplines appelées à collaborer, la mise en œuvre d'une transdisciplinarité en design tinctorial suppose de définir un cadre de réflexion élargi, capable d'intégrer les dimensions économiques, politiques et écologiques de la transition. Cela demande

un regard critique sur le modèle productiviste et consumériste de l'industrie textile, ainsi que des propositions émergentes en matière de décroissance[62] et d'économie de service[63].

Ainsi, l'écolittératie tinctoriale peut être lue comme un modèle interrelié qui articule valeurs, pratiques et savoirs. Elle offre un cadre pour repenser la place des colorants dans notre relation au design et au monde qui nous entoure, en intégrant notamment les enjeux des limites planétaires (Raworth, 2017). Ces dernières correspondent à des seuils environnementaux critiques identifiés par la communauté scientifique, au-delà desquels le fonctionnement des systèmes terrestres essentiels (climat, biodiversité, cycles biogéochimiques, qualité de l'air, de l'eau et des sols) pourrait être gravement perturbé, menaçant la stabilité écologique nécessaire à la vie humaine. C'est dans ce contexte que l'économiste Kate Raworth, propose l'Économie du Donut, qui nous invite à ne pas dépasser ce plafond environnemental et à considérer le développement économique à l'intérieur d'un espace sécuritaire qui assure les besoins fondamentaux de tous.

La critique de la croissance trouve ses racines dans le rapport *Limits to Growth*, datant de 1972 (Meadows et al., 2004), et dans les travaux de l'économiste Ernst Friedrich Schumacher, qui publia dès 1973 son ouvrage *Small Is Beautiful*. L'ouvrage *Permaéconomie* du biologiste Delannoy (2021) en propose aujourd'hui une lecture renouvelée, systémique et appliquée. Articulant sobriété, économie de fonctionnalité et principes du vivant, il offre un cadre cohérent pour développer des modèles de production régénératifs, compatibles avec les enjeux contemporains du textile durable.

Si cette recherche a mobilisé ponctuellement des approches multidisciplinaires, comme lors de l'événement *Les zones grises de la couleur*, mais aussi des démarches interdisciplinaires, notamment avec des analyses menées sous la direction du chimiste Dr Yves Gélinas, c'est bien une démarche transdisciplinaire qui s'impose pour concevoir des pratiques tinctoriales non toxiques, durables et véritablement régénératives. Il s'agit désormais de projeter la transdisciplinarité dans un mode opératoire, en identifiant les disciplines appelées à coopérer durablement.

La figure 5.10 propose une cartographie heuristique des disciplines clés. Ensemble, elles contribueraient à une écolittératie tinctoriale pour imaginer la couleur végétale comme un point de

[62] La décroissance désigne une remise en question du paradigme de croissance économique illimitée, en appelant à une réduction volontaire et équitable de la production et de la consommation matérielles, dans le but de préserver les écosystèmes, la santé humaine et la justice sociale. Le concept est largement popularisé et théorisé en français, notamment par les travaux de Serge Latouche, dès 2006.

[63] L'économie de service, aussi appelée économie de fonctionnalité, propose de repenser la valeur non plus à travers la possession d'un bien, mais par l'usage rendu. Ce concept, développé dès les années 1980 par Walter Stahel, est essentiel à la transition écologique de l'industrie textile.

convergence, là où se tissent des expertises issues des sciences du vivant, des sciences humaines, du design et de l'économie.

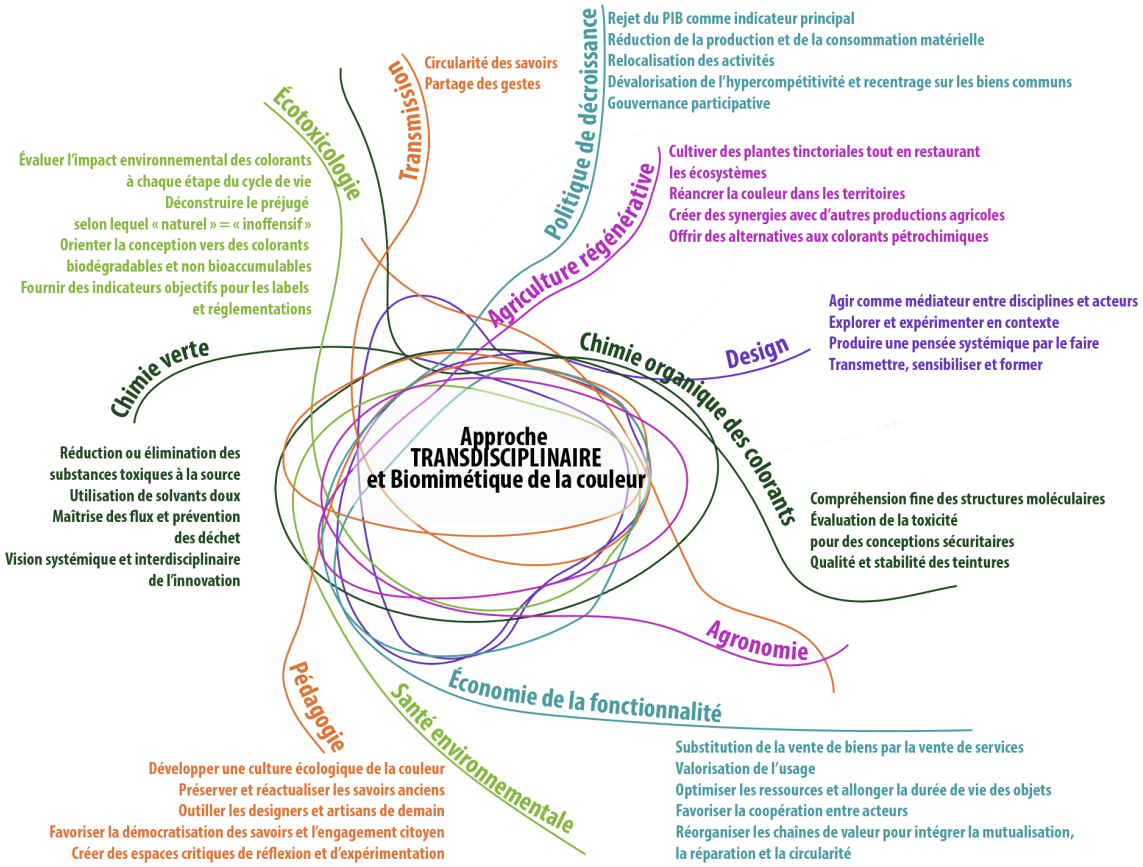


Figure 5.10 Articulation transdisciplinaire des savoirs autour des colorants durables. Ce schéma propose une constellation de disciplines qui devraient être mobilisées pour nourrir une réflexion collaborative sur la couleur en tant que phénomène écologique, culturel et matériel.

Ce tissage repose sur une logique rhizomique : les liens se forment non pas de manière hiérarchique, mais selon des affinités, des complémentarités et des points d'ancrage partagés. On y retrouve, du côté des sciences de la matière, la chimie verte et la chimie organique des colorants, toutes deux essentielles au développement des procédés plus sûrs, reproductibles et respectueux de l'environnement. Ces disciplines croisent les apports de l'écotoxicologie et de la santé environnementale, qui évaluent les effets des substances colorantes sur les écosystèmes comme sur les corps humains.

En amont, l'agriculture régénérative apparaît indispensable aux cultures tinctoriales, en redonnant sens au rapport entre le sol, les plantes et la couleur. En aval, la pédagogie et le design jouent un rôle de médiation : elles traduisent, transmettent et rendent ces connaissances accessibles aux publics et aux designers, tout en imaginant des formes sensibles d'engagement.

À l'interconnexion de ces domaines peut émerger une culture écologique des colorants textiles, à la fois ancrée dans la matérialité des pratiques et dans une compréhension de l'environnement et des écosystèmes vivants.

5.4 Modélisation de l'écolittératie tinctoriale dans le champ du design

Dans une perspective transdisciplinaire cohérente avec les enjeux systémiques du design tinctorial biomimétique, le schéma de la transdisciplinarité proposé par Max-Neef (2005) a été adapté au design tinctorial. Ce modèle met en dialogue différents niveaux de savoirs pour concevoir les interactions complexes entre les disciplines scientifiques, les domaines professionnels, les cadres d'organisation collective et les valeurs fondamentales.

Le premier schéma (fig. 5.10) a présenté la transdisciplinarité comme un déploiement heuristique d'expertises formant un réseau de disciplines (design, chimie, écotoxicologie, botanique, anthropologie, etc.) appelées à collaborer autour de la conception de teintures sécuritaires. Il met en lumière la richesse du dialogue transdisciplinaire à coconstruire, sans toutefois en structurer la mise en œuvre. Le second schéma (fig. 5.11) approfondit cette réflexion en organisant la pensée en strates hiérarchisées qui orientent l'action : à partir d'un socle éthique fondé sur la responsabilité, le sens et le soin, il articule les milieux éducatifs, économiques et politiques par le design, relie ces principes aux domaines d'application concrets (teinturerie, gestion du cycle de vie) puis, mobilise la coopération des disciplines scientifiques et pratiques. Ce passage d'un réseau ouvert à une structure stratifiée traduit un raffinement méthodologique et fait évoluer la représentation vers un cadre d'action cohérent et guidé par des valeurs éthiques.

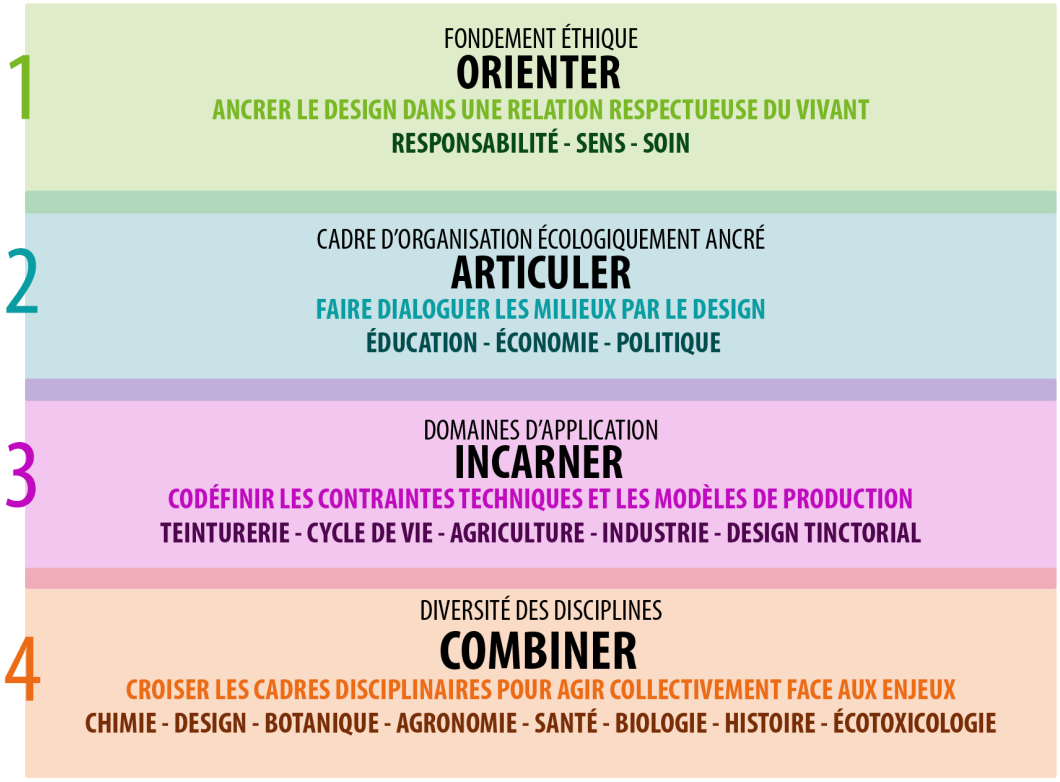


Figure 5.11 Approche transdisciplinaire appliquée au design tinctorial.

Le diagramme de Max-Neef a été réinterprété en strates, correspondant à quatre fonctions intégrées au projet de design tinctorial écoresponsable : orienter, articuler, incarner et combiner. Le fondement éthique, placé au sommet du modèle, guide l'ensemble des décisions relatives à la production de colorants, en plaçant les pratiques dans une logique de responsabilité, de sens et de soin. Ces actions forment un principe directeur qui arrime la pratique dans une relation respectueuse de l'environnement et du vivant.

La seconde strate concerne les cadres d'organisation et de médiation : le design comme moyen de dialogue entre les milieux écologique, éducatif, politique et économique. Ce niveau permet de concrétiser les intentions éthiques au sein des structures collectives, institutionnelles ou éducatives et encourage des pratiques locales et circulaires.

La troisième strate regroupe les domaines de transformation : teinturerie, agriculture régénérative, biomimétisme, chimie verte, architecture textile, économie circulaire locale. Ceux-ci symbolisent concrètement les principes du projet, à la fois matériels et relationnels. Ces domaines ne sont pas abordés isolément, mais en tant que systèmes interconnectés.

Enfin, la strate inférieure est celle des disciplines mises en opération : design, botanique, chimie, écotoxicologie, biologie ou encore histoire. Ces savoirs, provenant d'expertises distinctes, sont ici

appelés à se combiner dans un processus d'hybridation nécessaire à une compréhension complexe et contextualisée.

Ce schéma transdisciplinaire traduit un cheminement de la pensée : le design tinctorial ancré dans le biomimétisme se déploie en tant que pratique à la fois sensible, critique et transformative. Attentive aux cycles du vivant et aux stratégies systémiques du processus de conception, cette modélisation permet de comprendre l'écolittératie non comme une compétence isolée, mais comme une approche relationnelle qui aligne l'usage des colorants textiles avec les écosystèmes naturels.

La modélisation de l'écolittératie tinctoriale proposée dans ce chapitre met ainsi en lumière les relations sensibles, matérielles et contextuelles qui naissent entre pratiques tinctoriales et conscience écologique.

Conclusion

En exploitant les questionnements développés et les éléments de réponses obtenus tout au long de la thèse, ce chapitre visait à construire une nouvelle forme de compétence transversale indispensable aux designers, qualifiée d'écolittératie tinctoriale.

L'écolittératie tinctoriale implique la connaissance de l'impact écologique et sanitaire de la production de colorants sur le vivant, l'acquisition, la contextualisation et la transmission de connaissances provenant de différentes disciplines au service du design. Elle consiste non seulement en la collecte de savoirs, mais aussi dans la co-construction de méthodes de travail fondées sur l'ouverture à des disciplines et à des activités diversifiées.

La discussion s'est d'abord focalisée sur les échanges recueillis lors de l'évènement *Les zones grises de la couleur* (2024). Elle a fait croiser les regards d'experts de disciplines les plus diverses, elle a inclus le public, elle a confronté les perspectives et a identifié les points de convergence possibles pour cette écolittératie, tels que l'apprentissage écologique des colorants, la transparence et l'innovation autour de savoir-faire tinctoriaux respectueux des écosystèmes. Les trois pistes de réflexion « Couleur & Culture », « Couleur & Santé » et « Couleur & Innovation » ont structuré la démarche autour de grands axes à même de toucher l'ensemble des acteurs. Ainsi, cette exploration des impacts de la teinture montre comment le design contribue à penser des systèmes de production plus sobres, implantés dans les territoires et orientés vers le soin du vivant.

La deuxième partie a tracé un état des lieux des différentes formations proposées par les experts. Certaines inspirées de processus historiques, de pratiques artisanales ou encore de cursus universitaire alliant design et écologie. Quels que soient leur durée ou leur format, ces dispositifs valorisent un esprit d'entraide, d'échange et de circulation des savoirs afin de renforcer le recours aux colorants naturels, leur diffusion ainsi que leur appropriation par le plus grand nombre. De ce catalogue éclectique a émergé un double constat : il existe non seulement une abondance de connaissances, de démarches et de procédés en matière de couleurs, mais aussi une multitude de moyens d'informations plus ou moins accessibles aux professionnels comme au grand public. D'où la nécessité impérieuse de rassembler et d'organiser ces ressources dans un système structuré et cohérent.

La troisième partie du chapitre s'est intéressée à un autre constat émergeant de la confrontation des expertises : la construction d'une écolittératie tinctoriale cohérente et viable exige de dépasser la simple juxtaposition des savoirs pour tendre vers des expériences transdisciplinaires. Il s'agit d'imaginer des méthodes de conception où le designer joue un rôle de médiateur, coordonnant des compétences et savoirs issus de plusieurs disciplines. Ces démarches intègrent en parallèle une réflexion critique sur les modèles économiques et les enjeux sociaux qui structurent le secteur de

la mode et, plus largement, du design. En effet, pour concilier des intérêts et des préoccupations apparemment divergents autour d'un design tinctorial soutenable et tourné vers des modes de production respectueux du vivant, il conviendrait que tous les acteurs impliqués intègrent à leur réflexion les principes d'une économie consciente des coûts à long terme des pratiques actuelles. Les échanges et réflexions sur lesquels repose ce chapitre indiquent que le développement de teintures non toxiques et biosourcées devrait pleinement s'insérer dans les enjeux de recherche, d'éducation et d'action publique.

Enfin, la dernière section présentait une modélisation de l'écolittératie tinctoriale, déclinée en strates pouvant orienter les décisions de conception dans une perspective de responsabilité, de sens et de soin. Ce cadre d'organisation vise à orienter les choix selon des principes écologiques par l'enseignement de techniques de coloration responsables et de pratiques ayant un impact bénéfique sur le vivant. Il vise aussi à soutenir des décisions économiques favorisant la production locale, l'économie circulaire, la biodégradabilité, les approches zéro déchet et le développement d'écosystèmes industriels régionaux intégrant agriculteurs, designers et chimistes. Le modèle présente aussi les domaines dans lesquels les décisions opèrent à chaque étape de production des colorants. La dernière strate montre comment les différents savoirs interagissent et quelles compétences sont nécessaires pour surmonter les contraintes techniques.

Dans la continuité de ces observations et de la cartographie transdisciplinaire présentée, une double orientation émerge esquissant les contours d'un design écolettré. D'une part se dessine le besoin de concevoir un dispositif pédagogique transversal et critique, incluant les apports de la chimie verte, de l'écotoxicologie, de la santé environnementale et des politiques de sobriété dans l'enseignement de la couleur. D'autre part, la nécessité d'un lieu de production, de pratique et d'expérimentation tinctoriale, où les designers exploreraient des procédés respectueux des cycles du vivant, des ressources locales et des conditions de régénération des écosystèmes.

À partir de ces constats se sont profilés des scénarios prospectifs d'apprentissage et de production comme des prototypes pédagogiques et industriels systémiques. Ils sont présentés dans le dernier chapitre.

Chapitre 6 Vers un modèle pédagogique et de production vecteur de culture et de savoirs

Penser les colorants textiles aujourd'hui, c'est faire face à un double défi : former autrement et produire autrement. Cela implique d'imaginer de nouvelles méthodes éducatives et industrielles en teinture pour concevoir des systèmes plus responsables, ancrés dans le vivant et capables de régénérer plutôt que d'épuiser les ressources et les écosystèmes. Pour atteindre cet objectif, il faut d'abord comprendre les dynamiques de ce système.

Si les enjeux liés aux fibres ou au recyclage occupent une place croissante dans les programmes d'étude, la couleur demeure largement négligée. Elle est souvent abordée de manière purement esthétique ou technique, sans que ses implications écologiques, sociales et sanitaires ne soient analysées.

Ce dernier chapitre propose donc une réponse concrète à cette lacune : des approches pédagogiques et industrielles modulables qui incorporent les colorants textiles dans les formations en design de mode et dans les pratiques de production locale, à la croisée de l'industrie et de l'éducation.

L'approche pédagogique proposée dans ce chapitre invite les étudiants à s'inspirer du biomimétisme pour repenser l'industrie textile. Elle s'appuie sur les principes de permaculture et de permaindustrie (Huriez, 2019; Huriez et al., 2024) : proximité, circularité, transparence, apprentissage et emploi local contribuent à une pratique tinctoriale constructive. La notion de permaéconomie (Delannoy, 2021) figure également à ce niveau dans une volonté d'inclure les colorants dans une économie de services en valorisant les ressources existantes (surteinture de vêtements usagés).

L'approche industrielle, quant à elle, envisage la production textile comme un écosystème territorial : la fabrication des colorants textiles s'inscrit dans une dynamique locale et raisonnée. Inspirée des modèles d'économie circulaire et de circuits courts, elle privilégie les ressources régionales, les savoir-faire artisanaux et la coopération entre acteurs du territoire (agriculteurs, teinturiers, designers, chercheurs). Une filière transparente se trouve ainsi créée : la production devient à la fois un acte culturel et pédagogique. En effet, chaque étape du processus – de la culture des plantes tinctoriales à la teinture des fibres – participe à la transmission des connaissances et à la remise en valeur du lien entre matière, territoire et société.

En croisant l'approche transdisciplinaire de Max-Neef (2005, cf. chapitre 5) avec le modèle de l'Économie du Donut de Raworth (2017), la figure 6.1 illustre l'hybridation possible entre disciplines, questions et méthodologies. Cette articulation sert de cadre à une approche

pédagogique écolettrée qui propose d'interroger les colorants textiles à partir des limites planétaires. Les étudiants sont invités à concevoir des questions-projets mettant en lumière les effets positifs et négatifs des molécules colorantes sur le vivant et les écosystèmes. Ainsi, l'apprentissage ne se limite pas à l'acquisition de savoirs techniques, mais ouvre un espace critique et créatif pour imaginer des pratiques colorantes non toxiques ou régénératives, capables de renforcer la résilience écologique tout en soutenant la justice sociale.

