

ET SI NOUS N'ACHETIONS PLUS DE PÉTROLE ?

DURABILITÉ, ROBUSTESSE ET EMPLOI

ESQUISSES DES PERSPECTIVES ÉCONOMIQUES OFFERTES
PAR UN CANTON DE NEUCHÂTEL DÉCARBONÉ

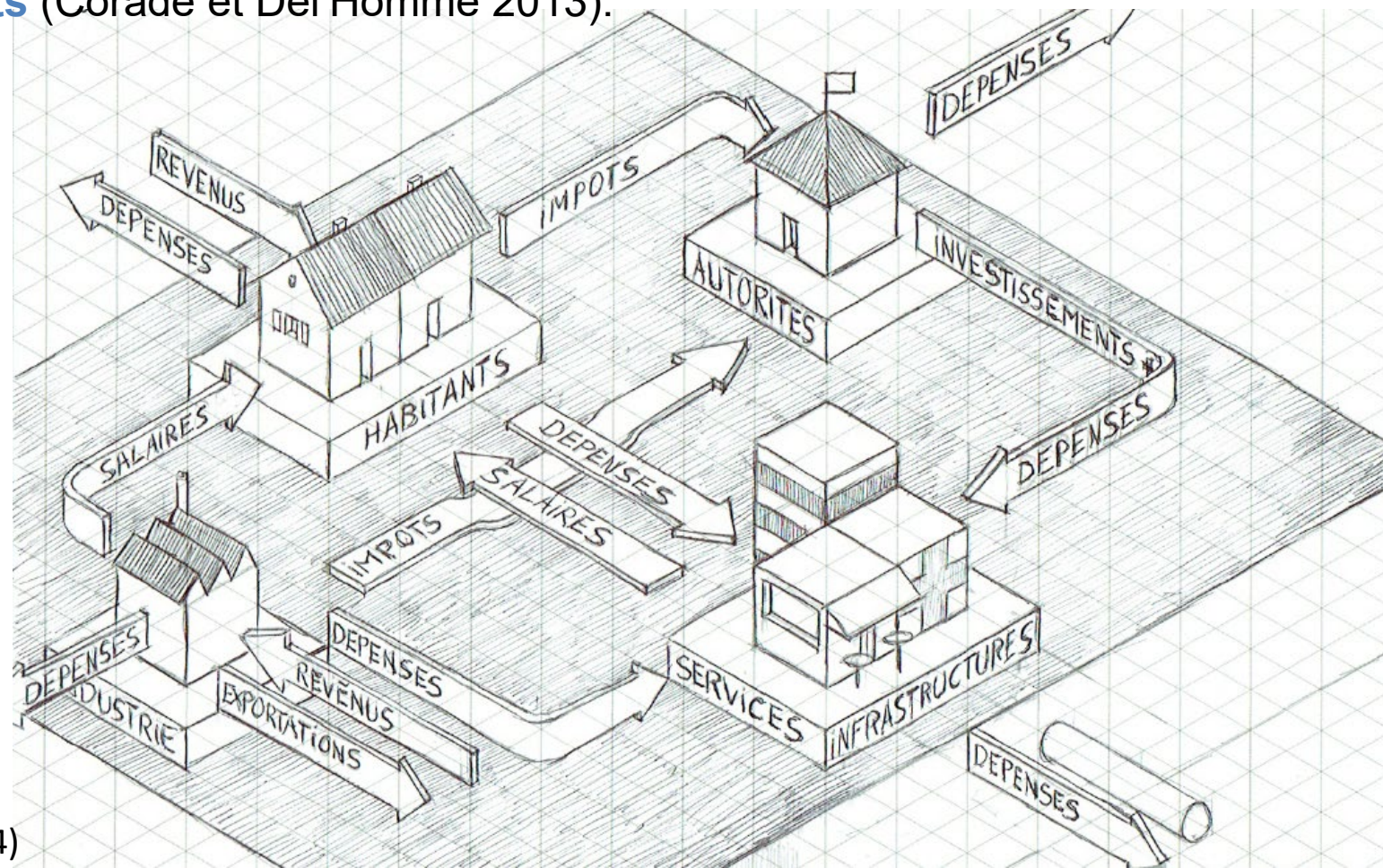
Prof. Dr Nicolas Babey
Dr Alain Segessemann

