

La valorisation du chanvre en France : des trajectoires de production historiques aux nouveaux débouchés cannabinoïdes

Adding value to hemp in France: From historical production trends to new cannabinoid outlets

Aliénor de Rouffignac¹, Jérémie Bastien², Romain Debref³

¹ Laboratoire ISI/Lab.RII, Université du littoral Côte d'Opale, France, alienor.de-rouffignac@univ-littoral.fr

² Laboratoire REGARDS, Université de Reims Champagne-Ardenne, France, jeremie.bastien@univ-reims.fr

³ Laboratoire REGARDS, Université de Reims Champagne-Ardenne, France, romain.debref@univ-reims.fr

RÉSUMÉ. Cet article examine la mutation de la filière historique française de production du chanvre depuis l'autorisation de la valorisation économique de la fleur de chanvre pour ses molécules : le Δ -9-tétrahydrocannabinol (THC) et le cannabidiol (CBD). Nous démontrons que les controverses sociotechniques et l'incertitude en place limitent les perspectives du concept de bioéconomie circulaire prôné par l'Union européenne souhaitant la valorisation de la plante entière. Nous combinons les théories de l'innovation et du *dominant design* pour comprendre la manière dont le mode de production historique fait face à ces pressions. Après un bref retour historique, le *dominant design* de la filière chanvre en France et son organisation de production en cascade inspirée de la filière bois est en premier lieu présenté. Puis, nous montrons ses différences avec la production dédiée à la valorisation des molécules d'intérêt issues de la fleur de chanvre. Deux résultats émergent de cette étude. D'une part, nous démontrons l'existence d'une nouvelle organisation de la production fondée sur une « production en cascade inversée » fonctionnant sur de nouveaux modèles productifs innovants. D'autre part, la mise en œuvre d'une stratégie encourageant la bioéconomie circulaire et la quête du zéro déchet génère une cohabitation du *dominant design* historique avec un autre en émergence.

ABSTRACT. This article examines the evolution of France's historical hemp production industry, since the authorization of the economic use of the hemp flower for its THC and CBD molecules. We demonstrate that sociotechnical controversies and existing uncertainty limit the perspectives of the circular bioeconomy concept proposed by the European Union, which aims to increase the value of the entire plant. We combine the theories of innovation and dominant design to understand how the historical dominant design responds to these pressures. After a brief historical review, we present the historical dominant design of the hemp industry in France and the organization of its waterfall production, which was inspired by the wood industry. Then, we show how this differs from the production dedicated to highlighting these molecules of interest derived from the flower. Two results arise from this study. On the one hand, our findings show the existence of a new production organization based on "reverse waterfall production", operating on new and innovative production models. On the other hand, the implementation of a strategy that encourages the circular bioeconomy and the pursuit of zero waste generates a cohabitation of the historical dominant design with another, emerging design.

MOTS-CLÉS. Chanvre, Cannabis, Cannabinoïdes, *Dominant design*, Evolution de la réglementation, Production en cascade.

KEYWORDS. Hemp, Cannabis, Cannabinoids, Dominant design, Regulatory developments, Waterfall model production.

1. Introduction

La bioéconomie se présente aujourd'hui comme un nouvel espoir pour faire entrer notre société dans une ère post-pétrole [VIV 22]. Cette transition repose sur l'usage de ressources d'origine organique, comme la biomasse, dont les effets remettent en question nos modèles de développement, de croissance et d'innovation [DEB 21 ; DEB 22]. Les politiques publiques européennes invitent les acteurs économiques à trouver de nouvelles voies de valorisation de cette ressource grâce à des trajectoires d'innovation fondée sur l'économie circulaire et la quête du zéro déchet. Cette approche, que l'on nomme bioéconomie circulaire, influence profondément les

stratégies d'innovation des agro-industries à la recherche de nouveaux débouchés [DEB 22 ; D'AM 17 ; EUR 18].

Le chanvre, ou *Cannabis sativa* L., est considéré comme une ressource incontournable sur ce sujet grâce à son fort potentiel bioéconomique [DE R 22]. Il est l'une des plus anciennes plantes domestiquées par l'Homme et cultivées sur de larges surfaces depuis l'Antiquité. Historiquement, la France a toujours joué un rôle moteur dans la culture du chanvre et dans la production de biens conçus à partir de cette plante, en faisant aujourd'hui un leader européen. La culture et la transformation du chanvre en France permettent actuellement de répondre à une multitude de besoins alimentaires et non alimentaires – production de cordage, de textile, de matériaux ou encore de graines [BOU 06 ; CHAN 13]– grâce à la valorisation de la quasi-totalité des parties de la plante (fibre, chènevotte, chènevis et poussière). Pour cela, un modèle productif industrialisé s'est construit dans le temps afin d'exploiter au maximum les potentialités de la plante. Le potentiel du chanvre est d'autant plus fort que sa culture a un impact environnemental limité puisque cette plante ne nécessite que très peu d'intrants (en eau ou chimiques). Enfin, le chanvre possède des qualités agronomiques fortes, et il contribue en cela à l'enrichissement des sols (aération du sol, dépollution, etc.). Sa culture s'insère ainsi parfaitement dans les rotations culturales (i.e. excellent précédent aux céréales en particulier).

Depuis quelques années, l'industrie française du chanvre est toutefois déstabilisée par un élargissement progressif des débouchés de la production de chanvre. En effet, les marchés du bien-être, de la novel food et du médical s'intéressent de manière croissante à deux principales molécules présentes dans la fleur de chanvre, deux cannabinoïdes à savoir le cannabidiol (CBD) et le Δ -9-tétrahydrocannabinol (THC). En effet, l'assouplissement de certaines réglementations françaises sur la production et la consommation de la fleur de chanvre, que nous expliciterons dans cet article, ont incité de nouveaux acteurs à s'insérer dans cette activité. L'apparition de nouveaux débouchés portés par la valorisation de ces molécules fait cependant l'objet de nombreuses controverses, notamment en matière d'acceptabilité sociale puisqu'une opposition émerge entre les bienfaits et les dommages générés par ces molécules sur la santé des individus. Cela explique que, à l'heure où cet article est rédigé, et à la différence de certains pays qui se sont adaptés à cette situation en légalisant la production et la vente de ces molécules sous différentes formes (ex. Canada et États-Unis), la France adopte un statu quo en limitant les débats sur cette question au nom du principe de précaution.

Au regard des vagues de légalisation à l'étranger, de la position des autorités européennes et des dernières décisions politiques en France, des changements réglementaires sont néanmoins à envisager dans les années à venir concernant la valorisation de ces molécules, bien que la temporalité de ces mutations soit difficile à prédire. Ces changements réglementaires en cours et à venir ne sont pas sans conséquence pour la filière française du chanvre industriel puisqu'ils fragilisent la position quasi-monopolistique des producteurs et transformateurs français. Dans ce contexte, nous cherchons à identifier les implications productives de tels changements. Il s'agit de mettre en évidence la distance entre le modèle productif existant et les nouvelles trajectoires de production induites par ces nouveaux débouchés, en caractérisant les types d'innovations sous-jacentes.

Pour ce faire, notre démarche repose sur le croisement de deux corpus analytiques. La théorie du *dominant design* [ABE 78 ; UTT 75] nous permet tout d'abord de définir le principal modèle productif existant à ce jour en France concernant l'activité chanvre.

REMARQUE. Le *dominant design* fait référence à la hiérarchie des usages. Il définit ainsi une voie de conception dominante par rapport aux autres catégories de valorisation d'un produit.

La théorie schumpétérienne des innovations [SCH 35] nous permet ensuite d'identifier les innovations – de produits, de procédés, organisationnels, de débouchés et de matières premières – au

cœur du *dominant design* tout en déterminant celles nécessaires à l'émergence de nouvelles trajectoires productives et qui reconsidèrent progressivement le *dominant design* en vigueur.

Pour en rendre compte, nous allons dans un premier temps décrire le *dominant design* de production de chanvre en France en expliquant que celui-ci s'est historiquement construit autour de la valorisation de la fibre, puis nous rentrerons plus en détails sur les trajectoires et l'organisation en cascade des innovations de produits et de procédés qu'il implique. Dans un deuxième temps, nous expliciterons les évolutions réglementaires françaises concernant la valorisation et la commercialisation de la fleur de chanvre et de ses extraits, afin de montrer en quoi celles-ci ont contribué à faire émerger un nouveau *dominant design* dont nous décrirons également les innovations de produits et de procédés. Enfin, nous développerons dans une discussion les enjeux de la confrontation de ces deux *dominant design*.