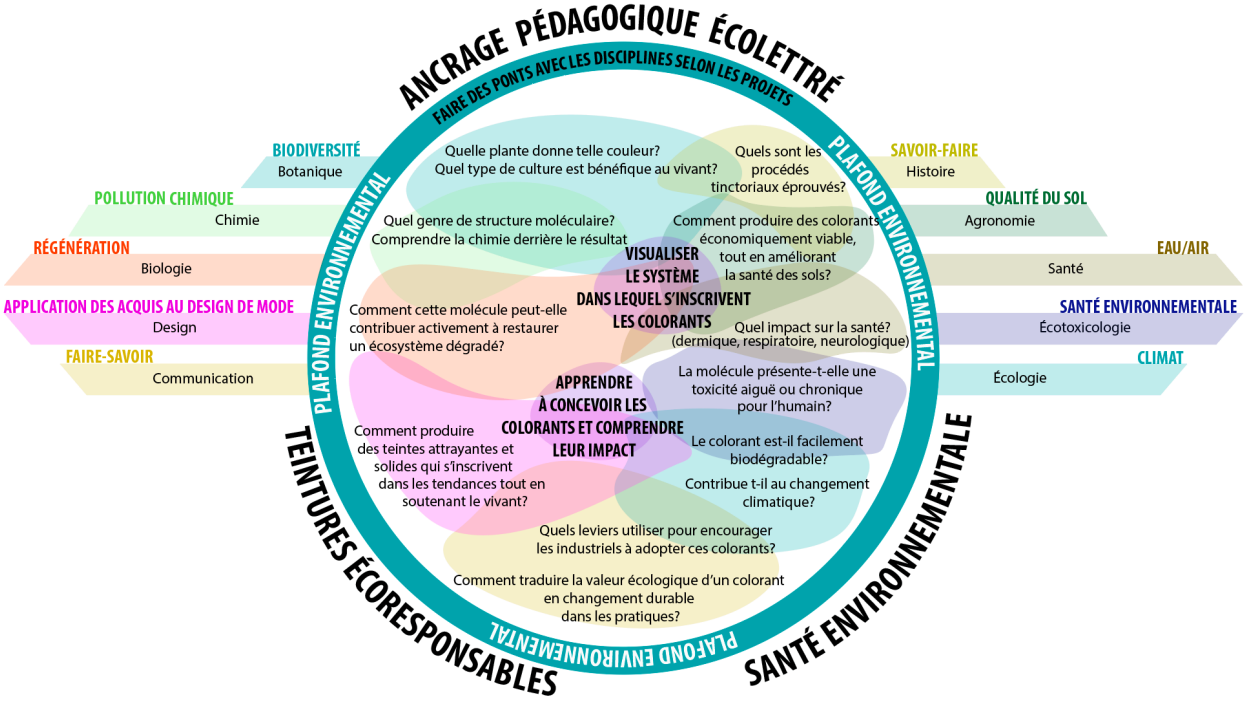


Figure 6.1 Ancrage pédagogique inspiré des limites planétaires de Kate Raworth.

Ce nouveau modèle pédagogique entend proposer une base adaptable, reproductible et transdisciplinaire. Il pourrait prendre la forme de syllabus de cours, de pôles de recherche intégrés à un programme de mode, de laboratoires de recherche-création ou encore de plateformes collaboratives ouvertes à divers acteurs de l'industrie.

Ce chapitre en trace les contours en s'appuyant sur les fondements théoriques, critiques et expérientiels développés tout au long de cette thèse. Après un état des lieux des formations montréalaises en design textile et de mode, il suggère un cadre pédagogique tinctorial centré sur l'écolittératie et la pensée systémique pour les formations des designers, des gestionnaires et des acheteurs à même de transformer l'industrie de l'intérieur. Enfin, il dessine un modèle de microteinturerie hybride au croisement de l'industrie, de la culture et de la pédagogie.

6.1 État des lieux : formations locales en design textile et de mode

Montréal bénéficie d'une offre de formation textile riche et variée, répartie entre institutions professionnelles, collégiales et universitaires, qui gagneraient à inclure ces connaissances à leur cursus. L'Atelier Textile (ancien Centre Design et Impression Textile) offre un espace de pratique et de perfectionnement, axé sur les techniques d'ennoblissement textile, comme la teinture et l'impression, tandis que le Centre des textiles contemporains de Montréal (CTCM) propose une formation plutôt axée sur la construction textile comme le tissage, le tricot et la broderie.

À l'Université Concordia, le programme Fibres & Material Practices (BFA/MFA) déploie un enseignement en création textile contemporaine qui couvre les techniques de teinture, de tissage et d'impression. L'approche développée dans le programme de Design et d'art numérique – notamment à travers les cours Socio Cultural Environmental Research-Practice I (DART 391) et Environmental Research-Practice II (DART 392) – illustre une volonté d'intégrer des enjeux sociaux, culturels et écologiques dans l'éducation des designers. Ces cours proposent une pédagogie ancrée dans la recherche et la pratique. Ils privilégient l'expérimentation matérielle, la réflexion éthique et la collaboration. Toutefois, bien que le textile et les colorants puissent y être abordés, ces cours ne sont pas spécifiquement dirigés sur les enjeux tinctoriaux. Leur champ d'application reste plus large, englobant l'ensemble du design d'objet et de surface. Là encore apparaît le besoin d'un cadre pédagogique spécifiquement dédié aux pratiques tinctoriales écolettrées.

Concordia abrite aussi plusieurs groupes de recherches interdisciplinaires : le Textiles & Materiality Research Cluster qui rassemble des chercheurs de domaines aussi variés que les arts visuels, l'histoire de l'art, le design, la pédagogie artistique et les approches créatives interdisciplinaires ; le Speculative Life BioLab, un laboratoire spécialisé dans l'exploration du vivant (bactéries, algues, champignons) et faisant partie d'un réseau plus vaste incluant le groupe de recherche Critical Practices in Materials and Materiality, qui, lui, réfléchit à l'aspect critique et sensible des matériaux. Tous les trois sont rattachés à l'institut Milieux pour les arts, la culture et la technologie.

Le secteur de la mode québécoise propose également cinq formations collégiales et universitaires montréalaises (Collège Marie-Victorin, Collège LaSalle, Atelier Textile, Centre des textiles contemporains de Montréal, École supérieure de mode (ESM) de l'ESG UQAM). Ces structures forment chaque année une centaine de diplômés en design et gestion de la mode, dont la majorité rejoint le milieu professionnel régional. À ce jour, l'ESM – seule formation universitaire en design de mode au Québec — ne propose pas de cursus spécifiquement dédié aux textiles et teintures écoresponsables. Cette lacune, qui touche pourtant la matière première du vêtement, révèle un écart entre les urgences écologiques contemporaines et les contenus actuellement enseignés en design de mode.

D’autres initiatives, comme le Lab textiles de l’École de technologie supérieure (ÉTS, dir. Marianne Coquelicot-Mercier) s’intéressent à la circularité des textiles. Soutenu par le ministère de l’Environnement du Québec, il appréhende les textiles selon une logique systémique de gestion des matériaux. Visant l’écoconception, l’équipe coopère avec des acteurs industriels et des établissements locaux comme le centre de transfert technologique Vestechpro, le groupe CTT de Saint-Hyacinthe et Recyc-Québec. Parmi les axes de recherche de ce laboratoire, l’un concerne l’approfondissement des connaissances et savoir-faire de la relève. J’y participe aux côtés d’autres acteurs, chercheurs et enseignants locaux. L’objectif est de concevoir une ressource centralisée, comme une boîte à outils guidant l’acquisition des connaissances en textiles écoresponsables. Parmi les pistes envisagées par le Lab textiles, on trouve l’identification des besoins en termes de connaissances et de compétences pour le futur de la filière textile, le développement d’un guide pédagogique pour les enseignants et l’élaboration d’un annuaire d’experts prêts à soutenir les projets. Bien qu’il ne soit pas dédié aux teintures, ce projet pourrait inspirer un modèle axé sur les colorants.

Si ces laboratoires, programmes et formations offrent une excellence technique et créative indéniable, elles abordent peu les colorants textiles dans leur complexité systémique, à la croisée de la chimie, de la santé environnementale, de l’écologie, de l’économie et des politiques culturelles. Or, une pédagogie conjuguant savoirs techniques et pensée critique, outillant les futurs praticiens, artistes et designers pour agir sur les impacts environnementaux et sociaux des colorants devient indispensable pour relever les défis à venir.

Des cursus prometteurs émergent au niveau international. C’est le cas du programme de maîtrise Regenerative design (UAL, R.-U) discuté au chapitre précédent, qui œuvre à l’intersection du design et de l’écologie, ou encore les programmes de maîtrise et de doctorat offerts par l’institut SymbioticA (University of Western Australia, Perth). Ce dernier propose un modèle intégré d’enseignement réunissant les arts et les sciences, l’accent étant mis sur les pratiques de laboratoire, l’approche matérielle critique et l’innovation éthique. Ces formations ne sont cependant pas orientées spécifiquement vers le design tinctorial.

Cette recherche a révélé l’importance de renforcer les liens entre les disciplines. Bien que certaines initiatives interdisciplinaires existent déjà au Québec (Hexagram, Institut Milieux pour les arts la culture et la technologie), il apparaît souhaitable de consolider ces dynamiques par la mise en place d’une structure fédératrice autour de la couleur et des teintures textiles en particulier. Celle-ci pourrait prendre la forme d’un réseau de recherche, d’une chaire ou d’un institut intersectoriel, rassemblant les expertises artistiques, scientifiques et techniques autour des enjeux contemporains liés aux pratiques tinctoriales durables. Elle favoriserait le développement et la diffusion de savoirs et de pratiques émergents, mais encore peu formalisés. Cette structure encouragerait aussi la formation d’une nouvelle génération de praticiens-chercheurs, compétents pour agir dans des

écosystèmes complexes. Par son approche transdisciplinaire, elle permettrait non seulement de maîtriser des techniques, mais aussi de réfléchir à des systèmes économiques, écologiques et sociaux. Les connaissances relatives aux colorants textiles circulent aujourd'hui de manière fragmentée, sans cadre structurant. Il serait dès lors pertinent de les centraliser au sein d'un cursus adossé à un centre de recherche dédié aux colorants textiles écologiques. Ce pôle aurait pour mission de favoriser la recherche collaborative, la formation écolettrée et l'innovation en matière de pratiques tinctoriales durables.

À la suite de cet état des lieux des approches pédagogiques et des plateformes de recherche existantes en design, la section ci-dessous propose un scénario pédagogique prospectif d'une pratique tinctoriale écolettrée, transdisciplinaire et régénérative.

6.2 Vers une pédagogie des colorants écolettrée : un scénario prospectif

Afin de poser les bases d'un tel dispositif pédagogique, cette section définit les axes directeurs de cette approche écolettrée de la teinture autour de quatre principes structurants : 1) intégrer l'écolittératie tinctoriale comme fondement des apprentissages. 2) développer des projets transdisciplinaires pour relier colorants textiles, écologie et design. 3) centraliser la mutualisation des savoirs. 4) réfléchir à des modèles structurants.

6.2.1 L'écolittératie tinctoriale comme approche épistémologique

Ce premier principe s'inspire des travaux de Orr (1990) sur l'écolittératie et propose de faire de la compréhension des systèmes vivants une base essentielle de l'apprentissage de la teinture. Il s'agit de former les futurs designers à reconnaître l'interdépendance entre les colorants, les organismes vivants et les milieux dans lesquels ils s'inscrivent.

Alors qu'une pédagogie tinctoriale classique apprend à teindre du coton en bleu indigo, sans questionner l'origine du colorant, les conditions agricoles, les ressources en eau, ni les implications toxicologiques, une pédagogie écolettrée, amènerait à comprendre ce système sous-jacent : d'où vient la plante ? Quels sont les effets de la culture de l'indigotier sur les sols ? Quels sont les impacts des colorants sur la peau, l'eau et le sol ?

En mettant l'accent sur l'activité biologique des colorants, la sobriété et la connaissance du vivant, ce principe vise à encourager des pratiques tinctoriales à la fois respectueuses, durables et intégrées aux écosystèmes. On peut ainsi imaginer l'intégration d'un jardin tinctorial dans l'enseignement, afin que les étudiants appréhendent les bénéfices environnementaux et sanitaires des colorants végétaux, inscrits dans une logique circulaire et régénérative. En atelier, les étudiants exploreront les sources colorantes et leur lien avec les écosystèmes, en identifiant des plantes locales capables

de produire un bleu, un rouge ou un jaune, en travaillant dans des jardins tinctoriaux et en transformant déchets et végétaux en colorants.

Une telle approche contribuerait également au développement de qualités de résilience et d'autonomie dans la pratique du design, essentielles pour répondre aux enjeux actuels : savoir produire par soi-même, comprendre les origines des matériaux et mesurer leurs impacts.

6.2.2 Une approche transdisciplinaire

Face à la complexité des enjeux liés à la couleur, ce second principe affirme la nécessité de dépasser les cloisonnements disciplinaires au sein des formations en design textile. Il invite à croiser les savoirs issus du design, de la technologie des textiles, des sciences du vivant, de la chimie verte, des techniques tinctoriales, des politiques publiques et de l'économie (cf. chapitre 5). De cette approche transdisciplinaire émergeront des modèles de production textile locaux et régénératifs en mesure de ménager, voire réparer les sols, de valoriser les savoir-faire régionaux et de reconnecter la couleur au vivant. Elle suppose une pédagogie ouverte, fondée sur la collaboration entre expertises et sur une compréhension systémique des impacts sociaux, sanitaires et environnementaux de la couleur. Il s'agit d'éduquer les futurs designers à évaluer les conséquences de leurs choix sur le corps et l'environnement : santé humaine, respect des sols, préservation des écosystèmes.

Des projets en équipes, enrichis par l'expertise de chimistes et biologistes invités, permettront de conjuguer les savoirs en design, biologie végétale et chimie des matériaux pour élaborer des colorants innovants et adaptés au contexte local.

6.2.3 La centralisation et la mutualisation des savoirs

Ce troisième principe repose sur l'idée que la transition vers des pratiques tinctoriales durables nécessite la construction d'une intelligence collective. Dans une perspective prospective, il s'agit d'imaginer des scénarios de conception inspirés de pratiques émergentes qui respectent les limites planétaires. Par « perspective prospective », j'entends une approche qui anticipe les enjeux futurs liés aux colorants textiles, en explorant leurs répercussions écologiques, sociales et économiques afin de guider des pratiques créatives et durables. Il devient ainsi essentiel de cartographier, mutualiser et démocratiser les savoirs autour des colorants textiles, qu'ils soient empiriques, scientifiques ou traditionnels. Ces connaissances, souvent dispersées et marginalisées dans les cursus académiques classiques, doivent être rassemblées dans une dynamique partagée qui permettra leur transmission, leur enrichissement et leur activation dans des contextes pédagogiques et professionnels renouvelés. Un effort de structuration s'impose, sous la forme de cursus universitaires et de centres de recherche intégrés à même d'articuler les savoirs scientifiques, créatifs, industriels et économiques. Inspirée de la pédagogie expérientielle, cette approche valorise

l'atelier comme lieu d'expérimentation écolettrée, où l'on apprend par la pratique, l'essai-erreur, le travail en projet transdisciplinaire et l'observation du vivant. Les connaissances issues de ces expérimentations seront partagées, documentées et organisées collectivement dans l'optique de construire une mémoire commune.

En ateliers collaboratifs, les étudiants partageraient leurs connaissances en design, chimie et écologie, en dialoguant avec des experts invités, en analysant des études de cas et en participant à des visites sur le terrain (designers, artisans, botanistes, agriculteurs). Permettant de coconstruire des pratiques colorantes durables, les connaissances issues de ces expérimentations seront partagées, documentées et organisées collectivement dans l'optique de construire une mémoire commune.

6.2.4 Dimension structurante

Ce dernier principe vise à former des acteurs capables d'assumer une responsabilité éthique et écologique pleinement intégrée à leur pratique. Il s'agit de développer une posture critique face aux modèles existants, tout en cultivant la capacité d'imaginer et de mettre en œuvre des alternatives durables. Cette pédagogie anticipe les besoins du futur : elle éduque des designers qui sauront inventer des modèles alternatifs de production et d'usage, en incluant la pensée systémique, la régénération et la justice environnementale dans leurs projets.

Pour favoriser la dimension transformative, les étudiants prendraient part à des activités immersives et concrètes : stages au sein d'entreprises ou d'ateliers, coconception de prototypes, expositions et ventes d'échantillons. Ils expérimenteraient des pratiques colorantes durables en collaboration avec des experts et des étudiants d'autres disciplines et réfléchiraient aux effets écologiques et sociaux de leurs choix. Ces expériences transformeraient leurs pratiques, leur regard sur le design textile et leur faculté à innover de manière responsable. Ces designers écolettrés seraient ainsi aptes à agir en tant qu'acteurs critiques, créatifs et responsables au sein de la transition écologique du secteur textile. Une telle posture impliquerait de ne pas dissocier la formation des enjeux structurels de l'industrie, mais au contraire de repenser ses fondements pour les orienter vers des pratiques durables, régénératives et socialement justes.

La section suivante explore cette articulation à travers la présentation d'un modèle industriel émergent, qui concilie production, culture et pédagogie dans une approche systémique de la couleur.

6.3 Une approche systémique des colorants textiles en contexte industriel local

Le chapitre 4, consacré à la localité, a montré que tout projet tinctorial écoresponsable bénéficie d'un ancrage dans sa zone géographique afin d'en identifier les besoins et les forces. En choisissant

de situer le développement de ce modèle au Québec, le besoin d'une infrastructure industrielle en teinture textile écoresponsable s'est avéré pertinent à plusieurs égards.

Tout d'abord, l'écosystème de la mode québécoise représente une source importante d'activité économique avec plus de 77 000 emplois, sous forme de petites et moyennes entreprises (Mmode, 2023). De plus, selon le centre québécois de développement durable et son baromètre de la consommation responsable 2021, l'achat de vêtements et d'accessoires de mode écoresponsables est en augmentation au Québec. Un nombre croissant de consommateurs québécois apprécient les efforts d'écoconception, de production responsable et de responsabilité sociale des entreprises. Plusieurs designers montréalaises et marques engagées comme Atelier b, Montloup, Odeyalo, Jennifer Glasgow, Cokluch et Bodybag by Jude, mais aussi des entreprises de plus grande taille comme Simons (Québec) et La Vie en rose (Montréal) sont soucieuses de développer davantage de produits écoresponsables.

Cependant, les représentantes des marques rencontrées dans cette recherche (Atelier b, Montloup, Odeyalo, Jennifer Glasgow, Simons et La Vie en rose) ont souligné les difficultés à trouver des sources d'approvisionnement en textile local. Elles sont confrontées à des obstacles financiers. Acheter à l'international reste moins cher. Les productions locales peinent à valoriser la création d'emplois, les pratiques agricoles régénératives et leur contribution au PIB.

Ce besoin d'une infrastructure industrielle écoresponsable en teinture textile a aussi émergé lors de l'événement *Les zones grises de la couleur* (2024), où les échanges entre praticiens, chercheurs et designers ont révélé le manque de structures locales capables d'accueillir des procédés tinctoriaux respectueux de l'environnement à l'échelle semi-industrielle. D'autres rencontres menées sur le terrain, notamment avec la designer-teinturière-pédagogue Sandrine Rozier (France) et l'agronome fondatrice du podcast *ArtEcoVert* Pauline Leroux (France), ont confirmé ce constat : les savoirs existent, les expérimentations foisonnent, mais les conditions matérielles et logistiques pour leur mise en œuvre à plus grande échelle restent largement à construire.

Il convient donc de s'intéresser à l'importance de l'aspect économique dans une approche écoresponsable des teintures textiles. Par exemple, les teintures synthétiques sont encore perçues comme peu onéreuses, car le coût sanitaire de leur toxicité n'est pas considéré. En effet ces externalités négatives n'entrent pas dans le calcul du prix final (Goleman, 2009; Delannoy, 2021). À l'inverse, il faudrait aussi prendre en compte les externalités positives. Par exemple, les tissus tricotés par l'entreprise Montloup créent des emplois, préservent les savoir-faire locaux et soutiennent les pratiques écoresponsables.

Considérer ces aspects dans le prix final d'un vêtement rééquilibrerait le rapport entre coût, santé et impact environnemental. Un tel mécanisme rendrait aussi les pratiques responsables plus accessibles et compétitives. Dans ce sens, la taxe « pollueur-payeur », adoptée en France par

l'Assemblée nationale en 2024 et confirmée par le Sénat en 2025, contribuerait à financer des subventions destinées aux entreprises écoresponsables, encourageant ainsi potentiellement un basculement du marché.

Cependant, ce changement systémique de l'industrie textile est complexe et amène à questionner les modèles économiques et politiques sous-jacents.