QUESTIONS DE RECHERCHE

- **Problématique:**
 - **Recherche-action** liée aux HES en Suisse.
 - La transition énergétique est souvent évoquée rhétoriquement pour en mesurer les aspects de **durabilité** (Maréchal et al. 2019), mais rarement mesurée en **termes économiques** (flux financiers et emplois).
- **Question: La transition énergétique et l'économie circulaire** (Fischer et al. 2023) appliquées au chauffage des ménages **sont-elles solubles dans l'économie résidentielle ?** (Davezies, 2008; Talandier 2016, 2020).
 - **Résultats chiffrés et estimations:** quantification des ressources en termes de kilowattheures (kWh), de francs et d'emplois (EPT).
 - **Etudes de cas** pour la validation des estimations (entretiens).
 - **Quelle gouvernance est nécessaire?** En mobilisant des ressources diverses (investissements, acteurs et modèles territoriaux), quelle perspective se dessine à moyen terme entre le tout centralisé et, à l'inverse, le tout décentralisé en matière de production énergétique?

HYPOTHÈSE CENTRALE

Investir dans la transition énergétique est **un moteur économique territorial** (Talandier 2020) et représente un axe clé de **l'économie régionale durable en circuits courts** (Corade et Del'Homme 2013).



Source: Babey (2024)