2. Une bioéconomie circulaire du chanvre organisée sur un *dominant design* « fibre »

2.1. La formation d'un *dominant design* : retour historique sur la production de *Cannabis sativa L.*

L'histoire de l'humanité est concomitante à celle du chanvre : la production et la transformation de la seconde a permis à la première de s'adapter pour survivre et se développer [HAS 17]. C'est au cours de la Révolution industrielle que l'on observe l'apparition d'un modèle permettant une production de chanvre à grande échelle [FIK 19]. En effet, la hausse de la demande mondiale de fibres a conduit à l'émergence d'innovations de rupture permettant une augmentation des capacités de production et de transformation de chanvre. Ainsi, une industrie du chanvre s'est progressivement formée à partir de l'exploitation de la fibre de cette plante. Certains pays se sont engagés dans cette voie pour en faire un avantage comparatif, dont la France, compte tenu de sa position stratégique coloniale et de ses zones rurales en métropole. Les industriels de la fibre et le monde agricole ont ainsi pu collaborer afin de renforcer leurs compétences, notamment pour faire face à la concurrence internationale. L'activité a franchi une nouvelle étape avant la Seconde Guerre mondiale en s'insérant dans des collaborations entre l'industrie de la chimie et l'agriculture, qui ont fait naître la chemurgie [FIN 03].

REMARQUE. Nous pensons ici au projet de voiture biosourcée d'Henry Ford à base de chanvre et de soja : la « Ford Hemp Body, Car ».

Ces différentes étapes de développement ont conduit à la naissance d'un standard de production « fibre » à partir de l'utilisation de l'espèce *Cannabis sativa L.* Cependant, la taxonomie de la plante (encadré 1), qu'elle soit riche en cannabinoïdes ou non, a fait naître un cadre réglementaire confus afin d'accompagner la production et la transformation de chanvre. En France, la réglementation nationale de référence est l'arrêté du 22 février 1990 et l'article R. 5132-86 du code de la santé publique qui classent « le Cannabis et sa résine » dans la liste des stupéfiants sans en donner une définition précise [BIS 16], plutôt que le cannabinoïde THC et ses dérivés pourtant uniques responsables des effets psychotropes.

La famille des *Cannabaceae* comprend 12 genres de plantes dont le genre « *Cannabis* », le genre *Humulus* avec le houblon, ou encore *Pteroceltis* qui correspond au bois de Santal. Ces douze genres se décomposent en 102 espèces, mais une seule fait référence au genre *Cannabis*, qui est alors décrit par certains taxonomistes de « taxon monospécifique » (Voir Figure 1).

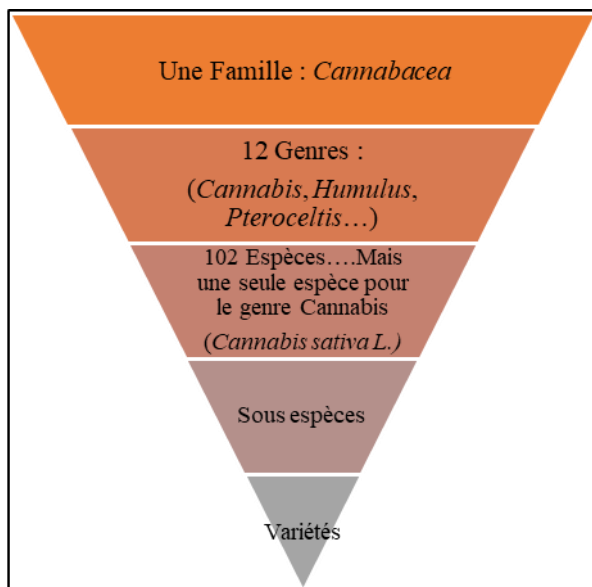


Figure 1. Classification taxonomique de la famille des Cannabaceae (Source : auteurs)

De nombreux débats botaniques entourent encore à l'heure actuelle la classification des espèces, sous espèces et variétés du genre *Cannabis*. Certaines sont basées sur des caractéristiques macroscopiques comme la forme des akènes (graines), d'autres se basent sur le ratio THC/CBD afin de pouvoir scientifiquement séparer le chanvre industriel du chanvre « drogue ». Pour rajouter à la confusion, plusieurs sous-espèces et variétés identifiées par Small et Cronquist (1976) [SMA 76] sont désignées dans le langage commun par des raccourcis faisant référence à leur ratio THC/CBD, ne reflétant pas la classification

taxonomique ou le bagage génétique. De ce fait, la variété *Cannabis sativa subsp. indica var. indica* est communément appelée « *sativa* » tandis que la variété *Cannabis sativa subsp. indica var. afghanica* est quant à elle communément désigné « *indica* » [McP 17].

Encadré 1. Une taxonomie non uniforme et désorganisée

En dépit de ces réglementations classant le genre entier « *Cannabis* » dans la liste des stupéfiants, le *dominant design* « fibre » a su se maintenir dans le temps, et ainsi résister à la concurrence des fibres synthétiques (notamment avec le brevet sur le Nylon en 1937) et des produits issus des ressources fossiles. Pour cela, le chanvre a renforcé son positionnement dans le secteur des fibres en exploitant une niche à haute valeur ajoutée par le biais de la production de papiers spéciaux (papier à cigarette, papier bible ou fiduciaire) [GOR 82]. Néanmoins, la surface de chanvre cultivée et le volume de chanvre transformé ont nettement diminué par rapport à l'apogée de la production au XIXème siècle. Avec plus de 176 000 hectares de production dans les années 1860, la production a chuté après la Seconde Guerre mondiale pour n'atteindre que 700 hectares en France. Parmi eux, 400 hectares étaient cultivés par une petite centaine d'agriculteurs aubois afin d'approvisionner leur seul client de l'époque : la papeterie troyenne de la famille BOLLORÉ qui fabriquait le papier à cigarette OCB. A la fermeture de l'usine, les chanvriers aubois ont constitué la coopérative de la *Chanvrière de l'Aube* afin de continuer la production papetière et de diversifier leurs débouchés. Avec la mise au point de nouvelles lignes de défibrage, le nombre de producteurs et d'hectares ont progressivement augmenté pour atteindre 273 chanvriers et 2580 hectares en 1977. En 1985, la chanvrière a développé le marché des litières pour chevaux avec le dépôt de la marque *Aubyose*, et la surface française de production de chanvre, toujours concentrée autour de la région auboise, a ainsi atteint 4000 hectares en 1990 [INT 23]. Par la suite, dans un contexte d'essor de la « chimie doublement verte », ce *dominant design* s'est renforcé, et la production de chanvre s'est progressivement répandue dans toute la France, devenue leader européen de la production de chanvre, pour atteindre 21 700 hectares en 2022. Par conséquent, sous l'impulsion de la *Chanvrière de l'Aube*, la production et la transformation de chanvre se sont réindustrialisées en France. L'essor des logiques agro-industrielles productivistes visant à répondre aux besoins de la société *via* une production de masse est un facteur explicatif de cette réindustrialisation [VIV 22 ; NIE 14] : cela a permis d'augmenter les capacités de production de chanvre et de trouver de nouvelles trajectoires d'autorenforcement.

2.2. Le dominant design du chanvre industriel : une production organisée en cascade

L'organisation du monde agricole s'est complexifiée grâce à une collaboration renforcée avec le secteur de la chimie verte à l'aube des années 1990 [NIE 2010]. Les nouveaux savoirs scientifiques

à l'oeuvre ont contribué à l'identification de nouveaux débouchés grâce à la valorisation des co-produits de la biomasse. Le *dominant design* historique du chanvre industriel, déjà expérimenté sur ce sujet, s'est engagé dans un modèle de production inspiré de la filière bois/forêt : la production en cascade [KAL 17 ; SUO 17 ; EUR 16 ; SIR 94]. Ce modèle de production hiérarchise les grandes étapes du processus de valorisation en imaginant le cycle de vie de la matière, et ce, en fonction de la valeur que chacune des étapes pourrait fournir. Dans notre cas, le chanvre industriel repose sur la valorisation prioritaire de la tige de chanvre (*i.e.* fibre, lignocellulose) en conservant sa structure complexe jusqu'à trouver de nouvelles fonctionnalités de la matière ayant atteint son niveau de déstructuration la plus élevée qui soit (ex. carbone renouvelable, incinération). Observons dès à présent plus en détails cette production pour appuyer nos propos.

Cette production en cascade débute par l'introduction de semences sélectionnées (inscrites au catalogue européen) pour assurer les meilleurs résultats correspondant aux exigences de qualité des débouchés prioritaires. La fourniture est assurée par une unique organisation, *Hemp it*, leader européen de l'approvisionnement en semences certifiées de chanvre industriel. Cette innovation de matière première conduit ensuite à des semis sur des parcelles avec un fort taux de concentration de pied au mètre carré (200 à 250 plantes levées/m²) dans le but d'augmenter les rendements, mais aussi d'éviter la prolifération d'adventices.

À la récolte, deux innovations de procédés sont mobilisables selon les débouchés souhaités. La première repose sur une récolte en mode « non battu » (mois d'août en général) : la paille est laissée au champ plusieurs mois afin qu'elle subisse un processus naturel de rouissage qui facilite la séparation des fibres de la partie ligneuse de la paille appelée chènevotte. Cette fibre est ensuite transformée *via* un procédé mécanique de cardage pour répondre aux standards des filières textiles, plastiques et de l'emballage.