Comment stimuler un système de production écoresponsable et économiquement viable ? Pour envisager sa création, il convient de s'appuyer sur des modèles existants. La marque de denim française Atelier Tuffery à Florac (WIP Documentaire, 2018; Fashion Network, 2025) fabrique des jeans en laine locale, en coton biologique et en indigo naturel. Son directeur Julien Tuffery a orienté l'entreprise familiale, fondée en 1892, vers un enracinement local et transparent. Aujourd'hui, il choisit volontairement de réduire les marges de profit afin de rester compétitif tout en investissant dans l'avenir de la marque. Il considère que l'entreprise, en tant que lieu d'engagement citoyen, doit aller bien au-delà de la simple production : elle forme ses employés, perpétue les savoir-faire et soutient le tissu économique local. Dans cette perspective, l'entreprise devient un moteur de la transition socio-écologique, un espace d'apprentissage, de savoir-faire, de fierté, de sens et de créativité. Chaque initiative mise en place vise à enrichir l'humain et l'environnement, plutôt que de maximiser le profit à court terme, et participe ainsi à la naissance d'un modèle écoresponsable innovant, en rupture avec la logique de croissance infinie de la fast fashion.

Un autre modèle inspirant est celui de Thomas Huriez, co-fondateur de la marque de jeans française 1083. Dans son livre *Re-made en France : 1 million d'emplois près de chez nous en produisant et consommant local* (2019), il présente un système économique fondé sur la relocalisation des filières, le financement participatif, la distribution en circuit court, l'innovation circulaire et une communication transparente. L'originalité de sa démarche réside dans la relance d'une filière textile en France tout en développant un modèle de permaindustrie (Huriez et al., 2024). Inspiré des écosystèmes naturels, ce concept vise à reconnecter les activités économiques avec le rythme de la biosphère et le respect de l'humain. Cette entreprise valorise la formation d'ouvriers qualifiés et la culture du « faire ». L'usine se visite dans une perspective de tourisme industriel, afin de démystifier le processus de fabrication, de faire comprendre la valeur intrinsèque du produit et de promouvoir les métiers manuels. Huriez collabore ainsi avec l'office du tourisme, pour faire de la marque une valeur ajoutée culturelle locale. L'entreprise a été créée par le biais de la plateforme de financement participatif *Ulule*, où les jeans étaient vendus en précommande avant d'être produits. Ce modèle comprend d'autres spécificités : transparence des coûts, décoration de l'usine soignée, lieu agréable (machines colorées, chaises confortables), possibilité d'acheter son jean directement chez le producteur et consigne du produit (20 €). Cette responsabilité de fin de vie qui incombe au fabricant l'oblige à concevoir les vêtements pour leur déconstruction et leur réintégration dans la biosphère ou la technosphère (McDonough & Braungart, 2009).

En confrontant ces perspectives avec le mouvement de réindustrialisation locale préconisé par Voy-Gillis (2025), j'ai progressivement conceptualisé un lieu de fabrication hybride, à la fois culturel, pédagogique et industriel. Ce modèle, inspiré de l'approche régénérative de l'industrie en lien avec les territoires (cf. chapitre 4), fait écho à aux réflexions de Thackara (2015). Ce dernier suggère que la mesure du profit devrait inclure les effets bénéfiques de la production sur le lieu où elle s'implante. Dans ce cadre, le lieu envisagé valoriserait les modes de fabrication, plutôt que de les dissimuler comme le souligne Garcia (2024), à l'instar des teintureries Green Matters et AppleOak Fiberworks. Le design y serait intrinsèquement lié à la pédagogie et à la production industrielle, conformément à la pratique de Hattori (Botanical Colors). Il intégrerait également un jardin tinctorial adjacent et s'approvisionnerait auprès de producteurs locaux de plantes tinctoriales, conformément à l'exemple de Milon. Cette configuration conjuguerait enseignement, conception, production et recherche afin de repenser le rôle du design et de la production au service de la qualité de vie, de l'équité sociale et de la régénération des écosystèmes (Walker, 2014). À l'image des FabLabs, cette microstructure serait conçue comme un dispositif organique à la croisée de la production, de la recherche et de la transmission autour de la couleur végétale.

Ainsi, pensée comme une infrastructure ancrée dans sa région, cette microteinturerie aurait plusieurs fonctions complémentaires. Elle abriterait d'abord un atelier de teinture naturelle où seraient produites de petites séries à partir de matières premières végétales locales, répondant ainsi aux besoins de designers locaux et d'un public soucieux de prolonger la durée de vie de ses vêtements. Elle comprendrait également un espace pédagogique accueillant ateliers, résidences, stages et initiatives facilitant la transmission intergénérationnelle et transdisciplinaire. S'y ajouterait un véritable laboratoire d'expérimentation, propice à la recherche et la création, à l'exploration de procédés basse technologie (*low-tech*) et à la documentation des savoir-faire. La teinturerie se voudrait aussi un lieu de rencontre, à la fois matériel et social, entre artisans, cultivateurs, étudiants, chercheurs, designers et le grand public. Enfin, elle agirait comme une structure aidant un système collaboratif de valorisation de sous-produits agroalimentaires, dans une perspective d'écologie industrielle (Frosch & Gallopoulos, 1989).

Ce modèle flexible et adaptable pourrait prendre la forme d'un lieu fixe, d'un dispositif mobile et itinérant, d'une structure associée à un établissement d'enseignement ou d'un atelier coopératif partagé. Il pourrait fonctionner en réseau avec d'autres initiatives locales, encourageant la collaboration, la mutualisation et l'ancrage territorial. Son échelle volontairement réduite favoriserait ainsi une approche régénérative et circulaire, en lien avec les écosystèmes locaux et la temporalité des cycles végétaux.

En m'inspirant de teintureries locales observées à travers le monde, j'imagine l'implantation d'une teinturerie urbaine à Montréal dans un bâtiment industriel réhabilité. Cet espace combinerait plusieurs fonctions complémentaires : un atelier partagé pour la teinture artisanale et expérimentale, un laboratoire explorant des procédés innovants tels que la biofermentation et les

pigments microbiens, ainsi qu'un jardin tinctorial intégré, conçu pour suivre les cycles saisonniers locaux. Les équipements et installations seraient pensés pour rester à une échelle intermédiaire, suffisamment flexible pour répondre aux besoins des designers, artistes et petites marques locales. Plus qu'un simple lieu de production, cette teinturerie spéculative se présenterait comme un espace de transmission et de rencontre, ouvert aux diverses communautés de Montréal, valorisant à la fois les savoir-faire traditionnels et les pratiques émergentes de l'économie circulaire.

Cette microteinturerie urbaine reposerait sur un modèle de financement pluriel, combinant l'engagement de la communauté locale et des partenariats stratégiques avec des universités, des friperies et des marques textiles émergentes. Plus qu'un simple espace de production, elle constituerait une plateforme partagée de recherche, de création et d'expérimentation.

Les pistes identifiées lors d'échanges avec Janie-Claude Viens, agente de développement en transition écologique à Concertation Montréal, viennent soutenir la viabilité de ce scénario (Communication personnelle, 18 octobre 2024). Le projet pourrait notamment s'inscrire dans les cadres d'action de la Ville de Montréal, tels que le Plan directeur de gestion des matières résiduelles[64] ou la Feuille de route en économie circulaire[65], dont les soutiens financiers peuvent atteindre 500 000 $. La valorisation des déchets alimentaires en colorants textile apparaît ici comme un levier stratégique majeur.

Par ailleurs, RECYC-QUÉBEC [66] constitue une source de financement appréciable pour l'étape du projet pilote, en raison de son engagement envers la circularité des matières alimentaires et textiles. Son appui pourrait se concrétiser par une aide directe à l'innovation et à la recherche-développement, permettant de couvrir les coûts liés à l'expérimentation technique du procédé de teinture. Plus précisément, le projet pourrait bénéficier de subventions destinées à l'acquisition d'équipements spécialisés pour la transformation des résidus ou à la mise en place d'infrastructures de collecte et de tri. Ces programmes, qui visent le détournement des matières organiques et textiles des sites d'enfouissement, offrent des taux de financement pouvant atteindre une part importante des dépenses admissibles, facilitant ainsi le passage de l'échelle artisanale à une preuve de concept industrielle

Enfin, le déploiement de cette structure pourrait solliciter des mécanismes de sociofinancement, notamment via la plateforme La Ruche[67], qui bénéficie du soutien de Desjardins à travers des

[64] https://ville.montreal.qc.ca/pls/portal/docs/page/enviro_fr/media/documents/projet_plan_directeur_2020_2050.pdf

[65] https://portail-m4s.s3.montreal.ca/pdf/1503-04-economie-circulaire-sommaire-executif_85x11_v4.pdf

[66] https://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/entreprises-organismes/se-financer/aide-financiere-entreprises-organismes/

[67] https://laruchequebec.com/fr/nouvelles/la-ruche-and-desjardins-un-partenariat-riche-en-retombees

programmes de bourses ou de fonds de jumelage (comme le programme du Fonds C[68]). Cet ancrage renforcerait l'inscription du projet dans l'économie sociale et solidaire, tout en mobilisant la collectivité autour de la transition écologique.

Cette proposition ne vise pas seulement à pallier les limites des systèmes industriels existants, mais à réinventer les conditions d'une production locale responsable. La microteinturerie deviendrait ainsi un levier de transformation à plusieurs niveaux, tant sur le plan écologique, en valorisant les ressources locales et en réduisant les impacts, que sur le plan pédagogique, en favorisant l'apprentissage par la pratique dans le respect du vivant. Elle aurait également une dimension culturelle, en réactivant gestes, récits et savoirs oubliés, ainsi qu'une dimension épistémologique, en croisant disciplines, échelles et formes de connaissances.

[68] https://www.desjardins.com/qc/fr/a-propos/communaute/developpement-collectif/fonds-c.html

Conclusion

Ce chapitre a mis en évidence une lacune majeure dans les formations en design de mode : l'absence de compréhension systémique des teintures textiles. L'analyse de l'offre de formation à Montréal a révélé des cursus riches sur le plan technique, mais encore peu investis dans l'exploration des enjeux liés à l'impact des colorants sur la santé humaine et les écosystèmes. Pourtant, comprendre la bioactivité des molécules tinctoriales, qu'elles soient naturelles ou issues de la pétrochimie, et leurs incidences sur les écosystèmes et la santé humaine, constitue désormais un savoir incontournable pour qui veut exercer le design tinctorial de manière responsable. Cette approche suppose de mettre en lumière les externalités souvent invisibles : la pollution chimique, les perturbations endocriniennes et les effets intergénérationnels. Elle amène aussi à questionner les logiques économiques qui privilégient le profit immédiat au détriment de la qualité et de la durabilité.

Inspiré par l'écolittératie de David Orr, pour un design attentif aux besoins du vivant, le modèle pédagogique proposé dans ce chapitre met en dialogue les sciences du vivant et l'expertise des colorants, de manière à outiller les étudiants pour analyser, expérimenter et transformer les pratiques tinctoriales dans une perspective écoresponsable. Doter les designers, gestionnaires et acheteurs « écolettrés » en moyens d'agir au sein même de l'industrie, en mesurant les répercussions réelles de leurs choix sur les écosystèmes et les générations futures.

Ce chapitre a aussi esquissé un modèle industriel de microteinturerie à la croisée de la production, de la culture et de l'éducation. Un lieu conçu comme un espace partagé, invitant les designers à penser et expérimenter ensemble la production de couleur. À Montréal, dont le dynamisme créatif et industriel en mode constitue un levier économique majeur, une telle structure répondrait à un besoin stratégique, tout en rejoignant le mouvement croissant de réindustrialisation locale porté par des penseurs comme Voy-Gillis (2025) et des entrepreneurs comme Huriez (2019). Leurs actions, relayées par des publications et des interventions publiques, montrent qu'il est possible de concevoir des modèles par la pratique et d'inspirer un large public à embrasser le changement par l'action.

La réflexion sur les colorants textiles devient ici vecteur de changement, révélateur de liens avec le vivant et fil conducteur d'une mode écoresponsable

CONCLUSION GÉNÉRALE

Cette thèse s'est attachée à reconsidérer les pratiques tinctoriales à travers une approche du design soucieuse des écosystèmes et de la santé humaine. Adoptant une démarche à la fois critique, matérielle et réflexive sur les teintures, elle a examiné comment une approche biomimétique du design textile participait à la conception de colorants durables et non toxiques. D'un côté, elle a proposé, une réflexion critique sur les implications écologiques, sanitaires, pédagogiques et sociales de la teinture. De l'autre, elle a partagé des connaissances techniques et créatives propres au design tinctorial durable qui inscrivent les teintures textiles dans une perspective plus systémique.

L'étude des relations entre la couleur et le vivant demeure un domaine marginal dans la recherche en design, malgré des enjeux écologiques, pédagogiques et culturels cruciaux. Cette thèse a investi cet espace encore peu balisé. Elle a ouvert des pistes à la fois conceptuelles, méthodologiques et pratiques. Elle propose notamment de penser la couleur non plus comme simple composante esthétique, mais comme une matière vivante, interconnectée aux milieux qui la génèrent. Cette recherche constitue un cadre propice à l'émergence de réflexions plus approfondies sur les approches pédagogiques et industrielles à développer en design textile tinctorial.

Au-delà de la valorisation de modes de coloration respectueux du vivant, ma recherche a questionné le système économique dans lequel sont produites les teintures. Elle s'est penchée sur des initiatives mises en œuvre par des teintureries situées aux quatre coins du monde qui s'emploient à construire de nouveaux modèles locaux, éloignés des seuls objectifs de profit et de croissance. Ces modèles tentent d'équilibrer les trois piliers du développement durable que sont l'économie, le social et l'écologie auxquels s'ajoute un quatrième fondamental et générateur de sens : la quête de bien-être (Walker, 2014). D'autres acteurs visent la création d'emplois et misent sur la valeur ajoutée du savoir-faire local qui procure un sentiment de fierté à travers le concept de permaindustrie (Huriez, 2019; Huriez et al., 2024). La délocalisation ayant profondément transformé les dynamiques économiques des pays, des régions et des collectivités locales, la réindustrialisation, envisagée dans une perspective biomimétique, invite à s'inspirer du fonctionnement des écosystèmes. Dans cette optique, les travaux sur la permaéconomie (Delannoy, 2021) et sur la réindustrialisation territoriale (Voy-Gillis, 2025) constituent des références structurantes. Ces approches accordent une place centrale à l'économie circulaire, à la diversité des acteurs et aux circuits courts. Elles offrent un cadre conceptuel permettant d'ajuster les processus de production aux ressources, aux compétences et aux besoins propres à chaque territoire.

Enfin, la recherche et ses composantes créatives incitent à une transition vers des pratiques tinctoriales plus soucieuses de la qualité des matières, des processus de fabrication, des dynamiques

territoriales et de la santé des milieux vivants. Pour faire face aux enjeux qui traversent le champ du design et de l'industrie textile, les teintureries de demain devront s'affranchir des logiques productivistes aujourd'hui dominantes. Elles devront privilégier des modèles fondés sur la sobriété, la durabilité et l'attention aux effets de la couleur sur l'environnement et les corps. Dans cette perspective, la formation apparaît comme un levier central : seule une éducation « écolettrée », sensible et critique amorcera une transformation en profondeur des manières de concevoir, de transmettre et de teindre. Il ne s'agit pas ici de prescrire un modèle idéal, mais de tracer les contours d'un horizon souhaitable, fondé sur une éthique de la responsabilité et sur la reconfiguration des systèmes de production à l'échelle locale. L'objectif principal de la thèse était de développer une écolittératie tinctoriale. Celle-ci a été envisagée comme un concept moteur ancrant la pratique du design tinctorial dans une perspective respectueuse des écosystèmes. Cette proposition, à la fois critique et pragmatique, a cherché à sensibiliser les publics et a traité les colorants comme des matières vivantes, interagissant avec les corps et l'environnement. Des matières qui génèrent des pratiques durables et régénératives. Les trois postures adoptées au fil de la recherche, celle de designer-enquêteur, de designer-créateur et de designer-médiateur, sont rappelées dans la figure C.1. Elle synthétise le processus d'émergence de l'écolittératie tinctoriale, dont les grandes lignes sont définies ci-dessous.

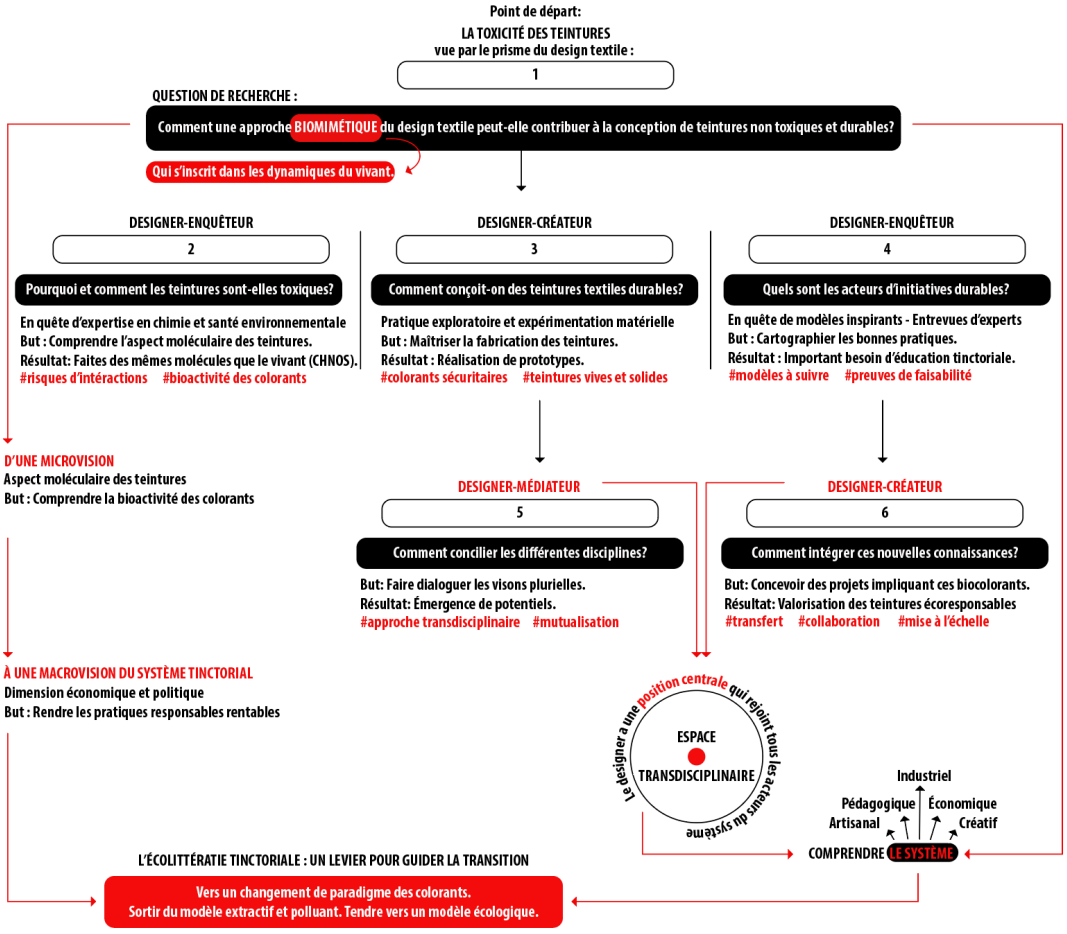


Figure C.1 Synthèse de la démarche itérative

Le designer-enquêteur

La réflexion sur la toxicité des teintures a déclenché un travail d'investigation qui visait à analyser plus finement les enjeux liés aux colorants employés dans l'industrie textile. À ce stade, la posture de recherche s'est déplacée vers celle du « designer-enquêteur » (Nova, 2015), celui qui entre en dialogue avec une autre discipline pour en découvrir les outils, les matériaux et les modes opératoires.

Afin de questionner les pratiques tinctoriales actuelles, la démarche s'est tout de suite inscrite dans une dynamique interdisciplinaire art-science, incluant le design textile, la chimie et la santé environnementale.

Je me suis d'abord attachée à mieux comprendre la composition des colorants textiles les plus couramment utilisés en procédant à des analyses chromatographiques (sous la supervision de Dr Yves Gélinas, Labo LEGO, Université Concordia, 2018). Cette exploration en laboratoire a révélé

que certains colorants synthétiques, notamment les colorants dispersés, présentent des caractéristiques toxiques qui peuvent persister dans les textiles, comme l'attestent les analyses LC-MS. Par ailleurs, les études réalisées avec la chercheuse en santé environnementale Dre Larissa Takser (Université de Sherbrooke, 2018) ont dévoilé que les principales voies de pénétration sont l'inhalation, l'ingestion et le contact cutané. De quoi exposer tous ceux qui manipulent ces colorants sous forme de poudre hautement volatile, particulièrement les designers et les ouvriers du textile.

Cette étape fondamentale de la recherche a ainsi rehaussé l'importance de la collaboration interdisciplinaire pour concevoir et/ou évaluer des colorants dans une perspective écologique, mais également pour cerner les interactions entre colorants et corps humain, ainsi que les vigilances qu'elles requièrent. Comprendre la couleur à travers le regard du chimiste a permis de découvrir ses pratiques d'analyses et ses outils de représentation – structures moléculaires, protocoles. L'enquête a alors endossé une double fonction : observer et faire avec le chimiste, dans une logique d'apprentissage par l'expérience (Schön, 1983). Le praticien réflexif apprend « dans » et « par » l'action. L'observation dans l'action fait écho à la double dimension de recherche et de création impliquée par le design.

Une seconde phase d'enquête s'est déroulée directement auprès des experts en teinture végétale. L'objectif de ces échanges était d'identifier les acteurs, les savoir-faire ainsi que les techniques écologiques à privilégier. Il s'agissait aussi de cartographier les pratiques sous forme de synthèses visuelles.