UNE ÉTUDE CENTRÉE SUR L'ÉNERGIE DU CHAUFFAGE

Source d'énergie prédominante du chauffage des bâtiments*, en 2022 ▼

Communes



Source d'énergie prédominante



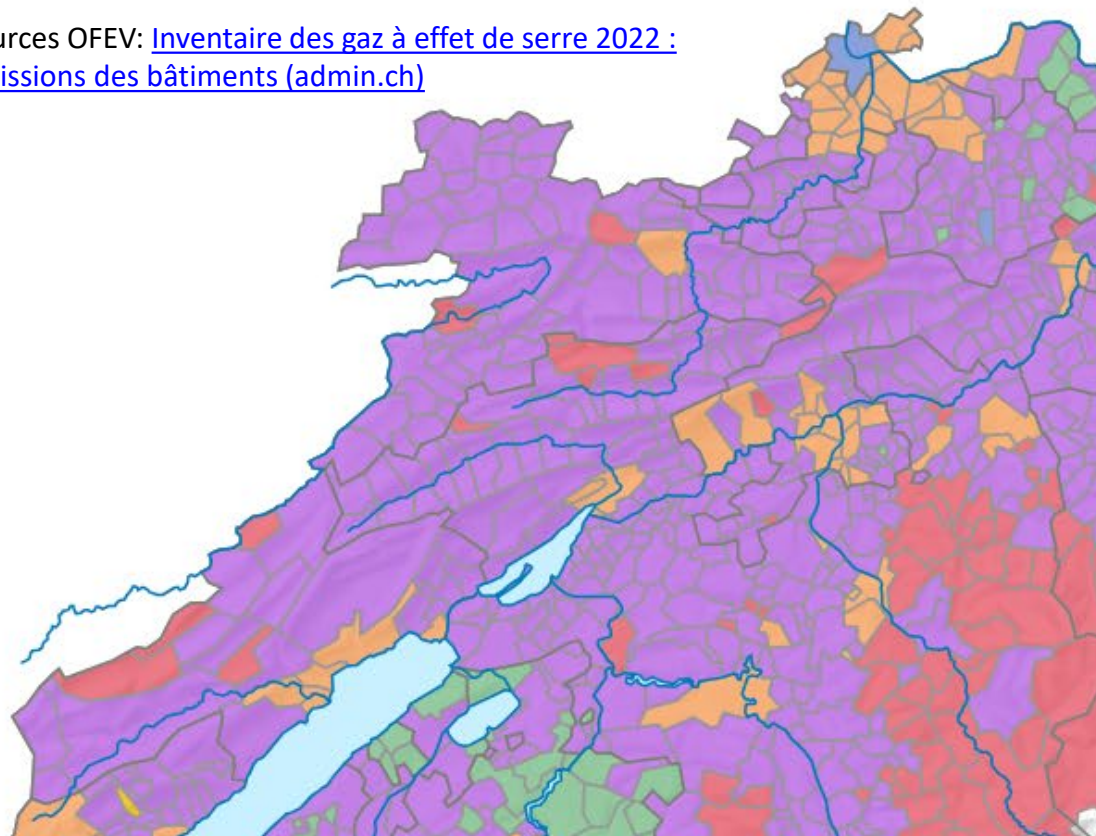
*bâtiments à usage d'habitation

Source(s): OFS – Statistique des bâtiments et des logements (StatBL)

 © Office fédéral de la statistique, ThemaKart, Neuchâtel 2009-2024

- Le chauffage est une des premières **sources de dépense des ménages et d'émissions de CO2**.
- En 2022, le secteur du bâtiment a émis 9,4 millions de tonnes d'éq-CO2, ce qui représente **22.6% du total des émissions de gaz à effet de serre de la Suisse**.

Sources OFEV: [Inventaire des gaz à effet de serre 2022 : émissions des bâtiments \(admin.ch\)](https://www.ofev.ch/fr/actualites/le-gaz-a-usage-residentiel-est-le-principal-gaz-emis-par-le-secteur-du-batiment)



6 entretiens qualitatifs réalisés

- 2 CAD du **canton de Neuchâtel** :
 - Chaufferie à bois (Lanvoina) à Couvet
 - Vadec (Cadbar) concernant les déchets
- 1 CAD du **canton du Jura** :
 - Chaufferie Thermobois/Thermoréseau à Porrentruy
- 1 **station de méthanisation** vaudoise (Treatech Lausanne)
- **Service de l'environnement** du canton de Neuchâtel (SENE)
- Entreprise de **transport et de valorisation des déchets**, notamment alimentaires (Thommen-Furler)

Autres entretiens envisagés:

- Stations d'épuration (STEP) concernant la valorisation énergétique des boues urbaines et du potentiel énergétique du lac, VITEOS concernant la distribution.



ÉTUDES DE CAS

CAD bois interrogés dans deux cantons différents (NE et JU)

- Travail en **flux tendu** depuis la forêt jusqu'à la chaufferie (rentabilisation mécanique).
- **La maîtrise de l'ensemble de la chaîne de valeur, notamment les forêts en main publique**, est un atout pour un prix du bois très concurrentiel avec les autres sources d'énergie.
- Potentiel encore existant d'augmenter l'exploitation du bois en Suisse.
- En 2023, le m³ de plaquettes produisait en moyenne 715 kWh. **Le kWh est facturé à 5 centimes aux CAD en moyenne, en tant que vente de bois dans les comptes forestiers.**
- **Le client final paie en moyenne 15 centimes le kWh au CAD** (entre 10 et 21 centimes), soit env. 3 x le prix d'achat de la matière première bois.
 - **Prix final du kWh bois = coût d'amortissement de la chaudière + coût d'amortissement du réseau + coût d'achat du bois + coût d'entretien**
 - **Prix final du kWh mazout = amortissement de la chaudière à mazout sur 20 ans + coût de maintenance (ramonage, entretien annuel du brûleur, etc.) + coût du mazout** (aux alentours de 13 centimes le kWh).
 - A 15 centimes le kWh de bois, un CAD est parfois **meilleur marché** que le mazout lorsqu'on y intègre l'ensemble des coûts.

ÉTUDES DE CAS

CAD déchets & gouvernance

- Un CAD déchets doit avoir **une taille critique** en termes de **bassin de population** (espace dense, comme pour le cas des chaufferies à bois), sinon faible rentabilité économique.
- **Difficulté à rendre l'exploitation des déchets financièrement rentable sur toute la chaîne de valeur** : coûts de transport, de tri, etc. => **Soutien public indispensable**.
- **Prix très concurrentiel** lié à «**l'énergie fatale**» de l'incinération des déchets:
 - **Prix final de l'énergie d'un CAD déchet = 5 centimes le kWh en moyenne en 2023.**
- **La gouvernance des innovations**: absence en Suisse de mesures d'accompagnement et de l'existence d'une gestion inter-régionale des CAD (bois, déchets). On reste dans les niveaux institutionnels traditionnels (communes, cantons, Confédération).
- **Proposition de création d'une chambre interrégionale (du bois, de la gestion des déchets)?**