REMARQUE. Le rouissage est une étape cruciale qui consiste en une macération et une action de micro-organisme destinée à décomposer le liant pectique, ou matière gomme-résineuse, qui relie les fibres de cellulose du reste de la tige (chènevotte).

Le second procédé concerne la production de paille « jaune » en mode « battu », qui est récoltée plus tardivement (vers le mois de septembre). La transformation de cette paille, *via* un procédé mécanique également, permet de valoriser la fibre pour répondre aux standards des filières du bâtiment et de la papeterie. Ici, le chanvre, ayant atteint un seuil de maturité plus avancé que lors du premier procédé, fournit aussi sa graine – le chènevis. Ce dernier est valorisé par le biais d'autres procédés complémentaires, à la fois mécaniques et thermiques à faible température, pour produire des graines sèches (décortiquées ou non), de l'huile et du tourteau pour l'alimentation animale et humaine.

Si ces deux voies sont les priorités hautes de cette production en cascade, la plante n'a pas encore été entièrement valorisée. Deux co-produits subsistent et sont valorisés grâce à des procédés mécaniques et thermiques à faible température (ex. séchage) : la chènevotte et les poussières issues du défibrage, appelées fines. La chènevotte est valorisée pour le marché de l'élevage et du maraîchage en prenant la forme de fourrage, de litière, et de paillage horticole. Les fines sont, quant à elles, valorisées sous forme de combustible *via* l'incinération. Si l'incinération se présente comme l'étape ultime de cette production en cascade, nous observons cependant de multiples efforts de la part du secteur de la chimie et des biotechnologies pour ajouter une étape alternative. Cette étape repose sur la logique des bioraffineries transitionnelles qui cherchent à récupérer des molécules plateformes renouvelables, à partir de la plante entière, pour en faire du bioéthanol, de l'hydrogène et du méthane (figure 2). Dans une logique de bioéconomie circulaire, les produits finaux sont idéalement convertis en énergie après consommation. Cependant, certains de ces produits finaux sont plus à même d'être convertis en énergie que d'autres, qui peuvent également s'insérer dans des boucles circulaires de réparation ou recyclage avant l'étape ultime énergétique. Par exemple, les litières et le paillage, une fois utilisés, sont généralement compostés ou intégrés dans un méthaniseur. La filière de recyclage du papier, des textiles ou des bioplastiques n'est pas aussi

systématique. En effet, la production de *compounds* à base de chanvre n'est pas forcément biodégradable et la filière de recyclage du bioplastique présente des obstacles technico-économiques qui la rendent moins rentable que la production de plastique issue de ressources fossiles.

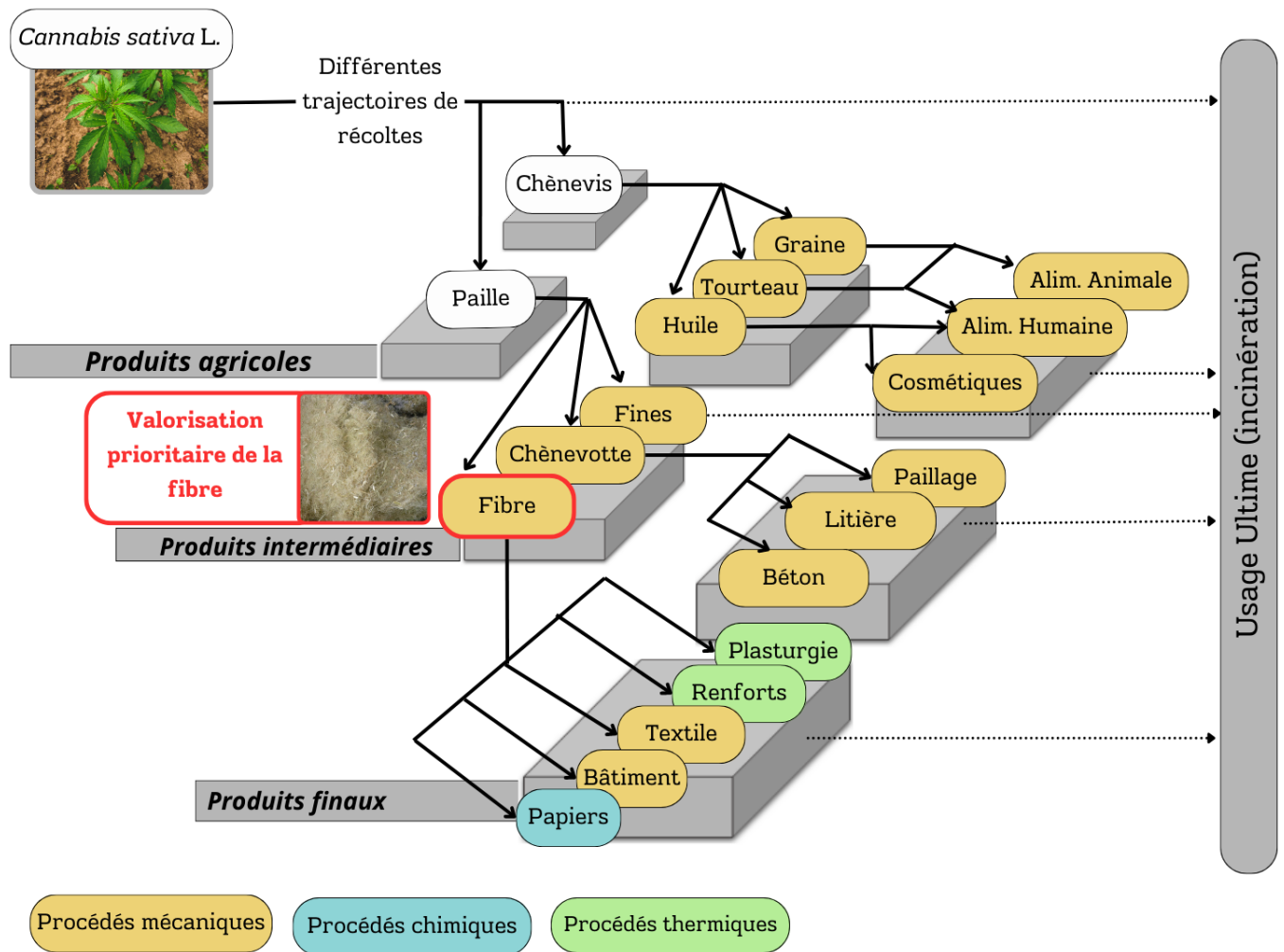


Figure 2. Organisation de la production de chanvre industriel français en cascade (Source : auteurs)

L'organisation présentée ici met en évidence une mise en cohérence d'une diversité d'innovations schumpeteriennes de la part des acteurs concernés afin de renforcer le *dominant design* historique (voir Annexe 1). Cette mise en place a atteint un niveau de maturité qui lui permet aujourd'hui de passer à un stade supérieur en termes de capacité, en assimilant une quantité plus importante de biomasse pour répondre à la demande croissante de produits biosourcés. La création du *Pôle Européen du Chanvre* témoigne de cette évolution depuis février 2023. Ce pôle a été construit autour de la nouvelle usine de la *Chanvrière de l'Aube*, identifiée comme une « bioraffinerie du chanvre », et vise à doubler les capacités de défibrage de la coopérative. Il s'engage également à devenir le territoire de référence en Europe dans le domaine de la bioéconomie du chanvre, en élargissant, rassemblant et fédérant les acteurs de la chaîne de valeur de l'amont à l'aval sur les différents marchés d'application du chanvre [POL 23].

Néanmoins, si elle pouvait le laisser penser, la multiplication des débouchés dans la filière chanvre industrielle permise par le renforcement de ce *dominant design* ne conduit pas naturellement à une valorisation de l'entièreté de la plante. En effet, la valorisation de la fleur de chanvre est quasiment nulle, remettant en cause le mythe de la valorisation de la plante entière et du « zéro déchet ». Trois principaux facteurs l'expliquent. Premièrement, les trajectoires de valorisation de la fleur et de la tige ne peuvent pas toutes être poursuivies en même temps pour deux raisons principales. D'une part, le cycle de vie de la plante empêche la production simultanée de la fleur et

de la graine (coproduit dans le *dominant design* « fibre »), ce qui signifie que des arbitrages sont nécessaires dans le choix des procédés agricoles et d'extraction. D'autre part, dans le cas d'une production privilégiant les procédés de défibrage comme cela est le cas en France – à droite de la figure 1 –, la valorisation de la fleur affecte la qualité de la fibre, ce qui aura pour conséquence de ne plus pouvoir répondre à la demande de fibres. Deuxièmement, la valorisation de la fleur ne fait pas partie du cœur des compétences historiques du *dominant design* à l'œuvre. Troisièmement, l'exploitation de la fleur de chanvre reste limitée à ce jour du fait de réglementations historiquement prohibitives en France et d'évolutions réglementaires encore trop récentes, que nous expliciterons dans la partie suivante.