Le designer-créateur

Dans une vision circulaire de production, la phase d'expérimentation initiale a impliqué des prototypages de teintures bactériennes et issues de déchets alimentaires. Le développement de ces teintures textiles a conduit à une première exposition de ces prototypes préliminaires (*Culture de la Couleur*, École supérieure de mode, UQAM, 2021). Cette présentation a été l'occasion de tester différents paramètres exigés par l'industrie textile, tels que la solidité à la lumière et la vivacité des teintes. Après trois mois d'exposition en vitrine, les échantillons produits ont révélé une faible solidité à la lumière. Cette étape a marqué une bifurcation dans la recherche en montrant la nécessité d'acquérir de plus amples connaissances en teinture naturelle. D'où l'organisation d'entrevues avec des experts pour appréhender la chimie des colorants et améliorer les processus.

Si la sécurité et la non-toxicité des teintures sont cruciales, l'esthétique demeure importante en mode : la couleur, véritable fil conducteur d'une collection, doit également être attrayante et en résonance avec les tendances actuelles. À travers la réalisation de plusieurs nuanciers colorés et au fil des expositions, l'acquisition d'une nouvelle expertise des colorants naturels a donné naissance à une palette presque aussi diversifiée que les nuanciers Pantone. Ces recherches chromatiques ont permis un meilleur décryptage des relations entre ingrédients, techniques et fibres pour produire

des coloris solides, lumineux et esthétiquement attractifs. Cette étape itérative de recherche-création se situe en amont du design textile. En effet, avant même que la forme des vêtements ne soit réfléchie, la couleur représente d'abord le point de départ des collections.

Le nuancier « Même teinte, différente empreinte » (Centre Culturel Canadien, Paris, 2025) reproduit les cinquante couleurs du standard Pantone TCX recommandées par le site de tendances WGSN pour l'automne-hiver 2026-27 (fig. C.2). En substituant la pétrochimie par des colorants naturels, le projet propose des teintes qui paraissent identiques en surface, mais puisent leur origine dans une réalité radicalement autre : sous-produits de l'industrie forestière ou vinicole, déchets alimentaires revalorisés, ou plantes tinctoriales issues de pratiques agricoles respectueuses.

Cette confrontation matérielle démontre que le design peut transcender sa fonction décorative pour devenir un vecteur de sensibilisation et de connaissance. L'esthétique du nuancier s'éloigne alors d'une « beauté vide qui ne renverrait qu'à elle-même » pour devenir une stratégie visant à « introduire une nécessité de raisonnement chez le récepteur » (Léchot Hirt, 2015, p. 43).



Figure C.2 « Même teinte, différente empreinte » (2025). Nuancier de 50 couleurs Pantone TCX reproduites à base de colorants naturels présenté dans le cadre de l'exposition Oscillation (Centre Culturel Canadien, Paris).

Ce dispositif rend tangible une réalité invisible : sous l'uniformité de la teinte, il oppose la toxicité des procédés extractifs aux vertus régénératrices du vivant. L'œuvre engage ainsi le spectateur à transformer ses représentations culturelles et à envisager un modèle où la couleur participe au bien commun.

Le designer-médiateur

La troisième posture de « designer-médiateur » a consisté à mettre en réseau des acteurs issus de disciplines variées. Ils ont été réunis lors de la discussion *Les Zones grises de la couleur* (4th Space, Université Concordia, 2024). Cet événement a mis en lumière la capacité du design à relier les expertises pour faire dialoguer le design de mode, les sciences du vivant, le design textile, les savoir-faire artisanaux, ainsi que les enjeux sociaux et politiques des colorants. Il a ouvert une réflexion fertile : quand on envisage la couleur comme matière vivante, elle donne lieu à des considérations écologiques, pédagogiques et économiques. Cette phase a reconnu l'importance d'une éducation à la couleur qui dépasse les clivages disciplinaires et conjugue savoirs sensibles, techniques et critiques. Une telle approche est essentielle pour faire émerger des pratiques tinctoriales. Non seulement elles prennent en compte le vivant, mais aussi les dynamiques de la mode, les réalités de l'industrie textile et elles livrent des réponses aux défis écologiques, sanitaires et sociaux qui s'y rattachent.

Cette triple posture a permis de tracer un portrait critique des pratiques tinctoriales écoresponsables actuelles et émergentes. En tant que « designer-enquêteur », j'ai pu documenter et analyser les pratiques existantes et interroger leurs fondements scientifiques, techniques et culturels. Comme « designer-créateur », j'ai mis à l'épreuve ces savoirs lors d'expérimentations, en composant des gammes colorées et en explorant concrètement le potentiel des colorants naturels. Enfin, la posture de « designer-médiateur » a ouvert un espace de dialogue entre acteurs – chercheurs, artisans, designers, pédagogues et industriels. De ces discussions, les conditions d'intégration des pratiques tinctoriales écoresponsables dans les chaînes de production ont été évaluées et les obstacles – stabilité des couleurs, mise à l'échelle, compatibilité avec les infrastructures existantes – ont été identifiés.

La recherche a mis en lumière la complexité des critères environnementaux associés aux colorants. Sans opposer de manière simpliste « naturel » et « synthétique », il importe toutefois de rappeler que les colorants issus de la pétrochimie posent des problèmes majeurs en termes de toxicité potentielle, de persistance dans les milieux et de non-biodégradabilité. Leur stabilité, bien que recherchée pour des raisons industrielles, constitue précisément une limite écologique majeure. À l'inverse, les colorants naturels, malgré leurs inconvénients, notamment en ce qui concerne l'usage de mordants ou leur solidité, présentent un potentiel en matière de circularité et de protection de la biodiversité. Il s'agit d'une voie prometteuse qui doit guider les recherches futures. Ce constat invite à reconsidérer les priorités en matière de développement tinctorial, non pas en idéalisant le « naturel », mais en orientant les efforts vers des pratiques plus respectueuses des écosystèmes.

Le chapitre 3, consacré à la circularité, a montré le potentiel systémique de pratiques tinctoriales zéro déchet et économes en ressources. Les moyens abondent : utilisation d'eau de pluie et de plantes locales recyclées en engrais, filtration écologique de l'eau usagée destinée à irriguer les plantations, recyclage des bains de teinture en pigments pour la sérigraphie et la surteinture de

vêtements permettant d'allonger leur durée de vie. Toutes ces techniques circulaires pointent vers une harmonisation des pratiques tinctoriales avec les écosystèmes.

Les résultats de l'approche locale abordés dans le quatrième chapitre ont révélé un enrichissement des liens entre pratiques tinctoriales naturelles et effet bénéfique sur la qualité du sol, la préservation de la biodiversité, la connaissance des ressources matérielles du territoire et la transformation des matières premières en colorants à travers des ateliers donnés dans les jardins pour intégrer les relations entre teinture et environnement.

Finalement, les résultats des échanges avec les experts et les expérimentations ont validé la pertinence de collaborations transdisciplinaires entre le design, la chimie, la santé environnementale et l'analyse de cycle de vie afin de développer des colorants innovants et sécuritaires. Cette investigation a permis d'accéder à une connaissance plurielle des colorants textiles en interaction avec les écosystèmes. La diversité des expertises mobilisées a nuancé et multiplié les angles d'approche et a renforcé la nécessité de transmettre ces bonnes pratiques. Ce constat a inspiré le développement d'une approche pédagogique transdisciplinaire appliquant les connaissances écologiques aux techniques tinctoriales. Il a aussi inspiré un modèle industriel de teinturerie écosystémique soucieux du bien-être humain.

L'apport principal de cette thèse réside dans l'élaboration du concept d'écolittératie tinctoriale. Cette notion, au croisement de la conception de teintures et de l'écologie, propose un cadre critique et transdisciplinaire pour repenser la manière dont la couleur est pratiquée, expérimentée et enseignée en design de mode. Elle vise à favoriser une compréhension plus globale des colorants textiles qui intègre leurs dimensions matérielles, économiques et écosystémiques.

La synthèse des meilleures pratiques présentée dans cette thèse réunit des approches de chercheurs, théoriciens et praticiens en teinture, mais aussi en biologie, agronomie, histoire, artisanat, chimie et système économique. Chacun a participé, à sa manière, à construire la vision de la teinture écoresponsable et régénérative présentée ici. Ils ont tous montré qu'elle ne peut être pensée de manière isolée. En effet, sa mise en place se déploie à plusieurs niveaux. En cela, l'écolittératie tinctoriale ouvre la voie à une éducation à la couleur soucieuse du vivant et des milieux naturels, culturels et industriels, tout en encourageant l'émergence de modèles de teinture circulaires, sobres et ancrés dans les territoires. Elle constitue ainsi une contribution originale, à la fois théorique, pédagogique et pratique, apte à impulser une transformation en matière de conception, d'enseignement et de production de teintures textiles.

La variété des modes de transmission des savoirs tinctoriaux présentés dans cette thèse montre un intérêt marqué pour ces pratiques. Ces connaissances, dont l'accès suppose une recherche rigoureuse à travers des sources dispersées, mériteraient une inscription durable dans des dispositifs académiques capables de les valoriser et d'en assurer le développement.

Ainsi, l'idée d'un modèle pédagogique transdisciplinaire en design tinctorial, à la fois ancré dans le terrain et tourné vers des perspectives institutionnelles concrètes, s'impose comme la prochaine étape. Une telle structure pourrait accueillir des pratiques croisées – design textile, chimie des colorants, santé environnementale, écosystème industriel – et favoriser la co-construction de savoirs entre designers, chercheurs, praticiens, étudiants, citoyens et artisans.

En parallèle, l'approche pédagogique envisagée ne se limite pas à la transmission de techniques, mais propose un véritable processus d'apprentissage transdisciplinaire : une éducation à la couleur qui conjugue savoir-faire, écotoxicologie et design critique. Elle permettrait de former des designers capables de percevoir les colorants textiles comme des matières vivantes, interconnectées au corps et à l'environnement. Ce double horizon – pédagogique et industriel – esquisse les contours d'une transition possible pour s'éloigner du modèle extractif et polluant et tendre vers une pratique écologique et régénérative.

Les exemples d'approches locales des colorants évoqués dans la thèse montrent des structures à petite échelle visant des productions semi-industrielles. Les théoriciens et experts interrogés soutiennent une production raisonnée et équilibrée entre plusieurs sortes de colorants (naturels, synthétiques et biotechnologiques). L'idée poursuivie est de réduire drastiquement la production de mondiale de teintures synthétiques et de diviser la part restante en multiples techniques de coloration, car « c'est la démesure qui crée la pollution » (M. Garcia, communication personnelle, 21 juillet 2024).

Ces rencontres et lectures ont permis de formuler une projection spéculative des connaissances acquises tout au long de cette thèse-création. En prolongeant les observations du terrain, elles ont orienté ma réflexion vers un modèle de microteinturerie à la croisée de la culture matérielle, d'une production industrielle raisonnée et de la pédagogie. Ce modèle repose sur l'hypothèse qu'une relocalisation des pratiques tinctoriales – à travers des unités de production à échelle humaine, enracinées dans les écosystèmes locaux – contribuerait à redéfinir les rapports entre teinture, design, santé, territoire et transmission.

Dans le cadre de cette recherche, mon attention s'est portée prioritairement sur les pratiques de teinture naturelle issues de plantes tinctoriales et de valorisation de déchets et co-produits agricoles. Si ce choix se justifie par une volonté d'ancrage écosystémique et culturel, il convient néanmoins de reconnaître qu'il laisse de côté un pan important des innovations actuelles dans le domaine de la coloration textile. Les colorants biotechnologiques, en tant qu'alternatives aux colorants pétrochimiques, ouvrent des perspectives intéressantes pour le design textile durable. Leur intérêt réside non seulement dans la réduction de l'empreinte carbone et de la toxicité, mais aussi dans une potentielle biodégradabilité accrue, bien que celle-ci reste encore peu documentée dans la littérature scientifique indépendante. Intégrer ces approches aurait permis d'élargir la réflexion sur la diversité des voies tinctoriales régénératives actuellement en émergence. La recherche n'a pas

non plus accordé la même attention aux avancées écologiques des teintures synthétiques. Ces dernières visent une réduction de leur consommation d'eau, un taux de fixation plus élevé sur les fibres, une toxicité réduite grâce à la chimie verte, une économie énergétique favorisant des procédés à basse température et une plus grande biodégradabilité. L'évaluation de ces procédés mériterait une investigation rigoureuse, notamment par le biais d'une étude comparative.

Enfin, ma recherche s'est principalement centrée sur l'outil du designer textile, à savoir la couleur, en amont de son travail de graphiste et de concepteur de motifs. Même si cet aspect a été un peu abordé lors de l'exposition *Culture de la couleur* (École supérieure de m ode, ESG UQAM, 2021), cet angle créatif et visuel aurait mérité d'être plus exploité. À titre d'exemple, diverses techniques de mordançage créent des motifs ou jouent avec la sensibilité de certaines colorations à la lumière pour concevoir des imprimés éphémères qui ne demandent qu'à être surteints afin de réimaginer sans cesse la toile qui nous sert de vêtement.

À l'automne 2025, une première étape concrète de mise en application de cette recherche a été amorcée : j'accompagne l'Atelier Textile (Montréal) dans sa transition vers l'utilisation de colorants naturels, permettant de relier directement les résultats de la thèse à des pratiques professionnelles et pédagogiques. Cette école, rattachée au Cégep du Vieux Montréal, contribue au rayonnement du textile au Québec et forme les étudiants à concevoir et produire des textiles innovants pour la mode, la décoration et la scène.

La démarche pédagogique développée dans cette recherche introduit les principes fondamentaux des colorants naturels et des pratiques associées, tout en intégrant les dimensions écologiques, sanitaires et circulaires des matériaux. Les étudiants seront amenés à expérimenter la production de prototypes, l'élaboration de nuanciers colorés et l'évaluation de la solidité à la lumière. Ce cadre pédagogique vise à intégrer l'écolittératie tinctoriale à la pratique du designer, en établissant des ponts entre les connaissances chimiques, biologiques, créatives, techniques et environnementales, afin d'inscrire cette formation dans une dynamique transdisciplinaire et durable, en cohérence avec les résultats et les perspectives de la thèse.

Limites et ouverture :

Bien que le cadre de l'analyse du cycle de vie (ACV) ait guidé l'approche systémique des enjeux socio-environnementaux des colorants textiles et de leurs alternatives durables, cette recherche-création ne visait pas la réalisation d'une ACV quantitative et comparative formelle. Ce choix méthodologique a privilégié l'exploration matérielle et l'expérimentation de procédés tinctoriaux, étapes préalables à toute modélisation statistique. Il est ainsi essentiel que les travaux futurs, prolongeant cette recherche, intègrent une analyse comparative du cycle de vie des colorants synthétiques, naturels et biotechnologiques. Une telle étude, aujourd'hui inexistante, s'avère

indispensable pour fournir des données factuelles aux designers et aux industriels, permettant de passer de l'intuition écologique à l'éco-conception vérifiée

Ainsi, dans l'optique d'un développement futur, il serait pertinent d'envisager des collaborations plus étroites entre la formation en design de mode et la recherche en santé environnementale. Des interactions déjà initiées avec les chercheuses Cathy Vaillancourt, directrice du Cinbiose (UQAM) – Centre de recherche interdisciplinaire sur le bien-être, la santé, la société et l'environnement – et Cécile Bulle (CIRAIG, UQAM), lors de l'évènement *Les zones grises de la couleur* (2024) témoignent d'un intérêt commun et offrent un contexte propice à prolonger les résultats de cette thèse dans une démarche transdisciplinaire et durable. Par exemple, la réalisation d'analyses comparatives du cycle de vie des colorants synthétiques, naturels et biotechnologiques, encore inexistantes, permettrait d'établir un portrait précis des impacts réels de chacun. Un tel rapprochement contribuerait à inscrire l'écolittératie tinctoriale dans une dynamique plus large d'innovation durable, tout en renforçant la réflexion sur les impacts sociaux et environnementaux des pratiques colorantes en design textile.

ANNEXE A

Recettes

Les recettes présentées ci-dessous sont données à titre indicatif. Elles sont inspirées de plusieurs livres spécialisés tels que *The Art and Science of Natural Dyes* (Boutrup & Ellis, 2018), *The Studio Formulas Set for the Art and Science of Natural Dyes : 84 Cards with Recipes and Color Swatches* (Boutrup & Ellis, 2023), Teintures végétales:52 couleurs à la carte (Wolff, 2025), le *Guide des teintures naturelles : Plantes à fleurs* (Marquet, 2019) et de ressources en ligne reconnues comme *The Maiwa Guide to Natural Dyes* (2020). Elles varient légèrement selon les experts. Comme en cuisine, elles doivent être pratiquées pour en acquérir la maîtrise et se les approprier.

Il est recommandé de noter toutes les étapes en précisant les poids, les ratios, les temps et les températures, et de joindre un échantillon teint. Il est aussi utile de noter l'origine des fibres (lieu d'achat et prix) par souci de reproductibilité.

Commencer par peser le tissu sec et noter ce poids.
Les quantités sont exprimées en pourcentage du poids de fibres sèches (PdF).
Il est facile de les calculer en utilisant la règle de 3.
Exemple : 8% de garance pour un tissu de 250g :

$$x = \frac{8}{100} \times \frac{x}{250} = 8 \times 250 : 100 = 20\text{g de garance}$$

1. Nettoyage des fibres

La première étape consiste à réaliser un lavage en machine suivi d'un nettoyage en profondeur pour enlever la cire, la saleté et l'huile de filature des textiles. Appelé *scouring* en anglais, ce terme se traduit différemment selon la nature des fibres. Pour les fibres végétales dites cellulosiques (coton, lin, chanvre) ou cellulosiques régénérées (rayonne/viscose, Tencel, modal, bambou), on procède au débouillissage. Pour les fibres animales dites protéiques, on réalise un dégraissage pour la laine et un décreusage pour la soie.

2. Débouillissage des fibres cellulosiques

1. Remplir une casserole en acier inoxydable d'eau chaude du robinet (60 à 80 °C), en quantité suffisante pour que les textiles puissent bouger librement.
2. Pour chaque 450 g de textiles, ajouter 10 ml de détergent neutre (Synthrapol) et 20 g de carbonate de sodium.
3. Faire mijoter les fibres pendant 1 heure, en remuant de temps en temps.
4. Laisser refroidir dans la casserole.
5. Rincer abondamment à l'eau. Tout résidu peut perturber la fixation du mordant.
6. Sécher ou passer immédiatement au mordançage.

Dégraissage (laine) ou décreusage (soie) des fibres protéiques

1. Remplir une casserole en acier inoxydable d'eau, en quantité suffisante pour que les textiles puissent bouger librement.
2. Pour chaque 450 g de textiles, ajouter 5 ml (1 cuillère à thé) de détergent neutre pH7 (Orvus paste).
3. Chauffer les fibres doucement (60˚C) pendant 1 heure, en remuant de temps en temps.
4. Laisser refroidir dans la casserole.
5. Rincer abondamment à l'eau tiède. Tout résidu peut perturber la fixation du mordant.
6. Sécher ou passer immédiatement au mordançage.

3. Mordançage

La deuxième étape consiste à mordancer les fibres pour favoriser la fixation des colorants.

Le mordançage des fibres cellulosiques se fait en deux parties

<u>Étape 1 – Pré-mordançage (engallage)</u>

Les fibres végétales ont moins d'affinités avec les colorants naturels que les fibres animales. Il faut d'abord faire un bain de tanin : il existe des tanins clairs qui ne modifient pas la couleur de la fibre (noix de galle, tara) et des tanins qui lui donnent une légère coloration jaunâtre (myrobolan, grenade, thym), brunâtre (thé, châtaignier) ou rosâtre (pépins de raisin, sumac). En plus de fixer les teintures et d'améliorer la résistance à la lumière, cette légère coloration de fond agit comme une base qui impacte la nuance finale. Le choix du tanin diversifie la gamme obtenue et diminue la quantité de colorant principal. Par exemple, une base rosée issue de l'extrait de pépins de raisin élargit la gamme de rose-orangé possibles lorsqu'on l'associe à la garance, tandis qu'une base jaunâtre, apportée par le myrobolan, produit de subtils bleu-vert lorsqu'elle est plongée dans l'indigo.

Astuce : Pour mes tests, j'utilise des pots Masson de 2 litres, à large ouverture, que je fais chauffer au bain marie. Cela permet de faire huit bains différents avec deux grandes casseroles (29 cm de diamètre) et de tester une soixantaine d'échantillons en même temps.

1. Laver et débouillir les fibres
2. Préparer un bain de tanin au choix : 6 % à 8 % extrait de noix de galle ; 15 à 20 % myrobolan ; 100 g de thé usagé ; 10 % extrait de châtaignier; 300 g de peaux de grenade ; 10 % extrait de thym ou 10 % extrait de pépins de raisin (fig. A.1).
3. Chauffer le mordant pendant une heure, dans un volume d'eau suffisant pour que les fibres puissent bouger librement. Filtrer.
4. Essorer les fibres préalablement trempées dans l'eau. Les plonger mouillées dans le bain pour assurer l'uniformité du mordant.
5. Laisser tremper les fibres au moins une heure dans le bain chaud et les laisser refroidir à l'intérieur jusqu'au lendemain si possible. Essorer et bien rincer.

Astuce : J'identifie par une lettre sur le textile chaque traitement effectué et retranscrit dans mon cahier de recettes. Ce système permet de comparer rapidement les résultats selon le traitement utilisé quand plusieurs recettes trempent dans les mêmes bains.