CONSTAT DE DEPART

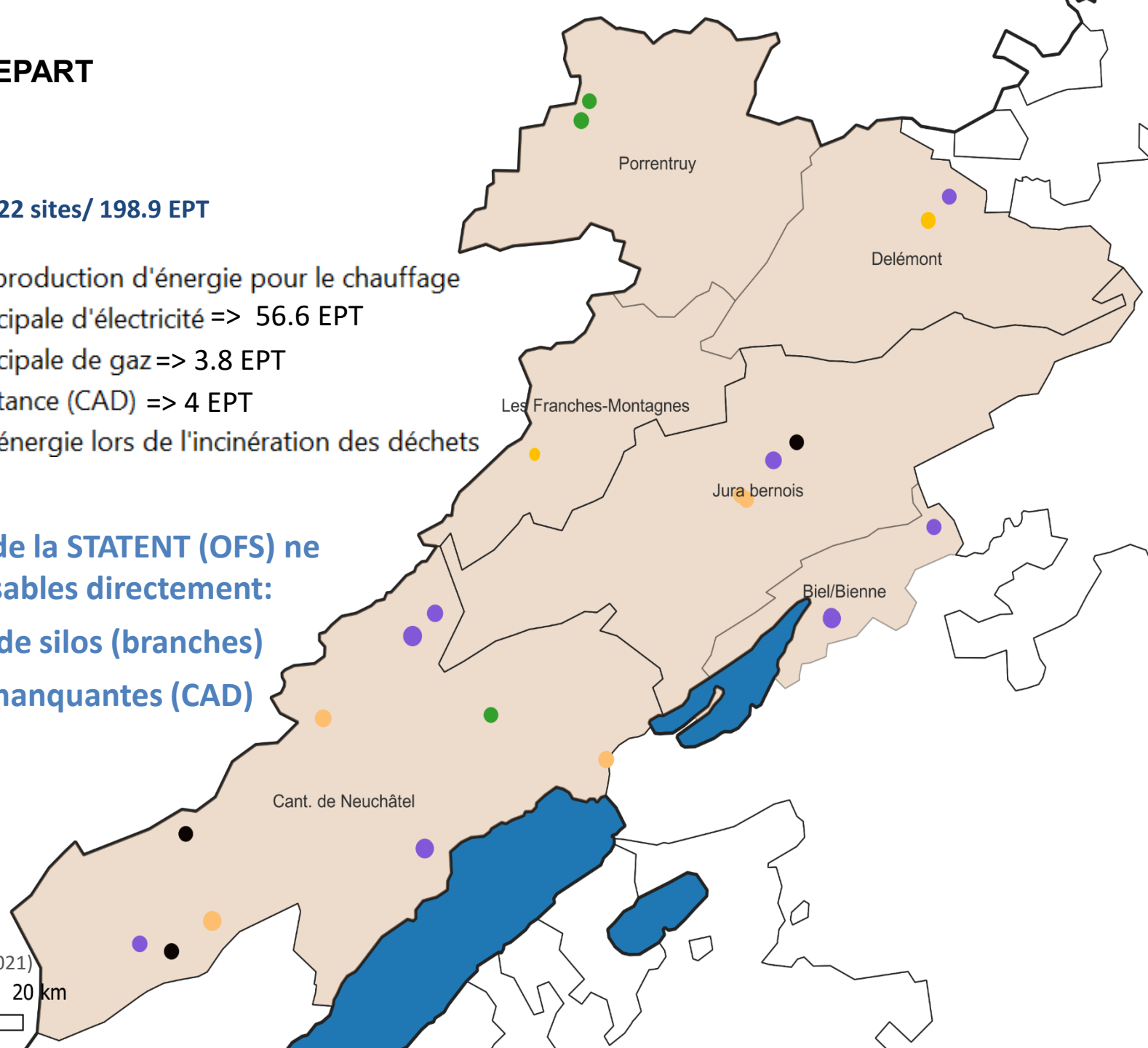
Espace BEJUNE 22 sites/ 198.9 EPT

Principaux sites de production d'énergie pour le chauffage

- Production principale d'électricité => 56.6 EPT
- Production principale de gaz => 3.8 EPT
- Chauffage à distance (CAD) => 4 EPT
- Récupération d'énergie lors de l'incinération des déchets => 129.5 EPT