Ces mises à jour réglementaires (ainsi que celles à venir), et les nouvelles opportunités économiques à l'échelle française et européenne qu'elles créent questionnent le paradigme sociotechnique en place [DOC 90]. La question de l'arbitrage entre la valorisation de la fleur et de la tige se pose, et elle remet en question l'équilibre du *dominant design* historique, notamment avec l'émergence de nouveaux concurrents et l'apparition de nouvelles pratiques innovantes fondées sur la quête de nouveaux débouchés à haute valeur ajoutée [FREE 88 ; MAL 96 ; MAL 97].

3. Des nouvelles trajectoires de production de la fleur de chanvre à un nouveau *dominant design*

3.1. Changements réglementaires et déstabilisation du *dominant design* fibre

Nous avons vu précédemment que la valorisation économique de la fleur de chanvre était exclue de la production en cascade du *dominant design* « Chanvre industriel ». Pourtant, la stabilité institutionnelle dans laquelle il a évolué depuis plusieurs décennies se retrouve mouvementée au regard des évolutions réglementaires européennes et françaises. L'exemple le plus emblématique est celui de l'affaire Kanavape. Celle-ci a fait jurisprudence et a constitué le point de départ de l'évolution réglementaire sur la fleur de chanvre en France. Saisie par la justice française depuis 2015, Kanavape, une entreprise française fondée en 2014 par Xavier Pizarro, qui commercialise des liquides de cigarette électronique au CBD produits en République Tchèque, est condamnée en 2017. Un an plus tard, Xavier Pizarro obtient la saisie de la CJUE afin d'éclaircir le statut du CBD. La CJUE rend son verdict le 19 novembre 2020 et statue le fait que le CBD n'est ni un stupéfiant ni un médicament et que la France ne peut interdire la commercialisation de produits à base de CBD légalement fabriqués par un membre de l'UE [NAE 21].

En dépit de cet décision, la France est restée réticente et floue sur le sujet. Les premières réglementations nationales sont effectivement strictes mais imprécises. L'arrêté du 22 août 1990, fixant les substances classées comme stupéfiants, inscrit dans sa liste « le cannabis et sa résine » sans en donner une définition précise. Le code de la santé publique *via* l'article R. 5181 de 1999, remplacé par l'article R. 5132-86 en 2004, interdit « *la production, y compris la culture, la fabrication, le transport, l'importation, l'exportation, la détention, l'offre, la cession, l'acquisition et l'emploi lorsqu'elles portent sur le cannabis, sa plante et sa résine [...] et des tétrahydrocannabinols* ». Et ceci, sans autre forme de précisions. Cependant, un nouvel arrêté d'application de cet article, en date du 30 décembre 2021, qui abroge l'arrêté de 1990, autorise finalement l'utilisation des fleurs et des feuilles des seules variétés de cannabis présentant une teneur en THC inférieure ou égale à 0,3 % (conformément aux règles de la nouvelle Politique Agricole Commune faisant passer le taux légal de THC de 0,2 à 0,3% pour enrichir le catalogue des semences européennes). Toutefois, dans le même temps, cet arrêté interdit la vente de fleurs et de feuilles brutes. Saisi en urgence par l'Union des professionnels du CBD (UPCBD), représentant notamment les CBD Shops pour lesquels ces produits bruts représentent plus de 80% du chiffre d'affaires, le Conseil d'État suspend cet arrêté le 24 janvier 2022. Puis le 29 décembre 2022, ce passage interdisant la commercialisation de fleurs brutes est annulé, préservant ainsi l'autorisation

de valorisation des fleurs de chanvre, bien que la pratique du bouturage pour la production de chanvre à haute teneur en CBD reste interdite.

Concernant le cannabis thérapeutique, la prescription de médicaments à base de phytocannabinoïdes ou cannabinoïdes naturels était interdite jusqu'en 2020. C'est par le décret du 7 octobre 2020 que l'Agence nationale de sécurité du médicament et des produits de santé (ANSM) a été autorisée à mettre en place une expérimentation de l'usage médical du cannabis pour comprendre les conditions de prescription de médicaments synthétiques et de produits cannabiques exportés. Ce n'est toutefois qu'à partir du 17 février 2022, avec le décret n° 2022-194 relatif au cannabis à usage médical modifiant les dispositions de l'article R. 5132-86 du code de la santé publique, que la production de cannabis médical est autorisée en France, sous certaines conditions strictes relatives à l'octroi de licences, à la sécurité, aux normes de production et à la qualité du produit.

	Date	Objectif
Arrêté fixant la liste des substances classées comme stupéfiants	22 août 1990	« Cannabis et sa résine » classés dans la liste des stupéfiants sans en donner une définition précise
Article R5181 du code santé publique	31 mars 1999	Sont interdits la production, la mise sur le marché, l'emploi et l'usage du « cannabis et sa résine » ainsi que celui du THC naturel
Remplacement de l'article R5181 par l'article R. 5132-86 du code de la santé publique	8 août 2004	Idem que l'Article R5181 du code de la santé publique
Décret relatif à l'expérimentation de l'usage médical du cannabis	7 octobre 2020	Expérimentation de l'usage médical du cannabis sous la forme de médicaments
Décision de la Cour de justice de l'Union européenne (CJUE) sur l'affaire C-663/18, dite Kanavape	19 novembre 2020	Statue le fait que le CBD n'est ni un stupéfiant ni un médicament et que la France ne peut interdire la commercialisation de produits à base de CBD légalement fabriqués par un membre de l'UE
Arrêté d'application de l'article R. 5132-86 du code de la santé publique	30 décembre 2021	Abroge l'arrêté de 1990 et Autorise l'utilisation des fleurs et des feuilles à teneur en THC inférieure ou égale à 0,3 % mais interdit la vente de fleurs et de feuilles brutes.
Suspension de l'arrêté du 30 décembre 2021	24 janvier 2022	Suspension de l'arrêté du 30 décembre 2021
Décision du conseil d'état sur la suspension de l'arrêté du 30 décembre 2021	29 décembre 2022	Autorisation de la production et la commercialisation de fleurs brutes
Décret modifiant l'article R. 5132-86 du code de la santé publique	17 février 2022	Autorisation de la production de fleurs à usage médical sous certaines conditions

Tableau 1. Les différentes réglementations françaises concernant la valorisation du *Cannabis sativa* L.

Finalement, ces évolutions institutionnelles ouvrent la porte à la création de nouveaux débouchés qui ont eu des conséquences sur le modèle de production en cascade traditionnel. Cette ouverture réglementaire laisse imaginer la possibilité de pouvoir valoriser l'intégralité du cycle de vie du chanvre dans une perspective de stratégie zéro déchet. Pourtant, ces deux cibles – *la fleur et la tige* – correspondent à deux modes de production à la fois opposés et complémentaires pour les deux raisons que nous avons évoquées plus haut : le cycle de la plante, qui nécessite un arbitrage dans le choix de culture et de procédés ; et la valorisation de la fleur, qui appelle à des compétences

agricoles différentes de celles du *dominant design* fibre et qui, de fait, affecte la qualité de la fibre. Dès lors, la possibilité législative de valoriser la fleur – et ses molécules d'intérêt à haute valeur ajoutée – et la tige questionne l'équilibre de l'historique *dominant design* fibre.

2.2 L'émergence d'un nouveau dominant design orienté vers la valorisation de la fleur : le rôle des acteurs de l'aval

Contrairement au *dominant design* fibre qui est né de l'engagement des agriculteurs français dans la production puis la transformation de chanvre, donc plutôt en amont de la filière, celui de la fleur est né de l'impulsion des transformateurs et des distributeurs situés plus en aval de la filière. En effet, ces acteurs ont saisi des opportunités stratégiques, en particulier après l'arrêt Kanavape du 19 novembre 2020. Plus précisément, ils se sont saisis du sujet en créant deux innovations de débouchés : l'exploitation économique de la fleur brute et de ses extraits moléculaires. La puissance économique de ces nouveaux acteurs (ex. extracteurs, formulateurs, CBD shops, pharmacies et parapharmacies) s'est construite sur des stratégies d'importation de matières premières (ex. fleurs de chanvre à haute teneur en CBD) en raison du contexte réglementaire français qui interdisait à cette date la production de la fleur de chanvre en France.

A noter que concernant le cannabis thérapeutique, les réglementations françaises ont également favorisé l'importation de médicaments à base de cannabinoïdes synthétiques avant l'autorisation de mises sur le marché de médicaments aux extraits de phytocannabinoïdes. En effet, l'article R. 5181 de 1999 exclut le THC de synthèse de l'interdiction de production et de commercialisation. L'article R. 5132-86 de 2004 qui remplace l'article précédent interdit finalement le THC de synthèse au même titre que le THC naturel, mais des autorisations spécifiques pour certains médicaments à base de cannabinoïdes de synthèse sont possibles. Ainsi, le dronabinol (THC synthétique), également connu sous les noms commerciaux de *Marinol*, *Syndros*, *Reduvo* et *Adversa*, est prescrit depuis 2004 en France pour soulager l'anorexie, ainsi que les douleurs et les vomissements induits par la chimiothérapie. Cette Autorisation Temporaire d'Utilisation Nominative (ATUn), uniquement prescrite par un Centre d'évaluation et de traitement de la douleur (CETD), est spécifique à un patient, délivrée exclusivement dans les pharmacies hospitalières et importée des États-Unis (Lejczak et al., 2019). Le *Sativex* (nabiximols), médicament à base d'extraits de cannabis pour traiter la spasticité dans la sclérose en plaques, a quant à lui obtenu une autorisation de mise sur le marché français (AMM) en 2014, mais il n'est toujours pas commercialisé en raison d'une absence d'accord entre le gouvernement et le laboratoire sur le prix de vente, sans oublier la réticence de l'Académie de Médecine à utiliser des médicaments aux extraits de phytocannabinoïdes non synthétiques. L'*Epidyolex*, qui est essentiellement basé sur des extraits de cannabidiol (CBD), a de son côté obtenu son AMM en septembre 2019. C'est seulement à partir de l'expérimentation de l'ANSM débuant en 2020 et le décret du 17 février 2022 que la France ouvre ses portes aux phytocannabinoïdes.