Une fois l'engallage terminé, les fibres peuvent être séchées et gardées à l'abri de la lumière ou être mordancées avec des sels d'aluminium. Les recettes diffèrent selon les experts et les résultats souhaités :

<u>Étape 2 Mordançage</u>

Cela consiste à créer un pont chimique entre la fibre et les teintures. La plupart des colorants naturels n'ont pas une affinité chimique suffisante pour s'accrocher seuls à la fibre. Sans mordançage, la couleur serait pâle, terne et disparaîtrait dès le premier lavage.

Astuce : Pour les mordants, je préconise d'utiliser des seaux de 5 galons (environ 20 litres) en plastique. Veiller à identifier, sur le couvercle, la date et les ratios utilisés. Cette technique permet de garder les mordants plusieurs mois et d'en ajouter un peu à chaque mordançage (50% du montant initial).

Préparer un bain de mordant à l'alun :

1. Mettre 9 litres d'eau chaude du robinet (50 à 60˚C) dans un seau de 20 litres.
2. Dans un autre contenant plus petit (pot Masson en verre ou plastique supportant la chaleur), dissoudre 15 % PdF d'alun dans un litre d'eau chaude et verser ce mélange dans le seau.
3. Dissoudre 2 % PdF de carbonate de sodium (cristaux de soude) dans un peu d'eau chaude et le rajouter dans le seau. Bien mélanger.

4. Ajouter les fibres humides préalablement traitées aux tanins.
5. Laisser tremper 1 à 2 heures avec le couvercle pour que la solution reste chaude.
6. Il est possible de laisser tremper les tissus jusqu'au lendemain dans le bain.
7. Bien rincer les tissus et procéder à la teinture ou les sécher à l'abri du soleil et les garder pour un usage ultérieur.

Mordançage des fibres protéiques

1. Remplir une casserole d'eau chaude en quantité suffisante pour immerger les fibres.
2. Dissoudre 15 % d'alun dans un autre contenant plus petit et verser ce mélange dans la casserole.
3. Ajouter les fibres humides.
4. Laisser tremper 1 à 2 heures avec le couvercle pour que la solution reste chaude.
5. Il est possible de laisser tremper les tissus jusqu'au lendemain dans le bain.
6. Bien rincer les tissus et procéder à la teinture ou les sécher à l'air libre à l'abri de la lumière et les garder pour un usage ultérieur.

Astuce : Dans plusieurs ouvrages, l'usage de 6 % PdF de crème de tartre (bitartrate de potassium) est recommandé en option. Cela permet d'acidifier les bains de teinture, ce qui peut intensifier certaines teintes ou, au contraire, les adoucir. Le résultat varie selon la couleur recherchée. D'où l'importance de faire des essais.

Mordançage au triformate d'aluminium (à froid)

J'ai découvert ce processus lors d'un stage avec Kathy Hattori (Botanical Colors). Elle préconise cette méthode car elle permet de mordancer à froid les fibres cellulosiques comme protéiques.

1. Mettre 9 litres d'eau froide dans un seau de 20 litres.
2. Dans un autre contenant plus petit (pot Masson en verre ou plastique supportant la chaleur), dissoudre 200 g de triformate d'aluminium (formiate d'aluminium) dans un litre d'eau chaude et verser ce mélange dans le seau.
3. Ajouter les fibres humides préalablement traitées aux tanins.
4. Laisser tremper 24 heures avec le couvercle.
5. Il est possible de laisser tremper les tissus plus longtemps au besoin.
6. Bien rincer les tissus et procéder à la teinture ou les sécher à l'abri du soleil et les garder pour un usage ultérieur

4. Teinture textile

Certains colorants présentés dans cette recherche ont été réalisés à partir de déchets alimentaires qui contiennent des tanins (peaux d'avocats, d'oignons, de grenade, thé). D'autres viennent de plantes tinctoriales sèches (cosmos sulfureux, coréopsis, camomille des teinturiers, tagètes de

Dalhia Milon, Kamouraska, Québec, Canada). Beaucoup ont été faits avec des extraits végétaux, dont certains issus de la valorisation de sous-produits industriels (thym, châtaignier et pépins de raisin de Green'Ing, France) et d'autres de plantes tinctoriales importés d'Inde (garance, indigo, gaude de Maiwa, Canada).

Dans tous les cas, il s'agit de réaliser des décoctions en chauffant les plantes dans de l'eau pendant environ 1 heure. Je recommande de laisser refroidir jusqu'au lendemain. Puis, filtrer et introduire les textiles mordancés préalablement mouillés (trempés dans l'eau et essorés pour faciliter l'homogénéité de la teinture).

Astuce : Quand les végétaux sont secs ou congelés, je recommande de les faire macérer dans l'eau pendant 24 à 48h. Cette étape permet de mieux extraire les colorants.

4.1 Teintures avec des déchets alimentaires et des plantes entières

Ingrédients au choix : peaux et noyaux d'avocats, peaux d'oignons, thé noir usagé, peaux de grenade, fanes de carottes, feuilles d'artichauts, eau de trempage des haricots noirs.

Tous les ingrédients peuvent être frais, séchés ou congelés. Les peaux et noyaux d'avocats doivent préalablement être nettoyés. Les peaux d'oignons (partie extérieure sèche) se conservent dans un sac en papier ou plastique à l'abri de l'humidité. Séparer les peaux d'oignons jaunes des rouges, qui donnent deux teintes différentes.

1. Faire macérer les végétaux pendant 24h à 48h dans un volume d'eau assez grand pour pouvoir teindre les fibres.
2. Verser ce mélange dans une casserole.
3. Faire chauffer cette décoction pendant 1 à 2 heures sans atteindre le point d'ébullition en la remuant fréquemment.
4. Laisser refroidir dans le bain jusqu'au lendemain.
5. Filtrer et composter les résidus.
6. Tremper les tissus mordancés et humides dans le bain de teinture.
7. Faire chauffer pendant 1 heure.
8. Laisser refroidir dans le bain jusqu'au lendemain.

Astuce : Pour atteindre une solidité satisfaisante, il vaut mieux mettre moins de matière colorante et chauffer plus longtemps (une heure minimum) que tremper le tissu peu de temps, ce qui empêche le colorant d'atteindre le cœur de la fibre. Les quantités varient selon la teinte souhaitée entre 30% et 200 % PdF pour les plantes entières sèches et fraîches ; entre 5 % et 15 % pour les extraits.

4.2 Teinture avec des extraits végétaux

Les extraits se dissolvent dans de l'eau chaude et sont versés dans la marmite. Il existe une variété d'extraits. Il peut s'agir de garance, de gaude, de cochenille ou de bois de campêche. Ils sont très concentrés et s'utilisent entre 3 et 10% PdF.

1. Mesurer la quantité d'extrait dans un pot en verre sur une balance. Ajouter de l'eau chaude pour le dissoudre.
2. Verser ce mélange dans une marmite d'eau préalablement remplie de la quantité d'eau nécessaire pour que le tissu bouge librement.
3. Faire chauffer cette décoction pendant 1 à 2 heures sans atteindre le point d'ébullition en la remuant fréquemment.
4. Laisser refroidir dans le bain jusqu'au lendemain.
5. Filtrer et composter les résidus.
6. Le bain de teinture est prêt.
7. Tremper les tissus mordancés et humides.
8. Faire chauffer pendant 1 heure.
9. Laisser refroidir dans le bain jusqu'au lendemain, ou à part si vous souhaitez des couleurs claires auquel cas, sortez-les quand la teinte vous satisfait.

5. Nuançage en post-bain

Une fois les teintures réalisées, elles peuvent être modifiées en trempant les textiles dans une solution acide pH<7 (vinaigre, citron, crème de tartre), basique pH>7 (bicarbonate de soude, carbonate de sodium (cristaux de soude), ou ferreuse (1 à 3 % de sulfate, acétate ou lactate de fer). Par exemple, un textile jaune teint à l'oignon deviendra kaki dans un bain ferreux : le nuançage permet ainsi d'élargir la palette de teintes.

Le fer agit comme un mordant, en fixant les colorants naturels sur les fibres et comme un modificateur de couleur qui assombrit les teintes (les bleus deviennent gris et les jaunes, verts olive). Utilisé en combinaison avec des tanins (noix de galle), il permet d'obtenir des noirs profonds. On peut utiliser du sulfate, de l'acétate ou du lactate de fer vendu dans le commerce ou fabriquer sa propre « liqueur de fer ».

6. Recette de liqueur de fer maison

- Objets en fer rouillé : clous, vis, laine d'acier
- Eau (2 volumes)
- Vinaigre blanc (1 volume)
- Bocal en verre avec couvercle

1. Remplir le bocal aux ¾ avec les objets rouillés.

2. Ajouter le mélange eau/vinaigre (ratio 2:1) jusqu'à couvrir le fer.
3. Laisser reposer 1 à 2 semaines à température ambiante. La solution deviendra orangée.
4. Filtrer si nécessaire.

Tremper un tissu teint avec des pelures d'oignon (jaune doré) pendant quelques secondes à quelques minutes dans la liqueur de fer diluée (1 cuillère à soupe/litre d'eau). Attention, trop de liqueur de fer peut jaunir les textiles et les fragiliser. Bien rincer. Le résultat donne un vert olive ou un kaki.

7. Pigments à partir de bains de teintures recyclés

Dans un esprit de circularité, les bains usagés de teintures et de mordants peuvent être transformés en pigments. Dans son livre *Couleurs végétale : teintures, pigments et encres* (2002), Michel Garcia préconise de verser le bain de teinture dans le bain de mordant et d'y ajouter quelques cristaux de soude (carbonate de sodium), sans en préciser la quantité. Des flocons se créent et se déposent au fond. Laisser décanter 24 heures et filtrer avec un chiffon propre. Une fois séché et broyé, ce pigment pourra être mélangé à des bases (gomme arabique) pour imprimer en sérigraphie.

Voici la recette que j'ai expérimenté :

1. Verser 800 ml du bain de teinture restant dans un grand bol (contenant 2 litres).
2. Mettre 200 ml d'eau tiède/chaude dans un contenant et y dissoudre 10 g d'alun.
3. Dissoudre 5 g de cristaux de soude dans 50 ml d'eau tiède/chaude.
4. Verser la solution d'alun dans la teinture. Bien mélanger.
5. Ajouter la solution de cristaux de soude dissoute.
6. Noter la date et les opérations effectuées sur le contenant.
7. Laisser décanter plusieurs jours.
8. Récupérer l'eau claire comme base pour votre prochain mordançage cellulosique.
9. Rincer plusieurs fois et laisser décanter.
10. Quand l'eau est claire, filtrer avec un filtre à café.
11. Laisser sécher et broyer.

8. Cellulose de kombucha

Pour Suzanne Lee, fondatrice de la plateforme Biofabricate[69] et pionnière du « cuir » de kombucha (2003), les biomatériaux sont produits à partir de microorganismes (bactéries, levures, algues ou champignons). Ces modes de fabrication permettent de ne pas dépendre de la pétrochimie, ni de l'agriculture ou de l'élevage intensifs. Ces matériaux – issus, produits ou inspirés du vivant et utilisés pour fabriquer des objets ou des structures – peuvent être d'origine naturelle (végétaux,

[69] https://www.biofabricate.co/about

bactéries, champignons, algues, etc.) ou créés par des procédés biotechnologiques, notamment la modification de l'ADN. Les biomatériaux se distinguent par leur caractère renouvelable, biodégradable ou biocompatible et sont souvent employés dans des domaines comme le design, la mode, l'architecture, la médecine ou la recherche en matériaux durables.

8.1 Recette de cellulose de kombucha à partir d'un SCOBY

La designer de mode et chercheuse a partagé sa recette en accès libre. Comme pour les teintures naturelles, chacun peut la modifier et l'interpréter pour explorer tout le potentiel de cette matière compostable.

Ingrédients pour un échantillon d'environ 15x18 cm

- 200 ml de vinaigre de cidre
- 200 g de sucre
- 2 sachets de thé vert
- 1 SCOBY (Symbiotic Culture of Bacteria and Yeast). C'est une culture de bactéries et de levures essentielle à la fermentation du kombucha. Elle s'achète sur internet ou se fabrique à partir d'une boisson de kombucha (voir recette 8.2).

1- Faire bouillir 2 litres d'eau et infuser le thé 15 minutes. Enlever les sachets et ajouter le sucre. Mélanger jusqu'à dissolution complète.
2- Laisser refroidir, puis ajouter le cidre et le SCOBY dans un contenant. La cellulose prendra la forme de celui-ci en poussant. Par exemple, une bassine ronde donnera un film de cellulose rond.
3- Laisser pousser la cellulose bactérienne à température ambiante. Recouvrir d'un tissu, sans entraver l'accès à l'oxygène. Au départ, le SCOBY tombera au fond, puis un fin biofilm va commencer à se former au bout de quelques jours. Il atteindra 1 à 2 cm au bout de 4 semaines.
4- Sortir le film et le laver à l'eau savonneuse.
5- Faire sécher la matière sur une planche de bois en le retournant régulièrement. Quand elle est complètement sèche (environ 2 semaines), on peut la coudre ou l'imprimer.

8.2 Recette pour fabriquer un SCOBY à partir d'une boisson de kombucha

- 7 tasses d'eau (2 litres)
- 4 sachets de thé noir
- ½ tasse du sucre blanc
- 1 tasse de boisson de kombucha du commerce

1- Faire bouillir 2 litres d'eau et infuser le thé 20 minutes. Enlever les sachets et ajouter le sucre. Mélanger jusqu'à dissolution complète.
2- Laisser refroidir, puis ajouter la tasse de kombucha. Bien mélanger délicatement.

3- Verser dans un récipient peu large (comme un pot Masson). La forme du contenant déterminera la taille du SCOBY.
4- Couvrir le pot avec une gaze maintenue avec un élastique. Laisser fermenter à température ambiante, sans bloquer l'accès à l'oxygène. Un fin biofilm se formera au bout de quelques jours pour atteindre 1 à 2 cm au bout de 4 semaines.
4- Ce SCOBY se conserve dans son liquide pendant plusieurs mois au réfrigérateur. Il servira de point de départ à des projets de plus grande taille en suivant la recette 8.1.

9. Bioplastiques

Cette recette en accès libre sur le site Materiom[70], a servi de base au projet *Cyclical Matters* (2020-2022) ainsi qu'à l'œuvre *Fossilation*[71]. *Fossilation* (fig. A1) est une membrane souple et monumentale, réalisée en bioplastique teinté à l'oignon. Exposée au Centre Georges Pompidou (Paris, 2021), lors de l'exposition Matières d'images (commissaire : Géraldine Gomez), elle capte l'énergie résiduelle du bâtiment pour interagir avec la lumière. Chacun est libre d'interpréter la recette à sa manière, de changer les ratios, d'ajouter des ingrédients et d'expérimenter avec une variété de déchets alimentaires ou autres sous-produits agricoles pour en faire varier les teintes et les textures (coquilles d'œufs, coquilles de moules, fibres d'artichauts, etc.)

Ingrédients de base à modifier selon les projets et les résultats souhaités

- 48 g de gélatine (protéine dérivée du collagène de tissus d'animaux, peau et os de porc)
- 240 ml d'eau
- 1 cuillère à soupe de glycérine
- Colorant (alimentaire ou décoction végétale)

Recette

1. Verser le liquide dans une casserole.
2. Pendant que ça chauffe, ajouter la gélatine et la glycérine.
3. Mélanger jusqu'à dissolution complète.
4. Faire cuire quelques minutes.

[70] https://www.materiom.org/

[71] *Fossilation* est issue du projet Membranes en action (CRSH, dir. Alice Jarry, co-dir : Samuel Bianchini et Marie-Pier Boucher). L'œuvre est le résultat d'une collaboration entre l'Université Concordia, l'EnsadLab – École nationale supérieure des Arts Décoratifs, Paris, et l'Université de Toronto Mississauga. L'équipe multidisciplinaire qui a travaillé à la création de cette membrane interactive captant l'énergie résiduelle du bâtiment pour interagir avec la lumière, était composée de Brice Ammar-Khodja, Alexandra Bachmayer, Didier Bouchon, Maria Chekhanovich, Matthew Halpenny, Raphaëlle Kerbrat, Annie Leuridan, Vanessa Mardirossian, Asa Perlman, Philippe Vandal, Lucile Vareilles. Avec la collaboration de Louise Rustan (design lumière), Théo Chauvirey, Corentin Loubet, Joséphine Mas et Simon Paugoy (soutien technique).

5. Faire couler dans un moule en silicone ou en plastique.
6. Laisser reposer 24 heures.
7. Démouler et laisser sécher à l'air libre.

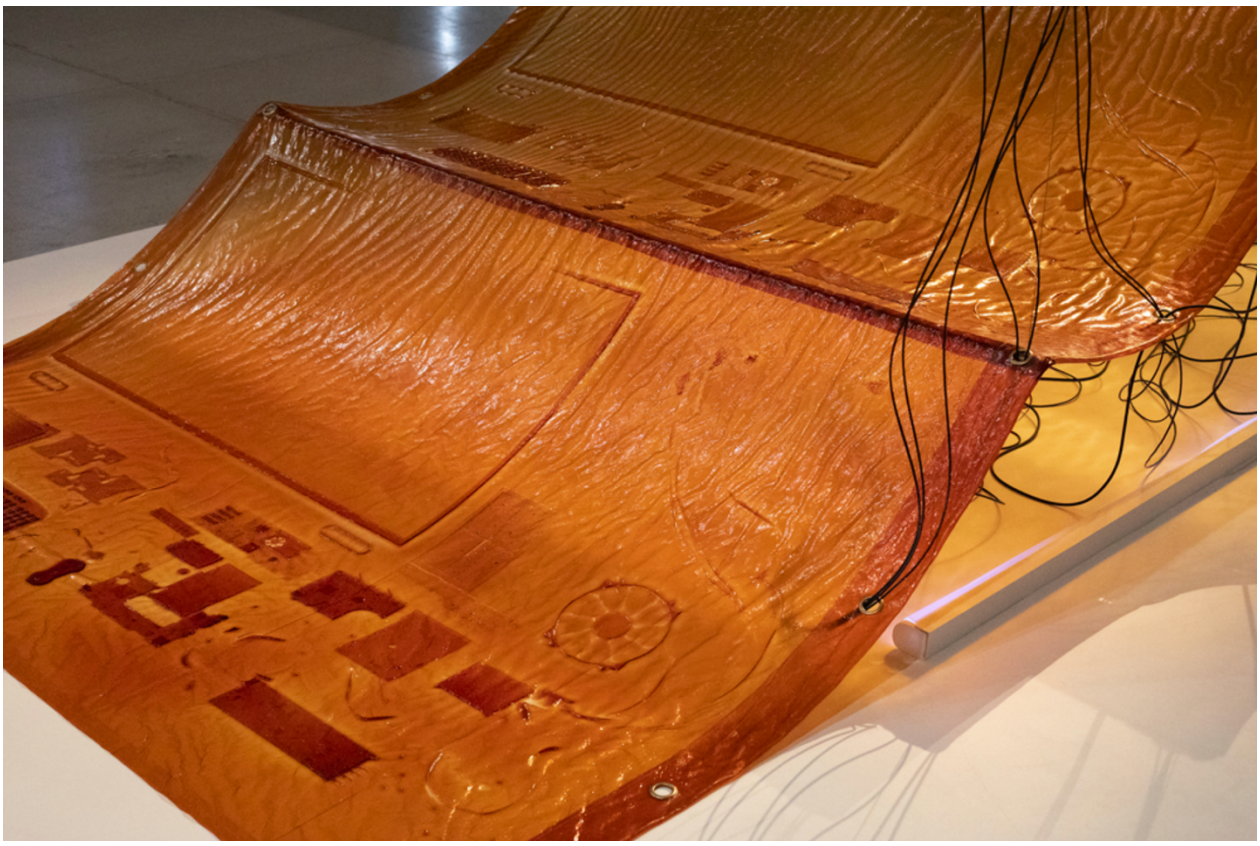


Figure A.1 Membrane Fossilation exposée à Matières d'image (Centre Georges Pompidou, Paris (2021).

ANNEXE B

Spécifications techniques

B.1 Glossaire de termes techniques pour les teintures naturelles

Alun (Sulfate double d'aluminium et de potassium) : sel d'aluminium utilisé comme mordant pour fixer et intensifier les couleurs sur les fibres textiles, qu'elles soient animales (laine, soie) ou végétales (coton, lin).

Chélation : processus par lequel des ions métalliques (aluminium, fer) se lient aux fibres textiles et aux molécules colorantes, formant des associations stables appelées « complexes ». Ce phénomène est essentiel pour fixer les couleurs et modifier les teintes. Certaines plantes riches en tanins agissent comme des chélateurs naturels, réduisant ou éliminant le besoin de mordants métalliques (noix de galle, grenade).

Colorant à mordant : colorant naturel qui nécessite l'usage d'un mordant (alun, fer) pour se fixer durablement sur la fibre textile. Sans mordant, la couleur obtenue serait fugace (instable au lavage ou à la lumière) et très pâle. Le mordant agit comme un pont chimique entre la fibre et le colorant. Exemples : garance, réséda, cosmos, cochenille, peau d'oignon.

Crème de tartre (bitartrate de potassium) : sous-produit naturel de la vinification employé en teinture comme adjuvant de mordançage. Elle agit principalement en acidifiant le bain, ce qui favorise la fixation des mordants métalliques (notamment l'alun) sur les fibres protéiques et contribue à l'homogénéité et à la brillance des couleurs.