Les données de la STATENT (OFS) ne sont pas utilisables directement:

- Problème de silos (branches)
- Données manquantes (CAD)



MÉTHODOLOGIE

- En l'absence de données détaillées fiables, mise en place **d'une méthode d'estimation de la taille financière et des emplois (EPT) des marchés de l'énergie du chauffage des ménages dans l'espace BEJUNE** :
 - En partant de la statistique de l'OFS du **nombre de ménages** par district (Statpop);
 - En mobilisant le **Calculateur CO2** pour les bâtiments de l'OFEV d'après la source d'énergie du chauffage;
 - En appliquant les résultats obtenus auprès de nos interlocuteurs lors des **entretiens qualitatifs & sources connexes** (prix du kWh, nombre d'EPT, chiffres d'affaires, etc.).



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Office fédéral de l'environnement OFEV



Calculateur CO2 pour les bâtiments

Le calculateur de CO2 interactif permet d'estimer la quantité de CO2 émise par chaque bâtiment d'habitation dans des conditions normalisées en se basant sur les données publiques du Registre fédéral des bâtiments et des logements (RegBL). Ce calculateur permet de simuler l'évolution de la valeur de CO2 si des rénovations énergétiques et un changement de source d'énergie sont saisis.

i Veuillez remarquer que les données dans le RegBL ne sont pas encore toutes à jour et que le RegBL ne contient pas de données sur la rénovation des bâtiments. Les données saisies ici ne sont pas enregistrées dans le RegBL. Les propriétaires de bâtiment peuvent contribuer à la mise à jour des données : [instructions détaillées](#)

! Les résultats doivent être considérées comme une estimation approximative et ne constituent pas des données officielles ou contraignantes.

EGID 101153237

6487 Val-de-Ruz (NE)

Données du RegBL disponibles

840

surface chauffée/surface de référence énergétique (m2)