Parmi les acteurs de l'aval ou situés en milieu de filière CBD (extraits, isolats et fleurs brutes issues de *Cannabis sativa* L. au taux de THC < 0,3%), ceux provenant du secteur de la chimie ont été particulièrement actifs. D'autant plus qu'ils ont été moins concernés par les pressions réglementaires françaises post arrêt Kanavape, plutôt orientées vers l'interdiction de circulation de fleurs brutes au sein des consommateurs finaux. En effet, ces acteurs de la chimie produisent des molécules de synthèse de CBD et des isolats et, à ce titre, ils ne commercialisent pas de fleurs de chanvre.

REMARQUE. Les isolats sont produits sous forme de poudre ou de cristaux résultant du refroidissement prolongé de l'huile de CBD, qui ne contient à terme que du CBD, épuré de tous les autres composants du chanvre comme les terpènes ou encore les flavonoïdes.

Dans cette finalité, les industriels concernés déploient une diversité de procédés de distillation, des procédés chimiques avec des solvants ou encore des procédés thermochimiques, afin d'isoler les

différentes molécules d'intérêt et les commercialiser aux formulateurs, issus d'industries variées et soumises à des réglementations spécifiques.

Les isolats interviennent ainsi dans la fabrication d'E.-liquides pour le vapotage ou de produits alimentaires qui sont alors soumis à la réglementation européenne de la *Novel Food* afin de prouver leur innocuité. L'industrie cosmétique représente également un secteur de prédilection pour les molécules de synthèse et les isolats, soumis à la réglementation européenne des produits cosmétiques (appelée *Cosing*, qui répertorie tous les ingrédients cosmétiques autorisés en Europe).

D'autres produits à finalité bien être (huiles, comprimés ou macérats huileux), fabriqués à partir des *outputs* du secteur de la chimie, sont quant à eux vendues en parapharmacies, en commerces de proximité, en grandes surfaces ou sur internet.

Les CBD Shops, dont le nombre a explosé en France depuis fin 2020, ont quant à eux bâti leur modèle économique sur l'exploitation des molécules de CBD contenues naturellement dans la fleur de chanvre. La teneur en CBD est toutefois un enjeu fort pour ces distributeurs. Pour cette raison, les CBD shops privilégient le chanvre cultivé en *indoor* puisqu'ils ont quelques réticences pour les fleurs produites en plein champ en raison d'une concentration de CBD fortement corrélée avec la molécule de THC.

REMARQUE. Le taux de CBD évolue proportionnellement avec le taux de THC pour la majorité des semences autorisées à la culture. Par conséquent, le CBD ne peut dépasser un taux théorique de 12% avec un taux de THC inférieur à 0,3%.

Cela conduit certains grossistes à produire des fleurs « améliorées » - *démoléculées et repulvérisées* - pour garantir le respect du taux légal de THC tout en augmentant synthétiquement le taux de CBD, ou bien dans le but d'ajouter aux fleurs des particularités prisées par les consommateurs. Par exemple, il peut s'agir d'intensifier le parfum des fleurs en modifiant leur teneur en terpènes. Si la consommation des fleurs de cannabis est majoritairement portée par le marché du combustible, ces fleurs et feuilles brutes entrent également dans la composition de tisanes bien être ou encore de produits alimentaires artisanaux vendus dans certaines boulangeries ou restaurants.

2.3. Vers une production en cascade « inversée » : les stratégies d'adaptation du monde agricole

Jusqu'alors structurée par les acteurs de l'aval, la nouvelle filière française du chanvre destinée à la valorisation de la fleur a connu des évolutions structurelles au cours de l'année 2022 à travers les deux décisions rendues par le Conseil d'État. En autorisant la commercialisation des fleurs brutes et la production des fleurs de chanvre à condition de respecter la limite européenne de 0,3% de THC, des acteurs agricoles ont fait évoluer l'amont de la filière dans la mesure où la production de chanvre à haute teneur en CBD s'est développée.

REMARQUE. A noter que le flou juridique ayant entouré les dernières décisions relatives à la production et à la commercialisation des fleurs de chanvre à haute teneur en CBD en France a conduit de nombreux agriculteurs à se lancer dans la production de fleurs de chanvre bien avant cette nouvelle réglementation en 2022. Soit en développant des stratégies de contournement des règles en vigueur et donc en exploitant les failles réglementaires, soit en produisant illicitement.

Ces nouveaux comportements ont alors officialisé l'émergence de nouvelles trajectoires de production agricole en amont de la filière, qui sont nécessaires à la valorisation de la fleur de chanvre – CBD, mais aussi THC dans la perspective d'une légalisation plus large des cannabinoïdes en France (figure 3). La plupart de ces trajectoires reposent sur des innovations spécifiques en rupture avec le *dominant design* « fibre ».

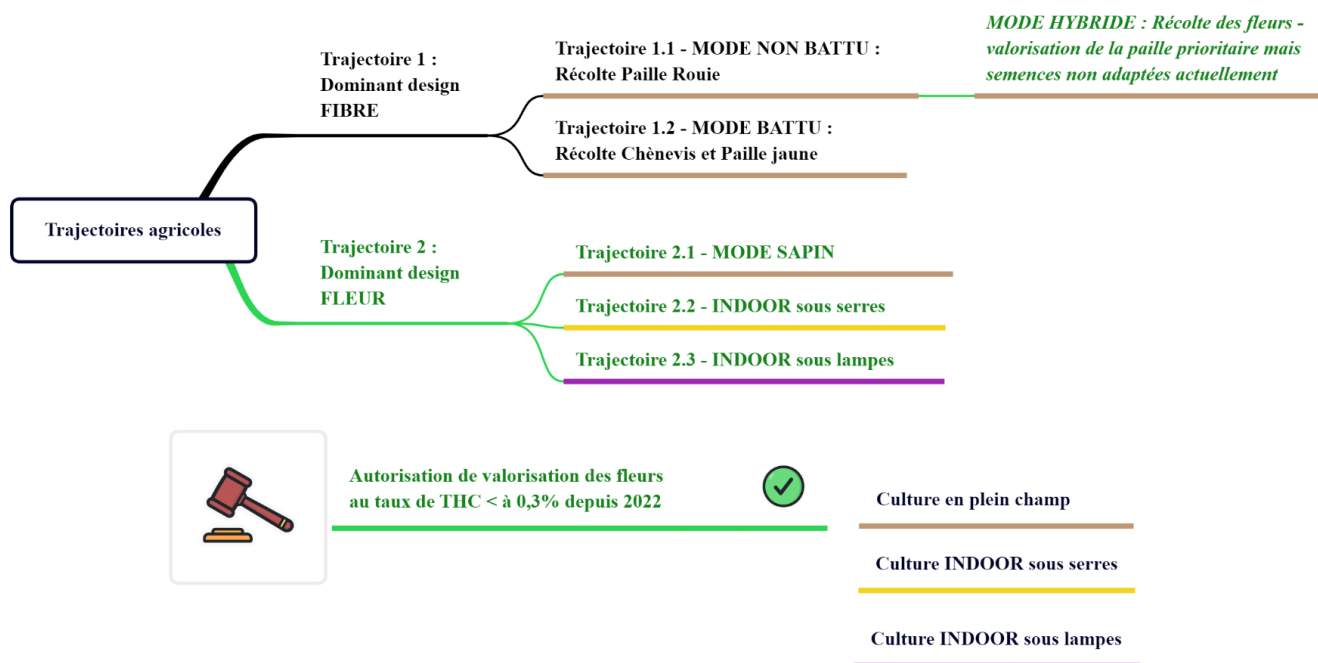


Figure 3. Trajectoires agricoles dédiées à la valorisation des fleurs (Source : auteurs - Logiciel Xmind)

Le point central est que ces nouveaux modes de production impliquent de nouveaux itinéraires cultureux qui nécessitent des innovations de matières premières. En effet, ces itinéraires doivent tout d’abord s’appuyer sur des semences dont le taux de cannabinoïde désiré est élevé – CBD et/ou THC, voire de CBG (cannabigerol), autre molécule d’intérêt du chanvre aux supposées vertus relaxantes, anti-fongiques, anti-inflammatoires et anti-oxydantes. En outre, il convient d’utiliser de préférence des variétés dioïques et féminisées. De ce fait, une valorisation simultanée de la fleur et du chènevis, issu de la pollinisation, n’est pas possible. Il convient enfin de prendre en compte une contrainte supplémentaire liée à l’impact environnemental de ce mode de production en milieu clos, caractérisé par une intensité énergétique élevée, une demande en eau substantielle et une contribution significative aux émissions de CO₂ [SUM 21].