Débouillissage : rétraitement textile en milieu alcalin (ajout de carbonate de sodium) et savonneux (détergent neutre) qui élimine les impuretés des fibres végétales (pectines, cire) pour les rendre hydrophiles et améliore leur capacité à absorber les colorants en les faisant bouillir pendant une heure. Cette opération intervient avant le mordançage.

Dégraissage (laine) et décreusage (soie) : rétraitement textile qui élimine les impuretés des fibres animales (protéiques) pour les rendre hydrophiles et améliore leur capacité à absorber les colorants.

Décoction : procédé consistant à faire chauffer des végétaux (feuilles, fleurs, racines, écorces ou extraits) dans l'eau pour libérer leurs principes colorants. De cette opération, on obtient un bain de teinture destiné à colorer des textiles, généralement préalablement mordancés. La durée (1 à 2 heures) et la température de chauffe influencent l'intensité et la qualité de la couleur obtenue.

Une fois la décoction terminée, le liquide est filtré pour retirer les résidus végétaux et ne conserver que le bain. Il est possible de laisser refroidir la décoction (parfois jusqu'au lendemain) avant filtration, afin d'extraire un maximum de colorants.

Engallage (ou pré-mordançage) : traitement préliminaire des fibres végétales, principalement le coton et le lin, avec des substances riches en tanins (noix de galles). Cette opération, visant à améliorer la fixation des colorants, précède le mordançage et la teinture. Le mot « engallage » est dérivé de la noix de galle, une excroissance du chêne traditionnellement utilisée comme source principale de tanins pour ce procédé. L'engallage permet d'obtenir des noirs profonds lorsque combiné avec un nuançage au fer après la teinture.

Fibres artificielles (ou régénérées) : fibres obtenues par transformation chimique de matières naturelles, principalement cellulosiques (bois, bambou, déchets végétaux) comme la rayonne/viscose, le modal, le Lyocell et l'acétate de cellulose

Fibres naturelles : on distingue les fibres végétales (cellulosiques) comme le coton, le lin, et le chanvre; des fibres animales (protéiques) comme la laine et la soie.

Fibres synthétiques : produites par synthèse chimique, principalement à partir d'hydrocarbures issus du pétrole. Des exemples courants sont le polyester, le polyamide (nylon), l'acrylique et l'élasthanne

Grand teint : terme qui désigne des teintures naturelles qui présentent une excellente résistance à la lumière, au lavage et au frottement. Ces couleurs sont généralement obtenues à partir de plantes sélectionnées pour leur intensité et leur durabilité, comme la garance, la gaude et l'indigo. L'utilisation de mordants, tels que l'alun, est souvent nécessaire pour fixer solidement la couleur aux fibres. Historiquement, le « grand teint » était réputé pour sa qualité supérieure par rapport au « petit teint », moins résistant.

Mordançage : action de préparer les fibres naturelles à l'aide de sels minéraux (alun, fer), végétaux (Symplocos) et de substances naturelles riches en tanins (noix de galle, myrobolan, grenade, sumac), afin de s'assurer que la teinture soit solidement fixée aux fibres via la formation d'une liaison chimique entre les fibres et les colorants.

Mordant : substance chimique utilisée pour créer une liaison solide entre le colorant et la fibre afin d'améliorer la résistance des couleurs au lavage et à la lumière. L'aluminium (alun, acétate d'aluminium) et le fer (sulfate, acétate) sont les métaux les plus répandus.

Nuançage ou post-bain : technique employée pour modifier la couleur obtenue après la teinture principale en plongeant le textile dans un bain supplémentaire : alcalin au pH élevé (carbonate de sodium, carbonate de calcium) ou acide (vinaigre blanc, acide citrique) au pH beaucoup plus bas. Les bains de sulfate ou d'acétate de fer rendent pour leur part les couleurs plus foncées. Le nuançage permet d'obtenir une grande variété de teintes à partir d'une couleur de base : des kaki à partir de jaunes, et des gris ou bruns à partir de plantes riches en tanins.

Pied : désigne la première couche de teinture appliquée sur un textile. Cette couche de base sert de fondation pour les teintures ultérieures. Par exemple, un « pied » bleu peut être appliqué comme base pour ajouter une surteinture rouge, résultant en une couleur violette.

Surteinture : technique qui consiste à appliquer une couleur sur une base déjà teinte, appelée « pied ». Par cette méthode, on obtient des nuances plus riches et complexes en superposant plusieurs couches de couleur. Par exemple, en appliquant une surteinture jaune sur un « pied » bleu, on obtient une teinte verte.

Tanins : composés phénoliques (molécules chimiques formées de six atomes de carbone formant un hexagone) d'origine végétale présents dans de nombreuses plantes (noix de galle, grenades, myrobolan). Généralement extraits par décoction, les tanins sont employés entre les phases de débouillissage et de mordançage sur les fibres végétales pour augmenter la fixation des colorants. Ils servent ainsi de pré-mordançage. Utilisés comme colorant, ils produisent des teintes allant du beige au jaune. En réaction avec des sels de fer, ils donnent des gris et des noirs.

B.2 Glossaire de termes techniques pour les teintures synthétiques

Aniline ($C_6H_5NH_2$) : composé organique aromatique dérivé du benzène. C'est une amine primaire aromatique ($-NH_2$), toxique pour l'homme et l'environnement, qui a joué un rôle crucial dans le développement des premiers colorants synthétiques au XIX^{e} siècle. Initialement extraite du goudron de houille, l'aniline est la base chimique de nombreux colorants.

Anthracène ($C_{14}H_{10}$) : hydrocarbure aromatique formé de trois cycles benzéniques liés ensemble. Il est souvent extrait du goudron de houille et sert de base pour fabriquer l'anthraquinone, un composé important dans la création de colorants synthétiques.

Anthraquinone aussi appelé anthracènedione ($C_{14}H_8O_2$) : composé organique aromatique dérivé de l'anthracène, utilisé comme base pour de nombreux colorants synthétiques, notamment les colorants acides, réactifs et de cuve. Ces colorants, caractérisés par leur noyau

anthraquinonique, offrent une excellente solidité à la lumière et couvrent une large gamme de teintes.

Azobenzène ($C_{12}H_{10}N_2$) : composé organique aromatique constitué de deux cycles benzéniques reliés par un groupe azo (-N=N-). Il est utilisé comme base structurelle pour de nombreux colorants azoïques synthétiques, qui représentent une part majeure des colorants textiles.

Benzène (C_6H_6) : hydrocarbure aromatique monocyclique constitué d'un cycle hexagonal de six atomes de carbone avec des électrons délocalisés. C'est un liquide incolore, volatil et inflammable, employé comme matière première pour la synthèse des colorants.

Colorants acides: colorants solubles dans l'eau qui se fixent sur les fibres protéiques comme la laine et la soie, mais aussi sur certaines fibres synthétiques comme le nylon. L'opération opère par liaison ionique : les molécules du colorant (chargées négativement) s'attachent aux fibres textiles qui portent une charge positive, assurant ainsi la fixation de la couleur.

Colorants de cuve : colorants insolubles dans l'eau qui doivent être réduits chimiquement en une forme soluble pour pénétrer dans la fibre, puis réoxydés pour redevenir insolubles et fixer la couleur (ex. indigo).

Colorants directs : colorants solubles dans l'eau qui se fixent directement sur les fibres textiles par interactions physiques sans besoin de mordançage, principalement utilisés pour les fibres cellulosiques.

Colorants dispersés : colorants insolubles dans l'eau présents sous forme dispersée en fines particules, qui pénètrent dans les fibres synthétiques par diffusion à haute température.

Colorants réactifs : colorants solubles dans l'eau qui forment une liaison chimique covalente très forte avec la fibre, assurant une excellente solidité de la couleur. Ils sont essentiellement utilisés pour les fibres cellulosiques, la laine et le polyamide.

Colorants azoïques : colorants synthétiques caractérisés par la présence d'un groupement azo (–N=N–) reliant deux cycles aromatiques. Ils sont largement employés pour teindre les textiles et constituent environ 70% du marché des colorants, avec plus de 100 000 teintes disponibles.

Quinine ($C_{20}H_{24}N_2O_2$) : composé organique azoté extrait de l'écorce de quinquina (*Cinchona*), connu historiquement comme antipaludéen. La tentative de synthèse de la quinine a conduit William Henry Perkin à découvrir la mauvéine, premier colorant synthétique.

B.3 Glossaire de termes techniques pour les teintures biotechnologiques

Agar : substance gélifiée, extraite d'algues rouges, utilisée comme support solide dans lequel on place des microorganismes (bactéries) pour les cultiver en laboratoire. L'agar est enrichi en nutriments nécessaires à la croissance bactérienne (gélose nutritive).

Autoclave : appareil employant de la vapeur sous pression pour stériliser le matériel et les milieux de culture afin d'éviter toute contamination bactérienne (~120 °C pendant 20 min).

Incubation : période pendant laquelle les bactéries sont maintenues dans des conditions contrôlées (température, lumière, oxygène, nutriments) pour permettre leur croissance et la production de pigments (mise en culture).

Inoculation : action d'introduire volontairement des bactéries dans un milieu de culture afin de favoriser leur croissance.

Milieu nutritif : substance solide ou liquide enrichie en nutriments permettant aux bactéries de se développer et de produire des pigments.

Stérilisation: processus de désactivation des microorganismes, y compris les bactéries, par exposition à la vapeur et sous pression.

B.4 La chimie tinctoriale

Le but de la chimie tinctoriale est de comprendre comment améliorer les affinités entre les fibres et les colorants pour parvenir à des teintures naturelles solides à la lumière et au lavage.

Depuis l'Antiquité, des sels d'aluminium ont été utilisés pour fixer les molécules organiques colorées sur les fibres textiles – ce qu'on appelle le mordançage.

Afin de démystifier ce processus, Michel Garcia, explique que la plupart des colorants textiles naturels sont des « colorants à mordant » qui comportent une structure moléculaire permettant à un atome métallique de s'y fixer. Cette définition implique de se familiariser avec le principe de chélation, venant du grec *chéla* (pince). Ce terme désigne, de façon imagée, un type de liaison entre une molécule organique et un atome métallique (aluminium, fer). Dans cette liaison, le sel métallique est fixé au ligand chélateur (ici le tissu mordancé) par au moins deux liaisons, constituant la « pince » qui emprisonne le métal, grâce à ses deux terminaisons.

La figure B.1 illustre la formation d'une « pince » entre l'atome d'aluminium et deux atomes d'oxygène. Ce phénomène appelé « complexe de coordination » en science est ce qui permet la fixation du colorant.

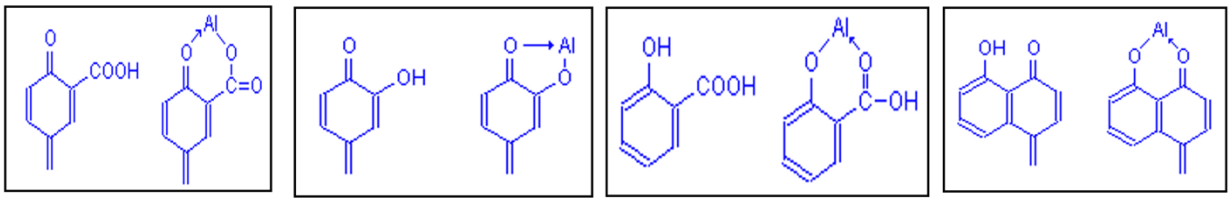


Figure B.1 Molécules colorantes montrant les « pinces » permettant de les classer dans les colorants à mordant. Images © Michel Garcia. Entretien enregistré, 21 juillet 2024.

La teinture est généralement réalisée en deux étapes : d'abord, le mordant est fixé sur la fibre à teindre, puis, le complexe fibre-mordant est plongé dans le bain de colorant. On ne peut pas tout mélanger dans un seul bain. En effet, en présence du colorant, le mordant se fixe sur celui-ci, en formant un complexe insoluble, sans se préoccuper de la présence de la fibre, comme le montre le point A.5 sur la fabrication de pigments à partir de bains usagers.

Le mordançage le plus classique consiste à mettre en contact un sel métallique contenant de l'aluminium avec la fibre à teindre et ensuite, à plonger la fibre à teindre dans une solution de plante colorante.

Ci-dessous, la représentation de l'hématéine du bois de campêche illustre, en rouge, le lieu et la façon dont le colorant se lie au cation aluminium. Comme l'aluminium est trivalent, il possède « trois bras » d'accroche avec le colorant. L'ion aluminium ainsi « greffé » sur le chromophore de la molécule, se conduit comme un puissant auxochrome : le chélate, à droite, est bien plus vivement coloré que la molécule seule, à gauche (Figure C.2).

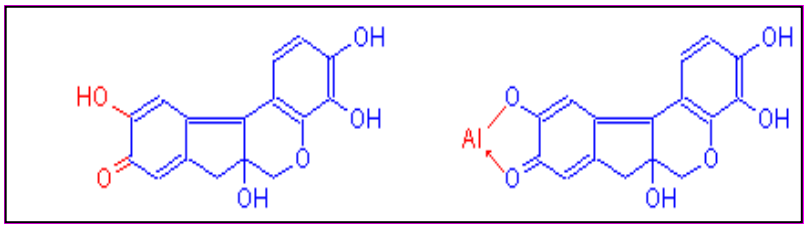


Figure B.2 Hématéine du bois de campêche montrant le colorant se liant au cation d'aluminium.
Image © Michel Garcia. Entretien enregistré, 21 juillet 2024.

« Mais tous les colorants ne sont pas des colorants à mordant et avec l'expérience le teinturier, curieux de chimie pourra planifier sa couleur finale selon la structure des colorants étudiés » (M.

Garcia, communication personnelle, 21 juillet 2024). C'est à dire qu'en acquérant une compréhension des structures moléculaires, on peut imaginer les couleurs sans les voir.

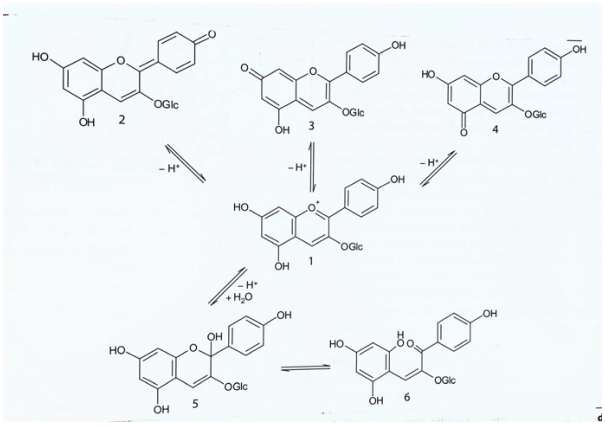


Figure B.3 Modulation du chou rouge. Effet des variations de pH sur la structure moléculaire de l'anthocyane : 1 (rouge), 2-4 (bleues) (©Cardon, 2014).

Le cas de l'indigo

L'indigotier (*Indigofera tinctoria)* et l'indigo japonais (*Persicaria tinctoria*) contiennent des composés organiques tels que l'indican, considéré comme l'un des précurseurs de l'indigotine (fig. B.4 et B.5), alors que l'isatan B joue ce rôle dans le pastel des teinturiers (*Isatis tinctoria)*. Les précurseurs sont des molécules qui génèrent la formation du pigment bleu après un processus chimique naturel qui opère par étapes.

Ces précurseurs vont produire la formation du pigment bleu après un processus chimique naturel qui opère par étapes.

- D'abord, par immersion en eau chaude (vers 55°C), lorsque les feuilles de la plante macèrent permettant aux enzymes naturelles et aux bactéries de décomposer les précurseurs (indican ou l'isatan B). Cette décomposition sépare les précurseurs en deux composants : le glucose et l'indoxyle.
- La deuxième étape est l'oxydation de l'indoxyle, qui opère lorsque le tissu est exposé à l'air (oxygène), ce qui le transforme en indigo (fig. B.4). Les enzymes sont des protéines qui agissent comme des catalyseurs biologiques, permettant aux réactions de se produire. Lorsque le tissu est immergé dans la solution d'indigotine, basique et réductrice, nommée « cuve », il prend d'abord une teinte verdâtre. Puis, en le sortant, il s'oxyde au contact de l'air, ce qui entraîne une transformation de l'indigo réduit en indigotine. L'indigo appartient à la famille des colorants de cuve, qui présentent deux formes distinctes : une forme soluble en milieu basique et réducteur et une forme insoluble, dite oxydée en milieu oxygéné (M.

Garcia, communication personnelle, 21 juillet 2024). On peut voir sur la figure B.4, le vert en train de se transformer en bleu au contact de l'air. Ce processus est furtif et quasi instantané (Photo © V. Mardirossian, 2018).

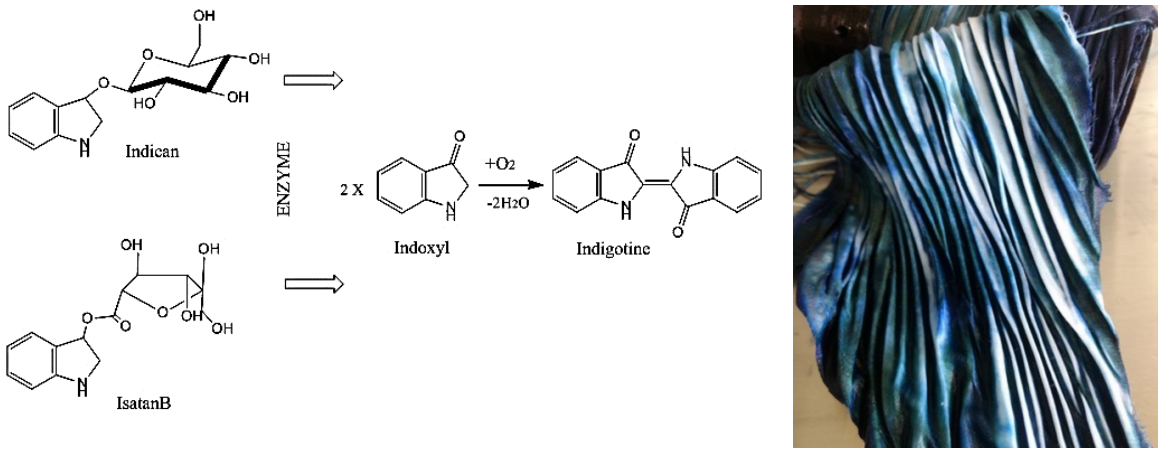


Figure B.4 Processus de fabrication de l'indigotine à partir des composés extraits de la plante.

La figure B.5 montre les structures moléculaires de base qui ont donné lieu à la conception de la mauvéine.

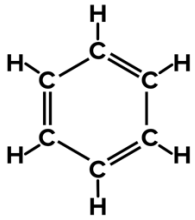
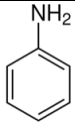
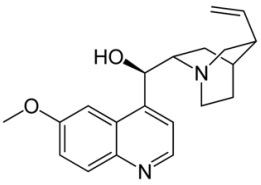
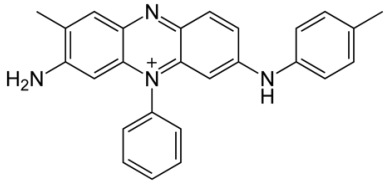
Benzène **[C_6H_6]**		
		
Aniline **[$C_6H_5NH_2$]**	Quinine **[$C_{20}H_{24}N_2O_2$]**	Mauvéine **[$C_{26}H_{23}N_4]^+$**
		

Figure B.5 En haut : Structure moléculaire du benzène (C_6H_6), composé organique de base employé comme précurseur dans la synthèse de nombreux colorants. Sa structure chimique stable et ses propriétés aromatiques en font un point de départ idéal pour la création de divers composés colorants. En bas à

gauche : Structure moléculaire de l'aniline ($C_6H_5NH_2$), composé chimique dérivé du benzène. L'aniline se distingue par l'ajout d'un groupe amino ($-NH_2$) au cycle du benzène, faisant de l'aniline un ingrédient clé dans la création de nombreux colorants synthétiques. En bas au milieu : Structure moléculaire de la quinine ($C_{20}H_{24}N_2O_2$), composé naturel extrait de l'écorce de quinquina (un arbre originaire d'Amérique du Sud). La quinine est connue pour ses propriétés antipaludiques. Sa structure complexe a inspiré les chimistes dans leur quête de synthèse de nouveaux médicaments et colorants. En bas à droite : Structure moléculaire de la mauvéine ($C_{26}H_{23}N_4$), le premier colorant synthétique produit à l'échelle industrielle.

ANNEXE C

Ressources numériques

Cette annexe rassemble une sélection de ressources en ligne et d'ouvrages qui complètent la bibliographie. Ces références ont nourri ma réflexion et contribué à documenter mes pratiques et mes connaissances sur les colorants textiles naturels.

Les blogues de Kathy Hattori (Botanical Colors, États-Unis) et de Charlotte Kwon (Maiwa, Canada) contribuent à la diffusion de savoirs tinctoriaux via une multitude de formations, conseils, recettes et techniques pour mordancer et teindre les textiles avec des colorants naturels.

Botanical Colors (Seattle, États-Unis)
https://botanicalcolors.com/?srsltid=AfmBOophJd45qBMcpgDOqgn1MuWpsUTtElM5j2PK4gAo5liMaTwqojjj

Blogue sur les teintures végétales. Ateliers en ligne et réponses aux questions sur les mordants sous forme de *Mordant Monday,* une session qui invite le public à poser ses questions. Les réponses sont regroupées dans une newsletter hebdomadaire. https://botanicalcolors.com/mordant-monday/

Maiwa (Vancouver, Canada) École de textiles en ligne
https://www.schooloftextiles.com/
Portail d'outils pédagogiques pour le grand public, les enseignants et les artisans, comprenant des fiches techniques, des vidéos et des cours sur la teinture naturelle.