2006

Année de construction

4

Nombre de niveaux

Maison à plusieurs logements

Utilisation

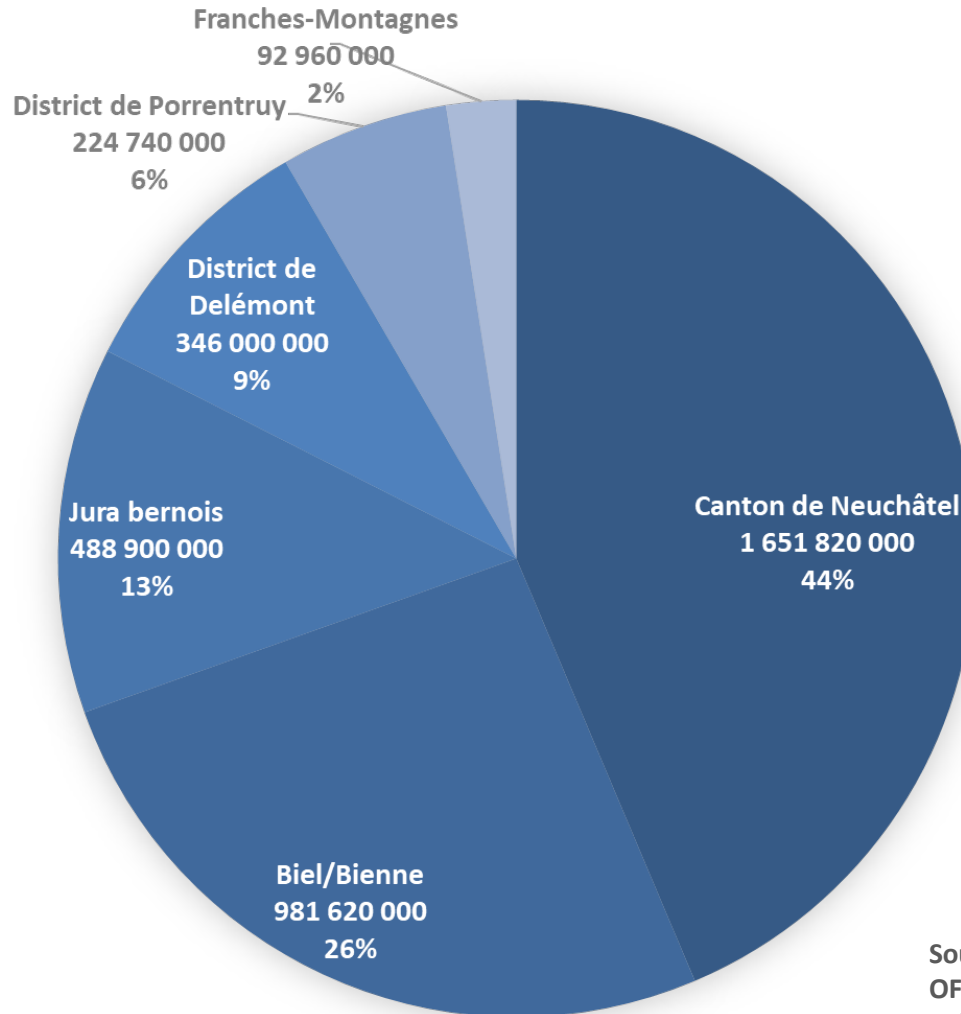
Gaz

Source d'énergie/de chaleur

CHAUFFAGE DANS L'ESPACE BEJUNE

Consommation annuelle en kWh estimée pour tous les ménages de l'espace BEJUNE

1 ménage = 100 m²



BEJUNE: total de 3.7 milliards de kWh

Sources:

OFS (2021) Statistique de la population et des ménages (Statpop)

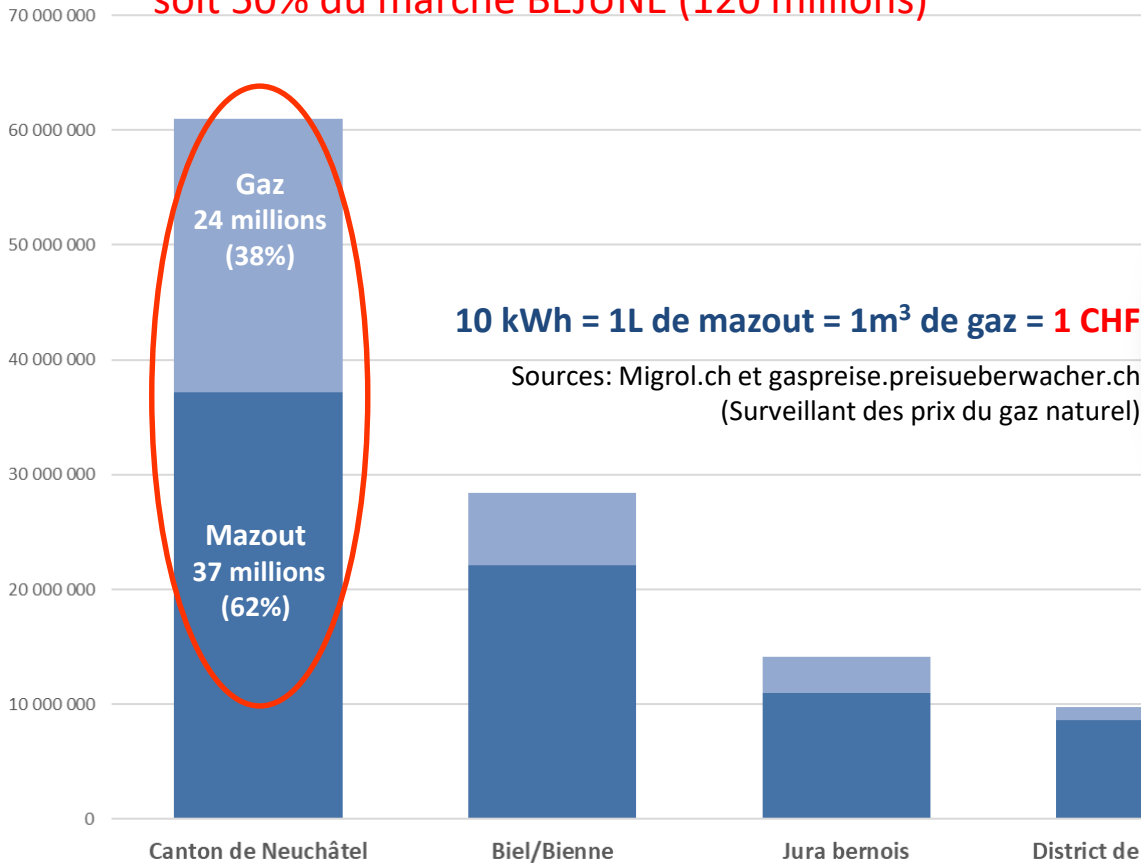
Calculateur OFEV (www.estimated-co2.admin.ch)