REMARQUE. Une plante dioïque est une plante présentant des organes mâles et des organes femelles sur des pieds séparés. L’espèce *Cannabis sativa* L. peut être, selon les variétés, soit dioïque soit monoïque. Une plante monoïque présente donc des organes femelles et des organes mâles sur un même pied permettant l’autopollinisation. Les espèces dioïques sont privilégiées afin d’éviter une étape d’élimination des pieds mâles qui ne fournissent pas de bourgeons à trichome (substance résineuse qui renferme le plus de cannabinoïdes) et qui sont susceptibles de polliniser les pieds femelles.

Dès lors, quatre trajectoires agricoles sont envisageables (figure 3, trajectoires 1.1, 2.1, 2.2 et 2.3).

Une première trajectoire en plein champ, dite « en mode hybride » comme désignée par l’interprofession, consisterait à valoriser les fleurs issues de la trajectoire agricole en mode « non battu », dont les *outputs* se destineraient davantage aux marchés fibres du textile et de l’automobile. L’objectif est donc de conserver les procédés caractéristiques du *dominant design* « fibre » et d’élargir la valorisation des co-produits avec la récolte de la fleur grâce à une innovation de matière première. Cependant, comme nous l’avons mentionné précédemment, cette méthode se heurte à une problématique de taille, car il n’existe pas de semences adaptées à cet objectif de co-valorisation. Par conséquent, cette trajectoire qui pourrait renforcer le *dominant design* historique fibre ne peut voir le jour à l’heure actuelle.

Une deuxième trajectoire, dite « en mode sapin » comme désignée également par l'interprofession, et elle aussi en plein champ, consiste à faire des semis espacés (1 plante levée/m², contre un semis dense pour le chanvre industriel) afin de laisser la plante se développer pleinement dans l'espace pour fournir la plus grosse quantité de fleurs possible. Ce mode de culture permet de valoriser prioritairement la production de CBD (ou de THC) sous forme de molécules, de fleurs brutes, d'huiles ou de macérats à destination des marchés du bien-être (tisanes, huiles de massage relaxantes, *etc.*), de l'alimentation humaine, de la santé (automédication ou circuits de production pharmaceutique) ou encore de la cosmétique. Cette trajectoire peut être réalisée à partir de semis ou de bouturages. Cette trajectoire implique une étape supplémentaire de désherbage contrairement au semis dense pour la fibre qui étouffe les adventices. De plus, les tiges principales sont bien plus grosses et bien moins hautes que les tiges se destinant au chanvre industriel, et de ce fait, elles ne peuvent pas être défibrées convenablement. Certains agriculteurs tentent tout de même de valoriser ce co-produit en fabriquant du charbon actif (appelé *binchotan*) pour purifier l'eau. Les tiges plus petites sont défibrées pour récupérer la chènevotte et les tiges encore plus fines ne sont pas valorisées ou seulement partiellement (en énergie par exemple, *via* la méthanisation). Dès lors, la tige devient un co-produit de l'exploitation économique de la fleur. Cette deuxième trajectoire, qui se développe actuellement dans l'agriculture française, marque une réorganisation de la production en cascade caractéristique du *dominant design* fibre. Plus précisément, une inversion de la production en cascade est observable (figure 4). En effet, les priorités d'usage s'invertissent dans la mesure où la fleur devient le produit principal de valorisation du chanvre (ce qui explique la recherche de variétés à haute teneur en CBD) et la fibre devient un des co-produits de la production de fleurs parmi d'autres (*binchotan* et chènevotte). Les débouchés principaux sont donc ceux permettant une valorisation des produits à base de cannabinoïde sur les marchés du bien-être, de l'E-liquide, de la Novel Food, de la cosmétique ou encore de la santé, et non plus ceux permettant une valorisation prioritaire de la fibre puisque cette dernière est valorisée de manière secondaire au même titre que les autres co-produits sur les marchés du paillage ou des litières, ou est valorisée en énergie par combustion ou méthanisation.

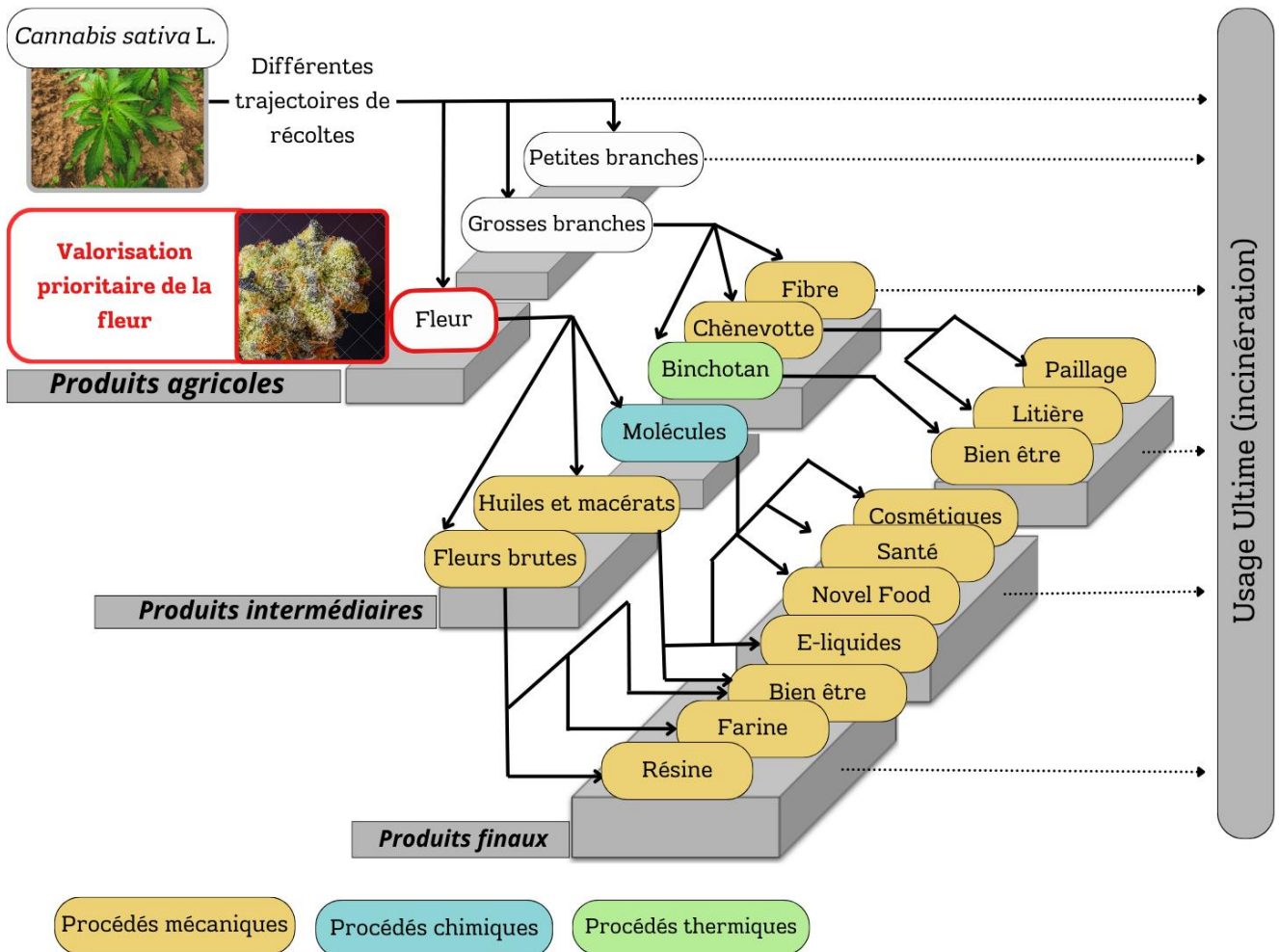


Figure 4. Organisation de la production française de chanvre « fleur » en cascade (Source : auteurs)

Cette réorganisation du processus de production en cascade initial, résultant de l'adaptation des innovations schumpétériennes, conduit à l'émergence d'une nouvelle structure de production, accompagnée de l'apparition de compétences nouvelles et de l'intégration de nouveaux acteurs dans le processus (voir Annexe 2). Comme dans le *dominant design* fibre, les co-produits de la production prioritaire de la fleur de chanvre ne sont pas toujours valorisés. Comme dit précédemment, la valorisation des fibres et des petites branches est problématique, car ils ne répondent pas aux exigences des marchés fibres. Lorsque cela est possible, elles sont directement incinérées ou intégrées à des méthaniseurs. Dans une logique de bioéconomie circulaire, certains des produits finaux du *dominant design* fleur, comme les litières et paillages, peuvent facilement être convertis en énergie après consommation *via* le compostage ou la méthanisation. Ce n'est toutefois pas le cas de l'ensemble des produits finaux (à l'image des produits d'E-liquides ou cosmétiques), qui peuvent néanmoins s'insérer dans des boucles circulaires de réparation ou recyclage.