Le blogue Oecotextiles est, quant à lui, plutôt axé sur la sensibilisation de l'impact des textiles sur la santé humaine et l'environnement. Fondé en 2004 par Leigh Anne Van Dusen et sa sœur Patty Grossman, il aborde des sujets tels que les effets mutagènes et génotoxiques des colorants azoïques, l'exposition dermique aux perturbateurs endocriniens et aux retardateurs de flamme et la pollution des milieux aquatiques.
Oecotextiles (Seattle, États-Unis)
https://oecotextiles.blog

Le podcast de Pauline Leroux (*ArtEcoVert*, France), ingénieure et agronome française, est dédié à la teinture végétale depuis 2022. La richesse des entrevues réside dans les différents regards que portent les chercheurs, designers, scientifiques, agriculteurs, botanistes, artisans et industriels sur les enjeux culturels, écologiques et techniques des colorants naturels. Leroux partage de précieux témoignages de praticiens qui relatent leurs expériences de terrain auxquelles les auditeurs peuvent s'identifier pour accéder à une compréhension approfondie des enjeux, des limites et du potentiel des teintures végétales.

ArtEcoVert (Rumegies, Hauts-de-France, France) : podcast sur la couleur végétale.
https://artecovert.fr/
Propose une variété d'entrevues d'experts autour des teintures naturelles.

- Les formations en ligne :

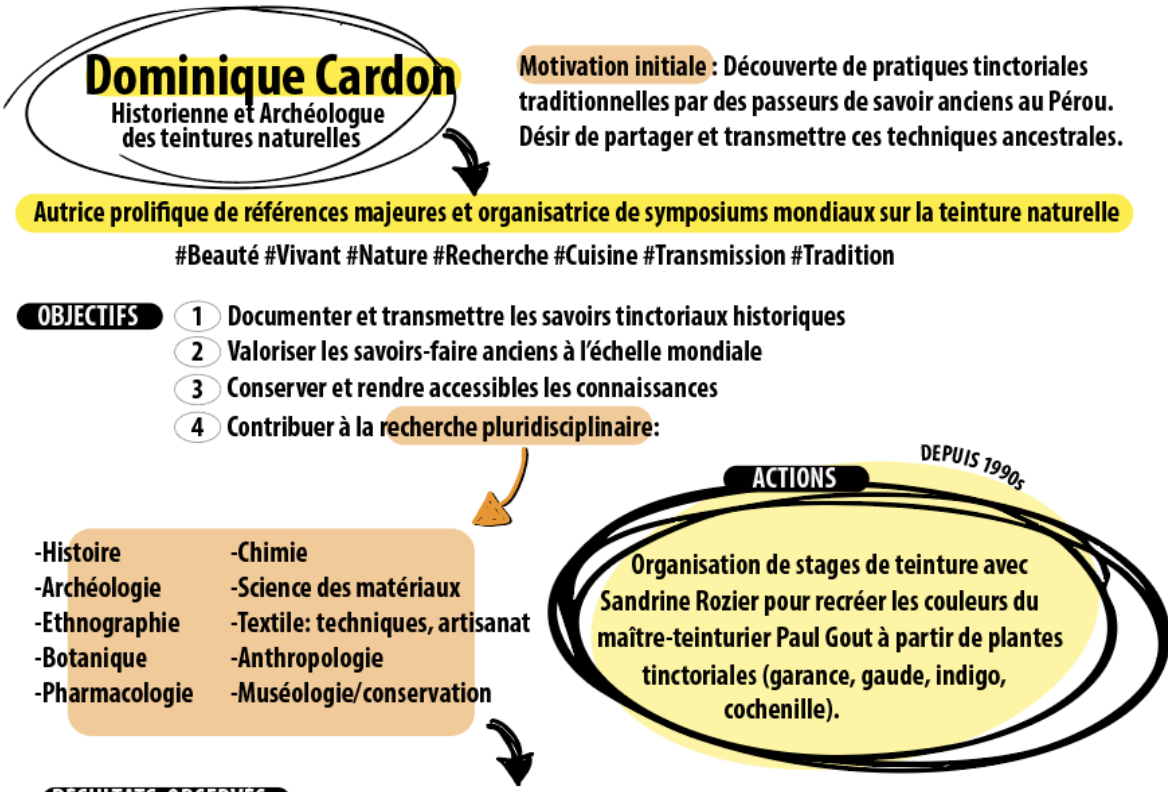
Le centre d'apprentissage (*Learning Centre*) de Fibershed (Rebecca Burgess)
https://fibershed.org/programs/education-advocacy/learningcenter/

La professionnalisation de maître-teinturier offerte par Jennifer co-fondatrice de la teinturerie AppleOak FibreWorks (Irlande) et de l'école The Natural Dyers & Growers Academy (2024)
https://the-natural-dyers-academy.mn.co/landing?from=https%3A%2F%2Fthe-natural-dyers-academy.mn.co%2Fcollections%2F1093312%3Futm_source%3Dmanual

Les stages de Michel Garcia (vidéos ou stages sur place)
https://michelgarcia.fr/fr/page/formation-et-stages

ANNEXE D

Cartes-synthèses des entrevues



RESULTATS OBSERVES :

-Ses recherches ont permis l'identification de colorants anciens, aujourd'hui réinvestis dans des pratiques de teinture écoresponsables.
-Ses interventions dans les écoles favorisent une pédagogie active de la couleur qui combine expérimentation directe et intégration des dimensions théoriques, créatives et environnementales.
-Les techniques du passé favorisent une sobriété matérielle intégrée aux pratiques : réutilisation des bains, récupération des mordants, valorisation des résidus végétaux.
-Il serait intéressant de développer la notion de colorant du terroir : À la manière du café, valoriser les indigos selon leurs régions.

REFLEXIONS EMERGENTES

-La mise au point d'unités d'extraction de colorants in situ et mobiles pour les déchets végétaux (champs, forêts)
-Plus de recherches sont nécessaires sur l'optimisation de l'extraction des colorants pour améliorer la vibration et la luminosité des couleurs.
-Besoin de davantage de publications scientifiques pour appuyer et démocratiser les bénéfices des teintures végétales.
-Les colorants naturels méritent un engagement équivalent (humain, financier et scientifique) à celui mobilisé pour les alternatives synthétiques ou biotechnologiques.
-Mobiliser l'ingénierie pour concevoir des outils adaptés à l'essor des teintures naturelles à échelle industrielle.

Michel Garcia

Artisan pédagogue sur l'histoire des techniques tinctoriales anciennes.

Motivation initiale :

La plante est le grand chimiste et pédagogue de l'univers

Autodidacte, Garcia est allé à « l'école de la plante ».

BIOMIMÉTISME = COMPRENDRE LE VIVANT

Les plantes fixent les colorants à partir des métaux, ce qui mène à comprendre les mordants.

Inviter les étudiants à faire des passerelles entre la biologie et la biochimie pour comprendre les réactions chimiques.

OBJECTIFS

1. Transmettre un savoir-faire accessible et reproductible
2. Promouvoir une éthique tinctoriale écologique
3. Valoriser le patrimoine culturel vivant
4. Rétablir des liens entre pratiques artisanales et savoirs scientifiq

point d'ancrage
X : 27,48 in
Y : -3,33 in

Passeur de savoirs, contribuant à la renaissance contemporaine des teintures végétales

MOTS-CLÉS : #Curiosité #Histoire #Chimie #Local #Sobriété

ACTIONS

Mondialement reconnu grâce à ses vidéos pédagogiques et ses recherches sur les procédés écologiques d'extraction de teinture, sa démarche allie savoir ancestral, rigueur scientifique et accessibilité.

MÉDIATEUR DE SAVOIRS ENTRE:

PÉDAGOGIE et Comment enseigner?	DIDACTIQUE Que transmettre?
-Ateliers pratiques -Démonstrations -Capsules vidéos -Métaphores donnant du sens aux procédés -Raconter les plantes à travers l'artisanat -Création d'un jardin comme lieu pédagogique	-Histoire des colorants -Procédés -Techniques -Enjeux: • environnementaux • sociaux • politiques

RÉSULTATS OBSERVÉS :

-Clarification technique.
-Posture pédagogique inspirante.
-Enrichissement éthique.
-Validation scientifique.

Aspect philosophique et poétique de la démarche pédagogique

« La couleur végétale invite à pénétrer dans un monde très ancien qui donne place au devenir du monde plaçant l'humain comme contributeur de la nature plutôt que comme prédateur ».

RÉFLEXIONS ÉMERGENTES

- « Le modèle industriel n'est pas compatible avec le vivant car c'est la démesure qui cause la pollution ».
-Le système entier doit être réfllléchi sur les fondements du développement durable, écologique, social et économique : prioriser de plus petites manufactures où l'on se réconcilie avec la matière pour mieux comprendre sa source, sa transformation et son impact.

Pauline Leroux

Agronome & Médiatrice des savoirs tinctoriaux

Motivation initiale : L'opacité de l'industrie textile, une passion pour les plantes et les podcasts, un stage avec Michel Garcia et le désir de promouvoir les colorants naturels.

Fondatrice du podcast ArtEcoVert pour une mise en réseau des acteurs de la teinture végétale

#ApprocheFédératrice #VisionSystémique #DémarcheEngagée #ÉducationOuverte #PostureCatalysante

OBJECTIFS

1. Identifier les acteurs de la couleur végétale
2. Explorer les domaines d'application
3. Favoriser un maillage d'initiatives
4. Déconstruire les préjugés

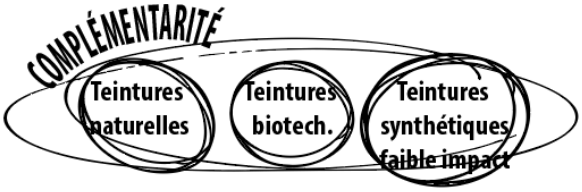
ACTIONS DEPUIS 2023

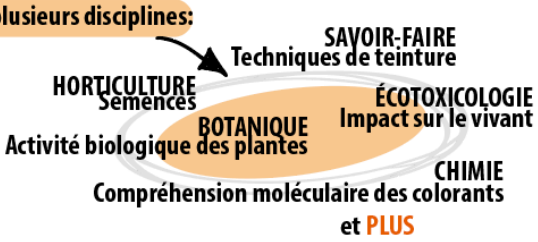
Création d'un média commun décliné en podcast, magazine, platforme d'outils (annuaire, discussions, ressources, calendrier d'événements et veille thématique autour de la couleur).

-Coût élevé	-Temps
-Instabilité à la lumière	-Complexité
-Fragilité au lavage	-Occupation des sols
-Palette limitée	-Esthétique négligée
-Incompatibilité industrielle	-Techniques énergivores

RESULTATS OBSERVES :

-L'isolement nuit à l'avancée des teintures végétales.
-La création d'une filière tinctoriale par le biais du podcast favorise les ponts entre les acteurs.
-La multitude des acteurs, publications et initiatives témoigne d'une force vive autour des colorants végétaux.
-La couleur écoresponsable se construit au croisement de plusieurs disciplines:





REFLEXIONS EMERGENTES

-Les teintures végétales ne visent pas à remplacer les synthétiques, mais à les complèter pour réduire la toxicité globale grâce à une diversité de sources soutenue par la chimie verte.
-Plus de recherches sont nécessaires sur les colorants naturels et les pratiques prospectives pour améliorer leurs performances.
-Besoin de davantage de publications scientifiques pour appuyer et démocratiser les bénéfices des teintures végétales.
-La démonstration de faisabilité industrielle, comme celle portée par Décathlon (cf. podcast ArtEcoVert, #E68), est perçue comme un levier central par Pauline Leroux pour faire avancer les teintures naturelles.

ANNEXE E

Biographies des experts interrogés

Dre Dominique Cardon : Historienne et archéologue, spécialiste des teintures naturelles. Directrice de recherche émérite au CNRS, elle est l'auteure de plusieurs ouvrages majeurs, dont *Natural Dyes - Sources, Tradition, Technology and Science* (2007) et *Le monde des teintures naturelles* (2014). Ses livres, *Les 157 couleurs de Paul Gout* (2023) et *Les 85 couleurs d'Antoine Janot* (2025) visent à diffuser les savoir-faire des teinturiers du XVIII^{e} siècle et à contribuer au développement d'une filière textile plus écologique. Elle a reçu la Médaille de l'UNESCO *Penser et Construire la Paix* pour sa direction scientifique de congrès mondiaux sur les colorants naturels.

Michel Garcia : Artisan teinturier, botaniste et pédagogue français, il est une figure internationale majeure du renouveau des teintures végétales. Fondateur de *Plantes & Couleurs* (Faouët, Bretagne) et cofondateur de l'*Atelier des couleurs* à Lauris (Vaucluse), il a joué un rôle central dans la création du *Jardin conservatoire des plantes tinctoriales*. Il œuvre depuis les années 1990 à transmettre des savoirs écologiques et accessibles autour de la couleur naturelle, mêlant connaissances scientifiques, savoirs anciens et expérimentation *low-tech*. Il anime des stages, publie des ouvrages de référence et réalise des vidéos pédagogiques largement diffusées. Il se définit comme un médiateur de savoirs, à l'intersection de l'art, de la science et de l'écologie.

Axelle Gisserot : Directrice du laboratoire textile de l'atelier LUMA, centre de recherche multidisciplinaire en design basé à Arles (France). Le *Labo Textile,* fondé en 2018, explore le développement de fibres et de teintures biorégionales à travers ses ressources et savoir-faire locaux. Elle a contribué à deux publications : *L'approche de l'atelier LUMA: Le design comme outil de transition* (Boelen & Sacchetti, 2019) et *Pratiques Biorégionales de Design* (Boelen et al., 2023).

Kathy Hattori : Présidente et fondatrice de Botanical Colors (2010), une entreprise basée à Seattle spécialisée dans la fourniture de teintures naturelles pour artisans, teinturiers et industriels. Experte mondialement reconnue dans les applications commerciales des colorants naturels, elle met à disposition une large palette d'extraits colorants certifiés GOTS provenant du monde entier, tout en épaulant un réseau d'agriculteurs pratiquant l'agriculture régénérative. Sa société offre également un accompagnement pédagogique à divers publics, y compris les professionnels de la mode, renforçant la compréhension et l'utilisation éthique des teintures naturelles.

Rachel MacHenry : Professeure en design textile durable (Toronto Metropolitan University). Designer et éducatrice renommée, cumulant plus de vingt ans d'expérience internationale, elle collabore avec de nombreuses communautés d'artisans en Asie et participe à certaines missions pour l'*UNESCO*. Son projet collaboratif *Botanica Tinctoria* témoigne de son engagement envers

une production artisanale qui soutient les communautés et contribue à la préservation de leurs savoir-faire traditionnels.

Dr Patrick Brenac : Expert en substances naturelles colorantes, il est co-fondateur et dirigeant de Green'Ing (France). Cette société fabrique des extraits colorants à base de plantes tinctoriales et de coproduits agroalimentaires. Il initie de nombreux projets de Recherche & Développement pour des applications industrielles, artisanales ou grand public.

Dre Delphine Talbot : Maître de conférences en design à l'université de Toulouse 2. Membre du laboratoire LLA Creatis et co-responsable des Masters *Création Recherche et Innovation en Couleur* et *Design sensoriel*. Sa recherche-création porte sur les pratiques et théories de la couleur et sa matérialité, impliquant sa polysensorialité relative au *care design* en lien avec les plantes tinctoriales et médicinales. Membre du réseau *Color The Life* et de la *Japanese Society of Promotion of Science* à Strasbourg, elle crée des performances de design culinaire et interculturel.

Dahlia Milon : Artisane-paysanne et formatrice en teinture végétale, elle cultive depuis 2016 un jardin de plantes tinctoriales à Kamouraska. (Québec, Canada). Ce laboratoire à ciel ouvert contribue au développement de la transition écologique par des pratiques textiles locales. Son engagement pour le partage des connaissances et la démocratisation des techniques de teinture végétale vise à préserver les savoirs traditionnels et à fournir au grand public, aux artistes et aux designers une matière première tinctoriale de qualité.

Nadia Bunyan : Designer de mode depuis plus de 25 ans. Elle a co-fondé l'organisme à but non lucratif (OBNL) (Activate, Reciprocate and Cultivate) en 2021. Ce projet communautaire explore la culture matérielle textile « de la ferme à l'armoire » par le biais d'ateliers et de jardins pédagogiques de plantes à fibres (lin, coton) et tinctoriales, en contexte urbain (Montréal).

Rebecca Burgess : Fondatrice du concept Fibershed (Californie, États-Unis) et auteure de plusieurs ouvrages dont *Harvesting Color* (2011) et *Fibershed : Growing movement of farmers, fashion activists, and makers for a new textile economy* (2019). Son modèle d'économie textile régionale, initié il y a plus d'une décennie, inspire aujourd'hui encore des acteurs dans plus de 70 régions à travers le monde, qui l'adaptent selon leurs climats et spécificités géographiques. Burgess promeut le développement de l'agriculture régénérative, la relocalisation de la fabrication et l'éducation du public sur les avantages des systèmes de fibres et de teintures « du sol au sol ».

Anne de la Sayette : Agronome et directrice du CRITT Horticole, le centre régional d'innovation et de transfert de technologies, basé à Rochefort (Charente Maritime, France) qui cultive des plantes tinctoriales et développe des extraits végétaux colorants ainsi que des pigments pour divers secteurs industriels dont le textile. Anne de la Sayette dirige aussi la société *Couleurs de Plantes*

(2005) qui fabrique et vend des extraits végétaux et des mordants destinés au marché du textile, certifiés G.O.T.S. (Global Organic Textile Standard).

Dr Bosco Henriques : Biologiste moléculaire et microbiologiste, il a fondé la teinturerie BioDye India Pvt Ltd (2008). Ses colorants non toxiques et biodégradables sont issus de plantes locales. Sa recherche sur les teintures naturelles se concentre sur l'amélioration de la résistance à la lumière, au lavage et à la sueur. Il utilise des intrants non toxiques. Il est l'auteur de plusieurs publications scientifiques et participe à des conférences pour promouvoir la teinture naturelle et durable.

Jennifer et Tristan Lienhard : co-fondateurs de la teinturerie écoresponsable AppleOak FibreWorks (Irlande). Jennifer a plus de 20 ans d'expérience en teinture artisanale et Tristan apporte son savoir-faire en horticulture biologique et conservation des semences. Ensemble, ils développent des pratiques circulaires et durables, intégrant culture locale de plantes tinctoriales et conservation des semences, pour redéfinir les standards écologiques dans l'industrie textile. Leur teinturerie assure la collecte d'eau de pluie et possède un système de filtration naturelle et un vermicompostage qui transforme les résidus en nutriments. Ils sont épandus sur leurs cultures de plantes tinctoriales biologiques.

Pauline Leroux est ingénieure agronome de l'Institut supérieur d'agronomie (ISA) à Lille et animatrice du podcast ArtEcoVert *:* un média interdisciplinaire dédié à la couleur végétale. À travers des contenus associant botanique, chimie, design, pédagogie, artisanat, industrie, écologie et sciences, elle œuvre à revaloriser les plantes tinctoriales comme alternative saine, locale et vivante aux colorants synthétiques. Elle incarne une posture de médiatrice regroupant acteurs, chercheurs et designers, en faveur d'une filière tinctoriale durable et inclusive.

BIBLIOGRAPHIE

ADEME. (2024). *Vêtements, chaussures et textiles : impacts environnementaux et labels.* https://librairie.ademe.fr/consommer-autrement/4004-vetements-chaussures-et-textiles-impacts-environnementaux-et-labels.html

Alabdraba, W. M. S., & Albayati, M. B. A. (2014). *Biodegradation of azo dyes: a review.* International Journal of Environmental Engineering and Natural Resources, *1*(4), 11.

Alzain, H., Kalimugogo, V., & Hussein, K. (2023). *A Review of Environmental Impact of Azo Dyes*. International Journal of Research and Review, 10(6), 64-689. https://doi.org/10.52403/ijrr.20230682

Angelo, M. (réalisateur). (2016). *Riverblue* [Film].

Antonelli, P., Sargent, T., Aldersey-Williams, H., & Hall, P. (2008). *Design and the Elastic Mind*. The Museum of Modern Art, New York.

Ayadi, I., Souissi, Y., Jlassi, I., Peixoto, F., & Mnif, W. (2016). *Chemical synonyms, molecular structure and toxicological risk assessment of synthetic textile dyes: a critical review*.

Bazin, I., Ibn Hadj Hassine, A., Haj Hamouda, Y., Mnif, W., Bartegi, A., Lopez-Ferber, M., De Waard, M., & Gonzalez, C. (2012). Estrogenic and anti-estrogenic activity of 23 commercial textile dyes. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, *85*, 131-136. https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2012.08.003

Benyus, J. M. (2011). *Biomimétisme : quand la nature inspire des innovations durables*. Rue de l'échiquier (Ouvrage original publié en 1997).

Bertalanffy, K. L. von. (2012). *Théorie générale des systèmes*. Dunod (Travail original publié en 1968).