Enfin, pour valoriser prioritairement les cannabinoïdes, deux autres trajectoires de production agricole sont possibles, en *indoor* cette fois-ci, c'est-à-dire sous serre ou sous lampe, en hydroponie ou en terre, et qui nécessite par conséquent des compétences davantage orientées vers l'horticulture. Il s'agit donc d'innovations de procédés très en rupture avec le *dominant design* actuellement en vigueur en France. Ces trajectoires conviennent davantage à la production de cannabis thérapeutique, dont la culture doit être sécurisée et standardisée. Tout comme la trajectoire précédente, le paradigme sociotechnique dominant est renversé dans ces deux derniers cas au profit de la production prioritaire de fleur à haute teneur en CBD et/ou THC.

Dans ces deux cas de production *Indoor*, peu ou pas développée – légalement – en France, la valorisation en cascade est même souvent complètement absente. En effet, aux États-Unis comme au Canada, les lois fédérales imposent la destruction des co-produits organiques. L'organisme de Santé Canada préconise par exemple le mélange des déchets de production avec de la litière pour chat afin qu'ils soient « *modifiés ou dénaturés au point d'en rendre la consommation et la multiplication impossibles ou improbables* » (roquette 18). Le gouvernement français ne s'est pas prononcé sur le sujet et n'a pas de législation ou de réglementation qui spécifient la manière dont doivent être gérés les déchets de production *Indoor* du cannabis thérapeutique à haute teneur en CBD/THC.

4. Conclusion

Cet article avait pour objectif d'étudier la mutation du *dominant design* du régime sociotechnique chanvrier français, dans le cadre d'évolutions réglementaires en cours et à venir sur la valorisation des fleurs de chanvre. Nous avons ainsi voulu comprendre le processus de mutation du *dominant design* historique français ancrée dans la valorisation prioritaire de la tige de chanvre. Notre méthodologie, s'inscrivant dans le champ de l'économie de l'innovation, consistait à identifier les innovations existantes/émergentes et leurs agencements pour comprendre leurs effets dans la structuration du modèle de production et dans l'organisation de la filière.

Nos résultats démontrent que les innovations à l'œuvre sont organisées selon des schémas de production en cascade qui répondent à des logiques opposées et complémentaires. Le *dominant design* historique s'autorenforce tandis que l'émergence des innovations de débouché générées par la filière chanvre fleur se structure selon sa propre logique. Celle-ci vise une valorisation efficace des molécules de CBD et de THC causant une inversion de la production en cascade imposée par la filière française du chanvre industriel depuis des décennies. Trois facteurs nous permettent d'observer les prémices d'une telle remise en cause : (i) l'implication croissante d'acteurs implantés en France dans la transformation et la distribution de produits issus de la fleur de chanvre depuis 2020 ; (ii) la présence d'îlots de production de chanvre à haute teneur en CBD sur le territoire français par le biais d'incitations tacites à la valorisation des fleurs de chanvre engendrées par le flou juridique français d'avant 2022 ; (iii) les changements *en train de se faire* dans le monde agricole français depuis les clarifications juridiques de 2022.

Cette évolution du mode de production et de valorisation du chanvre en France s'inscrit dans une logique de transition vers une bioéconomie circulaire fondée sur la quête du zéro déchet. Dès lors, l'intensification du processus de valorisation de la biomasse n'est pas seulement une question d'ordre technique, agronomique, voire même d'ingénierie. Ce sujet repose également sur des institutions qui insèrent *de facto* le processus d'innovation dans une perspective d'économie politique. Les politiques publiques, à l'origine de ces mutations et de la construction sociale des marchés, font face à une diversité de nouveaux modèles productifs dédiés à la même biomasse, qu'il est nécessaire de mettre en synergie pour répondre aux objectifs espérés (Boyer & Freyssenet, 2000). La diversité des acteurs et leurs divergences d'objectifs nous interrogent sur les tensions et les compromis qu'il peut y avoir à l'échelle mésoéconomique, ces derniers étant centraux dans la compréhension de la mutation des régimes sociotechniques et des *dominant design*. Nous pensons par exemple à l'appropriation de la ressource, et ainsi à la captation de la valeur ajoutée à l'origine de nouveau rapport de force entre les agriculteurs, les transformateurs et les distributeurs (ex. coopératives agricoles) dans un contexte de concurrence internationale.

Remerciement : Ce projet a été soutenu par le programme de recherche « AMELECA », financé par la SFR Condorcet (FR CNRS 3417) en s'inscrivant dans l'axe 4 intitulé « Conditions d'émergence d'une bioéconomie durable ». L'équipe était constituée de chercheur(e)s du Laboratoire REGARDS (EA 6292) et de l'Institut de Chimie Moléculaire (UMR CNRS 7312) de l'Université de Reims Champagne-Ardenne, d'UniLaSalle et de l'Université Picardie-Jules Verne. Ce projet (2021-2022) a eu pour objectif d'établir et de caractériser les trajectoires d'évolution de la filière française du chanvre dans l'hypothèse de légalisation du cannabis.

Cette étude a également été soutenue par le Projet 3BR « Biomolécules et Biomatériaux pour la Bioéconomie Régionale » - Financement FEDER et la Région Grand Est - porté par le laboratoire d'ingénierie des biomolécules LiBio et l'UMR FARE de l'Université de Reims Champagne-Ardenne. Lancé en 2020 dans le cadre de l'Appel à projet « Fonds régional de coopération pour la recherche », 3BR réunit la grande majorité des acteurs de la Bioéconomie régionale en agro-alimentaire et de la bioraffinerie avec une force de frappe unique rassemblant 27 laboratoires de recherche, 3 structures fédératives de recherche, 2 pôles de compétitivité, 3 instituts Carnot, 1 réseau de recherche LUE IMPACT « Biomolécules » et les industriels du secteur de la bioéconomie.

Bibliographie

- [ABER 78] ABERNATHY, W. J., UTTERBACK, J. M. « Patterns of industrial innovation » *Technology review*, n°80, Vol (7), p. 40-47, 1978.
- [BOU 06] BOULOC, P. *Le chanvre industriel : production et utilisations*. France Agricole Editions, 2006.
- [BOY 00] BOYER, R., FREYSSNET, M. *Les modèles productifs*. La Découverte, Paris, 2000.
- [BIS 16] BISIQU, Y. (2016). « Deux siècles de politiques publiques des drogues ». *Psychotropes*, n° 22, Vol(2), p. 25-39, 2016.
- [CHAN 13] CHANEBEAU, A. *Chanvre, Cannabis. Du rêve aux mille utilités !* Editions Platinum-Goldensong. 2013.
- [COL 18] COLSON, R. « L'extension du domaine du chanvre légal ». *Recueil Dalloz*, n°26, p. 1445-1446, 2018.
- [D'AM 17] D'AMATO, D., DROSTE, N., ALLEN, B., KETTUNEN, M., LÄHTINEN, K., KORHONEN, J., ... TOPPINEN, A. « Green, circular, bio economy: A comparative analysis of sustainability avenues ». *Journal of cleaner production*, n°168, p. 716-734, 2017.
- [DE R 22] DE ROUFFIGNAC, A., DEBREF, R., GALLOS, A., REMY, S., BASTIEN, J., VIVIEN, F. D., ... KUREK, B. « Le chanvre, plante d'intérêt dans un système bioéconomique durable » dans E.BUCCOLO, V.MAIRE (dir.) *Le chanvre, matière à transition*, Edition Loco, Paris, 2022.
- [DEB 22] DEBREF, R., PYKA, A., MORONE, P. « For an Institutionalist Approach to the Bioeconomy: Innovation, Green Growth and the Rise of New Development Models » *Journal of Innovation Economics & Management*, n° 38, Vol(2), p. 1-9, 2022.
- [DEB 21] DEBREF, R., VIVIEN, F. D. « Quelle bioéconomie écologique ? Retour sur le débat des années 1970-1980 » *Economie rurale*, n°2, p. 19-35, 2021.
- [DOC 90] DOCKES, P. « Formation et transferts des paradigmes socio-techniques » *Revue française d'économie*, n°5, Vol(4), p. 29-82, 1990
- [EUR 16] EUROPEAN COMMISSION, BTG., INFRO., IEEP., NOVA., INTECUS. Cascades: Study on the Optimised Cascading Use of Wood., LU, Publications Office, 2016, <https://data.europa.eu/doi/10.2873/827106>.
- [EUR 18] EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY (2018) The circular economy and the bioeconomy. EU publication Website. ISBN: 978-92-9213-974-2 [The circular economy and the bioeconomy - Partners in sustainability](https://www.eea.europa.eu/fr/publications/the-circular-economy-and-the-bioeconomy-partners-in-sustainability) THAL18009ENN.pdf
- [FIK 19] FIKE, J. *The history of hemp. Industrial hemp as a modern commodity crop*. American Society of Agronomy, D.W. Williams, 2019.
- [FRE 88] FREEMAN, C., PEREZ, C. Structural crises of adjustment: business cycles. *Technical change and economic theory*. Pinter, Londres, 1988.
- [GOR 82] GORT, M., KLEPPER, S. « Time paths in the diffusion of product innovations » *The Economic Journal*, n° 92, Vol(367), p. 630-653, 1982