Bianchini, S. (2019). *Portrait : Samuel Bianchini sur la recherche-création* [Audio podcast épisode]. https://www.choq.ca/balados/rec/ep0-portrait-samuel-bianchini

Bianchini, S., & Quinz, E. (2019). *Dissect* : *Entre table ronde et spectacle vivant* [Performance-discussion]. Présenté au Centre Georges Pompidou, Paris, France.

Biomimicry Institute. (2021). *The nature of fashion: moving towards a regenerative system*.

Boehnert, J. (2013). *Ecological literacy in design education: a foundation for sustainable design*.

Boehnert, J. (2018). *Design, ecology, politics: towards the ecocene*. Bloomsbury Academic.

Boelen, J., Dos Reis Martins, M., & Dumoncel d'Argence, C. (2023). *Pratiques biorégionales de design*. Atelier LUMA.

Boelen, J., & Sacchetti, V. (2019). *Le design comme outil de transition*. Atelier LUMA.

Boutrup, J., & Ellis, C. (2019). *The art and science of natural dyes: principles, experiments, and results*. Schiffer Craft.

Boutrup, J., & Ellis, C. (2023). *The Studio Formulas Set for the Art and Science of Natural Dyes: 84 Recipes and Color Swatches.* Schiffer Craft.

Bovon, G., & Perrin, E. (réalisateurs). (2021). *Fast fashion : les dessous de la mode à bas prix* [Film]. ARTE.

Braun, V., & Clarke, V. (2006). *Using thematic analysis in psychology. Qualitative Research in Psychology*, *3*(2), 77-101. https://doi.org/10.1191/1478088706qp063oa

Brundtland, G. H. (1987). *Notre avenir à tous : Rapport de la Commission mondiale sur l'environnement et le développement*. Commission mondiale sur l'environnement et le développement.

Buchanan, R. (2007). Strategies of Design Research æ: Productive Science and Rhetorical Inquiry. In R. Michel (Éd.), *Design Research Now* (p. 55-66). De Gruyter. https://doi.org/10.1007/978-3-7643-8472-2_4

Burgess, R. (2011). *Harvesting color: how to find plants and make natural dyes*. Artisan.

Burgess, R., & White, C. (2019). *Fibershed*. Chelsea Green Publishing.

Brüschweiler, B. J., & Merlot, C. (2017). *Azo dyes in clothing textiles can be cleaved into a series of mutagenic aromatic amines which are not regulated yet.* Regulatory Toxicology and Pharmacology, 88, 214-226. https://doi.org/10.1016/j.yrtph.2017.06.012

Capra, F. (1996). *The web of life: a new scientific understanding of living systems*. Anchor Books.

Cardon, D. (2007). *Natural dyes: sources, traditions, technology & science*. Archetype Books.

Cardon, D. (2014). *Le monde des teintures naturelles*. Belin.

Cardon, D. (2020). *Des couleurs pour les lumières. Antoine Janot, teinturier occitan 1700-1778*. CNRS Éditions. https://www.leslibraires.ca/en/books/des-couleurs-pour-les-lumieres-antoine-dominique-cardon-9782271125903.html

Cardon, D., & Brémaud, I. (2023). *Les 157 couleurs de Paul Gout*. Vieilles Racines et Jeunes Pousses.

Cardon, D., & Brémaud, I. (2025). *Les 85 couleurs d'Antoine Janot*. Les Mots qui portent.

Carneiro, P. A., Umbuzeiro, G. A., Oliveira, D. P., & Zanoni, M. V. B. (2010). *Assessment of water contamination caused by a mutagenic textile effluent/dyehouse effluent bearing disperse dyes.* Journal of Hazardous Materials, 174(1), 694-699. https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2009.09.106

Carson, R. (2002). *Silent spring* (40th anniversary ed.). Houghton Mifflin (Travail original publié en 1962).

Carvalho da Cruz Brambilla, C. M., Hilario Garcia, A. L., Rabaioli da Silva, F., Taffarel, S. R., Grivicich, I., Picada, J. N., Scotti, A., Dalberto, D., Mišík, M., Knasmüller, S., & da Silva, J. (2019). *Amido Black 10B a widely used azo dye causes DNA damage in pro- and eukaryotic indicator cells.* Chemosphere, 217, 430-436. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.11.026

CCE. (2017). *Mieux comprendre la migration des substances chimiques contenues dans les produits de consommation*. Commission de coopération environnementale. http://www3.cec.org/islandora/fr/item/11777-furthering-understanding-migration-chemicals-from-consumer-products-fr.pdf

ChemicalBook. (2025). *Fiche de données de sécurité (FDS) : Disperse Red 60* (Révision du 26 avril 2025). https://www.chemicalbook.com/msds/disperse-red-60_2.pdf

Chung, K. T., & Cerniglia, C. E. (2000). *Mutagenicity and carcinogenicity of aromatic amines metabolically produced from azo dyes*. *Journal of Environmental Science & Health, Part C: Environmental Carcinogenesis & Ecotoxicology Reviews, 18*(1), 51–74. https://doi.org/10.1080/10590500009373515

Cline, E. L. (2012). *Overdressed: the shockingly high cost of cheap fashion*. Portfolio/Penguin.

Cross, N. (2011). *Design thinking: understanding how designers think and work*. Bloomsbury Academic.

Crowder, & Vinroot, S. (1993). *Teindre aujourd'hui avec des colorants synthétiques*. Editions Saint-Martin.

David, A. M. (2015). *Fashion victims: the dangers of dress past and present*. Bloomsbury Visual Arts.

De Castro, O. (2013). *Manifesto for a fashion revolution*. https://www.fashionrevolution.org/manifesto/

De Castro, O. (2021). *Choisir une mode durable*. Marabout.

De la Sayette, A. (2023). *Large-scale production of dye plants and plant extracts for industrial applications of natural dyes.* International Society for Horticultural Science, 1361_15, 131-140. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2023.1361.15

Dean, J., & Casselman, K. D. (2010). *Wild color, revised and updated edition: the complete guide to making and using natural dyes*. Watson-Guptill Publications.

Delannoy, E. (2021). *Permaéconomie*. Wildproject. (Travail original publié en 2016).

Delannoy, E. (2022). *Biomiméthique : répondre à la crise du vivant par le biomimétisme*. Rue de l'échiquier.

Delattre, É. (2024). *Plaidoyer pour une mode éthique.* Fondation canadienne pour l'innovation. https://www.innovation.ca/fr/projets-resultats/exemples-succes-recherche/plaidoyer-mode-ethique

Dion, C. (2018). *Petit manuel de résistance contemporaine*. Actes Sud.

Dunne, A., & Raby, F. (2013). *Speculative everything: design, fiction, and social dreaming*. The MIT Press.

Earley, R. (2017). *Circular design futures.* The Design Journal. http://www.tandfonline.com/loi/rfdj20

Ellen MacArthur Foundation. (2017). *A new textile economy: redesigning fashion's future*. https://ellenmacarthurfoundation.org/a-new-textiles-economy

Ellen MacArthur Foundation. (2021). *Design and the circular economy*. https://www.ellenmacarthurfoundation.org/topics/circular-design/overview

Ellen MacArthur Foundation. (2022). *Circular design for fashion*. Thames & Hudson.

Fashion Network. (2024). *Inditex (Zara) a dégagé un bénéfice record de 5,38 milliards d'euros en 2023*. https://fr.fashionnetwork.com/news/Inditex-a-degage-un-benefice-record-de-5-38-milliards-d-euros-en-2023,1614250.html

FashionNetwork. (2025). *Qualité et longévité des produits : la réponse stratégique du « Made in France »*. FashionNetwork.Com. https://fr.fashionnetwork.com/news/Qualite-et-longevite-des-produits-la-reponse-strategique-du-made-in-france-,1780025.html

Faust, M.-È., & Le Quellec, L. (2025). *Tisser l'avenir : vers une mode québécoise responsable*. Presses de Université du Québec.

Fibershed. (2023). *Threading resilience zine.* Vol. 2 : Growing regional fiber systems worldwide. Fibershed. https://fibershed.org/threading_resilience_vol2

Findeli, A. (2005). *La recherche projet* [Conference presentation]. Symposium de recherche sur le design, Bâle, Switzerland.

Fletcher, K. (2014). *Sustainable fashion and textiles: design journeys* (2nd ed.). Routledge. (Travail original publié en 2007).

Fletcher, K. (2019). *Wild Dress: Clothing & the natural world*. Uniformbooks.

Fletcher, K., & Tham, M. (Eds.). (2016). *Routledge handbook of sustainability and fashion*. Routledge.

Fletcher, K., St. Pierre, L., & Tham, M. (2019). *Design and nature : A partnership* - (Routledge).

Fortin, M.-F., & Gagnon, J. (2016). *Fondements et étapes du processus de recherche : Méthodes quantitatives et qualitatives.* (3e éd.). Chenelière éducation. (Travail original publié en 1999).

Franklin, K., & Till, C. (2018). *Radical matter: rethinking materials for a sustainable future*. Thames & Hudson Inc.

Frayling, C. (1993). *Research in art and design*. Royal College of Art.

Frosch, R., & Gallopoulos, N. (1989). *Strategies for manufacturing*. Scientific American, 261(3), 144-153.

Garcia, M. (2002). *Couleurs végétales : teintures, pigments et encres*. Edisud.

Garcia, M. (2007). *De la garance au pastel : le jardin des teinturiers*. Edisud.

Goleman, D. (2009). *Ecological intelligence: how knowing the hidden impacts of what we buy can change everything*. Broadway Books.

Goodman, S., Garcia, M., & Ingram, W. (2013). *The plant mordant project*. Bebali Foundation. www.plantmordant.org

Gosselin, P., & Le Coguiec, É. (2006). *Recherche création : pour une compréhension de la recherche en pratique artistique*. Presses de l'Université du Québec.

Gouvernement du Canada. (2023). *Groupe des substances azoïques aromatiques et à base de benzidine*. https://www.canada.ca/fr/sante-canada/services/substances-chimiques/initiative-groupes-substances/azoiques-aromatiques-base-benzidine.html

Greenpeace International. (2011). *Dirty laundry*. Greenpeace International. https://www.greenpeace.org/international/publication/7375/dirty-laundry

Greenpeace International. (2012). *Toxic threads: the big fashion stitch up*. Greenpeace International. https://issuu.com/greenpeaceinternational/docs/toxic-threads-1

Greenpeace International (réalisateur). (2013). *Detox: how people power is cleaning up fashion* [Film]. https://www.youtube.com/watch?v=uZucclsuKaU

Greenpeace International. (2017). *Fashion at the Crossroads*. Greenpeace. https://wayback.archive-it.org/9650/20200417211606/http://p3-raw.greenpeace.org/international/Global/international/publications/detox/2017/Fashion-at-the-Crossroads.pdf

Guillette, L. J., & Crain, D. A. (2000). *Environmental endocrine disrupters: an evolutionary perspective*. Taylor & Francis.

Guinard, M. (2021). *Art, sciences, et politique : à Taipei, le philosophe Bruno Latour se fait diplomate planétaire*. Centre Pompidou. https://www.centrepompidou.fr/fr/magazine/article/art-sciences-et-politique-a-taipei-le-philosophe-bruno-latour-se-fait-diplomate-planetaire

Heinemann, T. (réalisateur). (2006). *A killer bargain* [Film]. California Newsreel.

Hexagram. (2019). *EP0—Discussion : qu'est-ce que la recherche-création ?* [Audio podcast épisode]. https://www.choq.ca/balados/rec/ep0-discussion-dubois-jarry-paquin

Huriez, T. (2019). *Re-made en France : 1 million d'emplois près de chez nous en produisant et consommant local*. Dunod.

Huriez, T., Boël, E., Prat, A., & Bouillon, J.-M. (2024). *La permaindustrie : Comment le développement d'écosystèmes inspirés de la nature est en train de changer le monde.* Eyrolles.

Jones, P., & Ael, K. V. (2022). *Design journeys through complex systems: practice tools for systemic design*. BIS.

Jouzel, J.-N., & Lascoumes, P. (2011). *Le règlement REACH, une politique européenne de l'incertain*. Harmattan « Politique européenne », 33. https://www.cairn.info/revue-politique-europeenne-2011-1-page-185.htm

Jarry, A. (2020). *Dust agitator : l'agir distribué entre une pratique itérative de l'installation et la poussière résiduelle de verre recyclé* (thèse de doctorat, université du Québec à Montréal). UQAM.

Kant, R. (2012). *Textile dyeing industry an environmental hazard*. Natural Science, 4(1). https://doi.org/10.4236/ns.2012.41004

Kwon, C. (2020). *Maiwa guide to natural dyes*. Maiwa Handprints Ltd. https://naturaldyes.ca/guide

Kwon, C., & McLaughlin, T. (Directors). (2007). *In search of lost colour: the story of natural dyes* [Film]. https://maiwa.teachable.com/courses/1829936/lectures/41573582

Lalonger, L. (2002). *De l'indigo à la mauvéine. Pratiques de teinture domestique au Québec aux XIX^{e} et XX^{e} siècles*. GID. https://leseditionsgid.com/de-l-indigo-a-la-mauveine-pratiques-de-teinture-domestique-au-quebec-aux-xixe-et-xxe-siecles.html

Latour, B., & Weibel, P. (Eds.). (2005). *Making things public: atmospheres of democracy*. MIT Press.

Léchot Hirt, L. (2015). *Recherche-création en design.* Sciences du Design, 1(1), 37-44. https://doi.org/10.3917/sdd.001.0037

Léchot Hirt, L. (2010). *Recherche-création en design*. MetisPresses.

Lee, S. (2011). *Clothes grown from bacteria.* [Vidéo]. TED. https://www.ted.com/talks/suzanne_lee_grow_your_own_clothes

Lee, S., Congdon, A., Parker, G., & Borst, C. (2020). *Biofabricate and Fashion for Good: Understanding "Bio" Material Innovation: A Primer for the Fashion Industry*. Biofabricate. https://www.biofabricate.co/resources

Leopold, A. (1949). *A Sand County Almanac and Sketches from Here and There.* (Oxford University Press).

Lyle, J. T. (1996). *Regenerative Design for Sustainable Development by John Tillman Lyle*. Wiley.

Mahy, I. (2008). *Il était une fois... ou la force du récit dans la conduite du changement.* Communication & Organisation, 33. https://doi.org/10.4000/communicationorganisation.446

Malinauskiene, L., Bruze, M., Ryberg, K., Zimerson, E., & Isaksson, M. (2013). *Contact allergy from disperse dyes in textiles: a review.* Contact Dermatitis, 68(2), 65-75. https://doi.org/10.1111/cod.12001

Mardirossian, V. (2024). *Les zones grises de la couleur à travers le prisme du design textile*. https://www.concordia.ca/cuevents/offices/provost/fourth-space/programming/2024/03/07/gray-areas-of-color.html

Marquet, M. (2019). *Guide des teintures naturelles : plantes à fleurs*. Belin.

Martin, B., & Hanington, B. M. (2012). *Universal methods of design: 100 ways to research complex problems, develop innovative ideas, and design effective solutions*. Rockport Publishers.

Max-Neef, M. (2005). *Foundations of transdisciplinarity.* Ecological Economics, 53(1), 5-16. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2005.01.014

McDonough, W., & Braungart, M. (2009). *Cradle to cradle: remaking the way we make things*. Vintage. (Travail original publié en 2002).

Meadows, D. H., Meadows, D. L., & Randers, J. (2004). *Limits to growth: the 30-year update*. Chelsea Green Publishing Company. (Travail original publié en 1972).

Miller, M., & Bassler, B. (2001). Quorum sensing in bacteria. *Annu Rev Microbiol.*, 165.

Naess, A. (1973). The shallow and the deep, long-range ecology movement. A summary. *Inquiry*, *16*(1-4), 95-100. https://doi.org/10.1080/00201747308601682

Minney, S. (2022). *Regenerative fashion*. Laurence King Publishing.

Mmode. (2023). *Rapport sur les tendances et enjeux du développement durable au Québec*.

Morgan, A. (réalisateur). (2015). *The true cost* [Film]. Life Is My Movie Entertainment. https://www.youtube.com/watch?v=rwp0Bx0awoE

Morin, E. (2015). *Penser global*. Robert Laffont.

Naess, A. (2017). *Une écosophie pour la vie : introduction à l'écologie profonde*. Le Seuil.

Nicolai, S., Tralau, T., Luch, A., & Pirow, R. (2021). *A scientific review of colorful textiles.* Journal of Consumer Protection and Food Safety, 16(1), 5-17. https://doi.org/10.1007/s00003-020-01301-1

Nicolescu, B. (1994). *La Charte de la transdisciplinarité*. CIRET. https://ciret-transdisciplinarity.org/chart.php

Noël, M., Wong, C., Ross, P., S., & Patankar, S. (2022). *Microplastics distribution in sediment and mussels along the British Columbia Coast, Canada*. Marine Pollution Bulletin, 185.

Nova, N. (2021). *Investigation/design*. Head Publishing.

Orr, D. W. (1990). *Environmental education and ecological literacy.* The Education Digest, 55(9), 48-53.

Overdahl, K. E., Kassotis, C. D., Hoffman, K., Getzinger, G. J., Phillips, A., Hammel, S., Stapleton, H. M., & Ferguson, P. L. (2023). *Characterizing azobenzene disperse dyes and related compounds in house dust and their correlations with other organic contaminant classes.* Environmental Pollution, 337, 122491. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2023.122491

Papanek, V. (2022). *Design pour un monde réel*. Les presses du réel. (Travail original publié en 1971).

Paquin, L.-C. (2017). *Méthodologie de la recherche-création : écriture de mes notes de cours*. Université du Québec à Montréal. https://lcpaquin.com/MethoRC_notes_de_cours.pdf

Patel, H., Yadav, V. K., Yadav, K. K., Choudhary, N., Kalasariya, H., Alam, M. M., Gacem, A., Amanullah, M., Ibrahium, H. A., Park, J.-W., Park, S., & Jeon, B.-H. (2022). *A recent and systemic approach towards microbial biodegradation of dyes from textile industries*. Water, 14(19), Article 19. https://doi.org/10.3390/w14193163

Pigou, A. C. (2013). *The economics of welfare* (Macmillan). (Travail original publié en 1920).

PILI. (2024). *Communiqué de presse : Pili a industrialisé avec succès un dérivé d'aniline biosourcé pour décarboner l'industrie de la chimie*. https://www.pili.bio/wp-content/uploads/2024/10/9dd2b503-55fb-47ac-bbb6-a14ce46fe12a-CPPiliindustrialiseavecsuccsundrivdanilinebiosourc.pdf

Racine, M., & Frankel, L. (2010). *The complex field of research: for design, through design, and about design*.

Raworth, K. (2017). *Doughnut economics: seven ways to think like a 21st-century economist*. Chelsea Green Publishing.

Santé Canada. (2012). *Initiative des groupes de substances du plan de gestion des produits chimiques : substances aromatiques azoïques et à base de benzidine—ébauche du document d'information technique*. https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/evaluation-substances-existantes/initiativegroupessubstancesplangestionproduits-chimiques-substances-aromatiques-azoiquesa-basebenzidine-eb.html

Sarah Cornell, Häyhä, T., & Palm, C. (2021). *Sustainable textiles synthesis report*. Stockholm Resilience Centre. https://doi.org/10.5281/zenodo.4561847.

Sauvé, P.-M. (1977). *La teinture naturelle au Québec*. L'Aurore.

Schön, D. A. (1983). *The reflective practitioner*. Basic Books.

Siegle, L. (2011). *To die for: is fashion wearing out the world ?* Fourth Estate.

St. Pierre, L. (2015). Nature's systems. In K. Fletcher & M. Tham (Eds.), *Routledge handbook of sustainability and fashion* (pp. 33-42). Routledge International Handbooks.

Stahel, W. R. (1989). *The Service Economy: Resource and Energy Productivity*. Praeger.

Storey, J. (1994). *Tissus et colorants*. Editions Saint-Martin.

Swedish Chemical Agency. (2014). *Chemicals in textiles: risks to human health and the environment* (Report No. 361 130). KEMI Swedish Chemicals Agency. https://www.kemi.se/en.

Talbot, D., & Mardirossian, V. (2024). Prendre soin par la couleur : Du design tinctorial au care. *Science du Design*, *Design <> médium(s)*(19), 100-123. https://doi.org/10.3917/sdd.019.0100.

Thackara, J. (2015). *How to thrive in the next economy*. Thames & Hudson.

Thanhauser, S. (2022). *Worn: a people's history of clothing*. Knopf Doubleday Publishing Group.

Voy-Gillis, A. (2025). *Pour une révolution industrielle*. Les Presses de la Cité.

Walker, S. (2014). *Sustainable by Design: Explorations in Theory and Practice.* Earthscan/Routledge.

Wicker, A. (2023). *To dye for: how toxic fashion is making us sick—and how we can fight back*. G.P. Putnam's Sons.

WIP - Web Série Documentaire. (2018). *Skills, Make it Work: Tuffery*. Extrait de documentaire YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=NLiUvaACcTs

Wolff, A. (2018). *Teinture végétale : Carnet de recettes & cahier d'inspirations*. Eyrolles.

Wolff, A. (2025). *Teintures végétales: 52 couleurs à la carte.* Eyrolles.

Zhu, W. (2024). *Shein, l'épouvantail de la mode.* Alternatives Économiques, 447(6), 58-61. https://doi.org/10.3917/ae.447.0058.

Zollinger, H. (1987). *Color chemistry: syntheses, properties and applications of organic dyes and pigments*. VCH. https://onlinelibrary.wiley.com/doi.10.1002/anie.200385122.