- [HAS 17] HASHIM, N. *Hemp and the global economy: The rise of labor, innovation and trade*. Lexington Books, 2017.
- [INT 23] INTERCHANVRE Website. <https://www.interchanvre.org/interchanvre>. Consulté le 03 avril 2023.
- [KAL 17] KALVERKAMP, M., PEHLKEN, A., WUEST, T. « Cascade use and the management of product lifecycles ». *Sustainability*, n° 9, Vol(9), p. 1540, 2017.
- [LEJ 19] LEJCZAK, S., ROUSSELOT, H., DI PATRIZIO, P., & DEBOUVERIE, M. « Dronabinol use in France between 2004 and 2017 » *Revue Neurologique*, n° 175, Vol(5), p. 298-304, 2019.
- [MAL 96] MALERBA, F., & ORSENIGO, L. « Schumpeterian patterns of innovation are technology-specific ». *Research policy*, n°25, Vol(3), p. 451-478, 1996.
- [MAL 97] MALERBA, F., & ORSENIGO, L. « Technological regimes and sectoral patterns of innovative activities » *Industrial and corporate change*, n°6, Vol(1), p. 83-118, 1996
- [McP 17] MCPARTLAND, J. M., GUY, G. W. « Models of Cannabis taxonomy, cultural bias, and conflicts between scientific and vernacular names ». *The botanical review*, n°83, p. 327-381, 2017.
- [NAE 21] NAE, B. F. « ‘Weed-ing’Out Disproportionate Regulation: The Free Movement of CBD in the European Union Following the Knavape Judgment ». *Legal Issues of Economic Integration*, n°48, Vol(4), 2021.
- [NIE 10] NIEDDU, M., GARNIER, E., BLIARD, C., L'émergence d'une chimie doublement verte, *Revue d'économie industrielle*, (132), 53-84, 2010.
- [NIE 14] NIEDDU, M., VIVIEN, F. D., GARNIER, E., BLIARD, C. « Existe-t-il réellement un nouveau paradigme de la chimie verte? » *Natures Sciences Sociétés*, n°22, Vol(2), p. 103-113, 2014.
- [SCH 35] SCHUMPETER, J. A. « The analysis of economic change » *The review of Economics and Statistics*, n°17, Vol(4), p. 2-10, 1935.
- [SIR 94] SIRKIN, T., TEN HOUTEN, M. « The cascade chain: A theory and tool for achieving resource sustainability with applications for product design ». *Resources, Conservation and Recycling*, n°10, Vol(3), p. 213-276, 1994.
- [SMA 76] SMALL, E., et CRONQUIST, A. « A practical and natural taxonomy for Cannabis » *Taxon*, n°25, Vol(4), p. 405-435, 1976.
- [SUO 17] SUOMINEN, T., KUNTTU, J., JASINEVIČIUS, G., TUOMASJUKKA, D., LINDNER, M. « Trade-offs in sustainability impacts of introducing cascade use of wood ». *Scandinavian Journal of Forest Research*, n°32, Vol(7), p. 588-597, 2017.
- [POL 23] POLE EUROPEENNE DU CHANVRE, <https://www.pole-europeen-chanvre.eu/fr/> Consulté le 03 avril 2023.
- [ROQ 18] ROQUETTE, T. L'industrie du cannabis, nuisible pour l'environnement ? Radio-Canada, Publié le 30 septembre 2018 <https://ici.radio-canada.ca/nouvelle/1126280/cannabis-marijuana-legalisation-environnement-dechet-compostage> Consulté le 03 avril 2023.
- [SUM 21] SUMMERS, H. M., SPROUL, E., QUINN, J. C., The Greenhouse Gas Emissions of Indoor Cannabis Production in the United States, *Nature Sustainability*, p. 1-7, 2021
- [TER 20] TERRE INOVIA (2020) Chanvre - Guide de culture 2020. Website. <https://www.terresinovia.fr/p/guide-chanvre> Consulté le 03 avril 2023.
- [UTT 75] UTTERBACK, J. M., ABERNATHY, W. J.« A dynamic model of process and product innovation » *Omega*, n°3, Vol(6), p. 639-656, 1975.
- [VIV 22] VIVIEN, F. D., ALTUKHOVA-Nys, Y., BASCOURRET, J. M., BEFORT, N., BENOIT, S., DEBREF, R., ... PETITJEAN, J. L. « PSDR4 BIOCA-La bioéconomie en Champagne-Ardenne: une variété de modèles de développement et d'agriculture ». *Innovations Agronomiques*, n°86, p. 307-318, 2022.

Type d'innovation	Filière	Matière première (1) - Input	Procédé (1)	Produit (1)	Procédé (2)	Produits (2)	Procédé (3)	Produits (4)	Débouchés - Outputs
<i>Dominant design</i> - Tige	Agricole	Semence THC < 0,3%	Déstructuration mécanique	Paille rouie	Défibrage	Fibre	Mécaniques et thermiques	--	Textile, plasturgie, renforts
				Paille jaune	Défibrage	Fibre	Procédés mécaniques et thermochimiques	--	Bâtiment, papeterie, emballages
				Chènevis	Séchage - Basse température	Graine sèche (entre 7% et 9% d'humidité)	Pressage	Tourteaux	Alimentation humaine ou animale
								Molécule oléagineuse (Huile)	Alimentation humaine ou cosmétique
				Chènevotte	Broyage	--	--	--	Alimentation humaine et animale
									Fines
			Chaleur						
Déstructuration Biotech et Thermochimique	Molécule de carbone renouvelable	--	--	--	Molécule plateforme, bioéthanol, hydrogène, méthane				

INTERPRETATION DU TABLEAU SE LISANT DE GAUCHE A DROITE: A partir de la colonne « Filières », la production du chanvre du *dominant design* historique pour sa tige s'appuie sur le secteur agricole grâce à des innovations de matières premières : les semences. A maturité, la tige sera transformée *via* un procédé mécanique qui permettra d'extraire les différentes parties de la plante – de la tige à la graine. Selon les débouchés souhaités, un deuxième procédé, voire un troisième, seront déployés pour isoler la matière à haute valeur ajoutée à vocation alimentaire et non alimentaire.

Tableau 2. Tableau des assemblages d'innovations Schumpetériennes dans la valorisation en cascade de la tige de chanvre pour le fonctionnement du *dominant design* historique (Source : Auteurs)

Type d'innovation	Filières	(Input) Matières premières	Procédé (1)	Produits (1)	Procédé (2)	Produits (2)	Débouchés (Outputs)	Thématique	Valeur ajoutée	
Dominant design en émergence - fleur	Pétochimie/biotechnologie	Molécules de synthèse brevetées	Thermochimie/Biotechnologie	Molécule de CBD de synthèse	Thermochimie/Biotech	Isolat	Thérapeutique et bien-être	Bien-être/Santé	Haute	
	Agriculture	Semence CBD > 3%	Mécanique	Fleur		Fleur démoléculée				Huile (<i>Full board spectrum/E liquide</i>)
					Biotech	Molécules d'intérêt	Cosmétique, parfumerie, autres			
					Séchage	Fleurs séchées	Thérapeutique et bien-être	Bien-être/Santé		
					Pressage et extrusion	Huile et macérat				
						Résine et farine				
					Thermochimique	Huile essentielle				
					Tige/bois	Défibrage	Chènevotte	Alimentation animale		Elevage, animalier
						Défibrage	Paillage animal et horticole	Alimentation animale		Elevage, animalier
	Défibrage	Fibre	Conditionnement	Matière						
Thermochimique	Charbon actif	Bien-être	Bien-être/Santé							

INTERPRETATION DU TABLEAU SE LISANT DE GAUCHE A DROITE: A partir de la colonne « Filières », la production de CBD peut soit passer par le secteur agricole ou par le secteur pétrochimique/biotechnologique pour la production de molécule de CBD de synthèse. Si l'on prend le cas de l'agriculture, l'innovation de matière relèvera des semences ayant un taux de CBD singulier et contrôlé. A maturité, la fleur sera transformée *via* un procédé mécanique où deux produits seront créés : la fleur et la tige/bois. La fleur contenant du CBD sera transformée *via* différents procédés pour aboutir à une diversité d'innovations de produits spécifiques répondant à une demande, et ce en fonction des opportunités en matière de valeur ajoutée.

Tableau 3. Tableau des assemblages d'innovations Schumpetériennes dans la valorisation en cascade de la fleur de chanvre (Cible CBD) pour l'émergence de nouvelles formes de dominant design (Source : Auteurs)