CHAUFFAGE DANS L'ESPACE BEJUNE

Taille de marché actuelle du mazout et du gaz

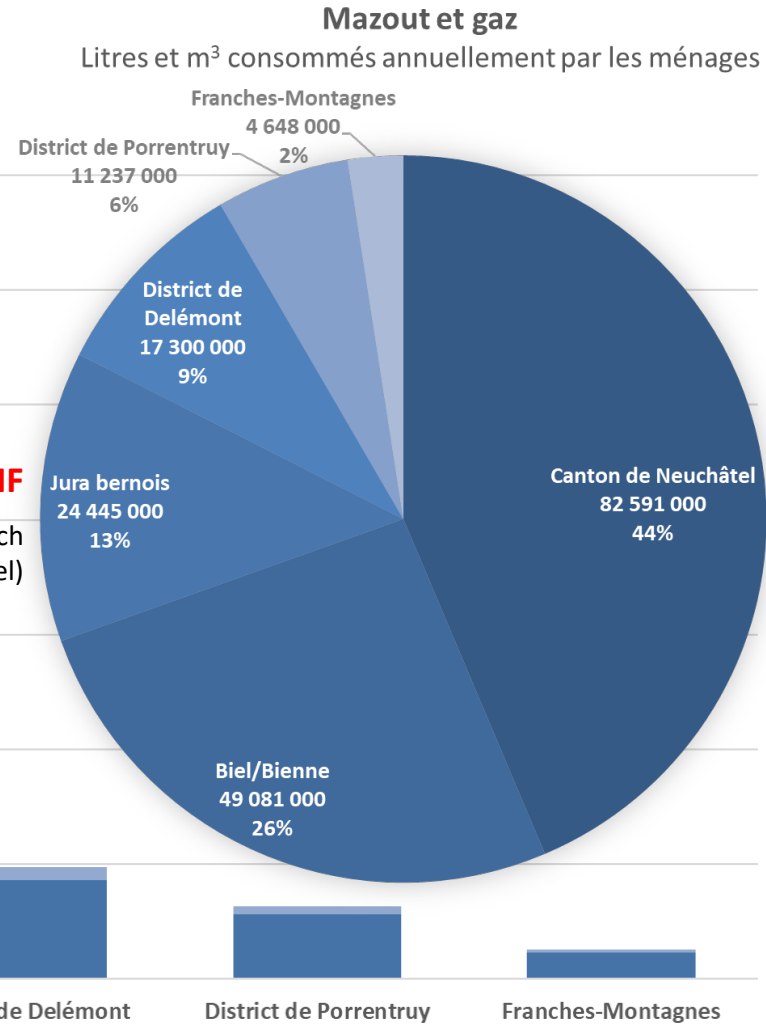
d'après la part cantonale du mazout et du gaz pour le chauffage (OFS 2022), par district

Une fuite de ressources non-renouvelables de près de 60 millions de CHF hors du canton de Neuchâtel, soit 50% du marché BEJUNE (120 millions)



10 kWh = 1L de mazout = 1m³ de gaz = 1 CHF

Sources: Migrol.ch et gaspreise.preisueberwacher.ch
(Surveillant des prix du gaz naturel)

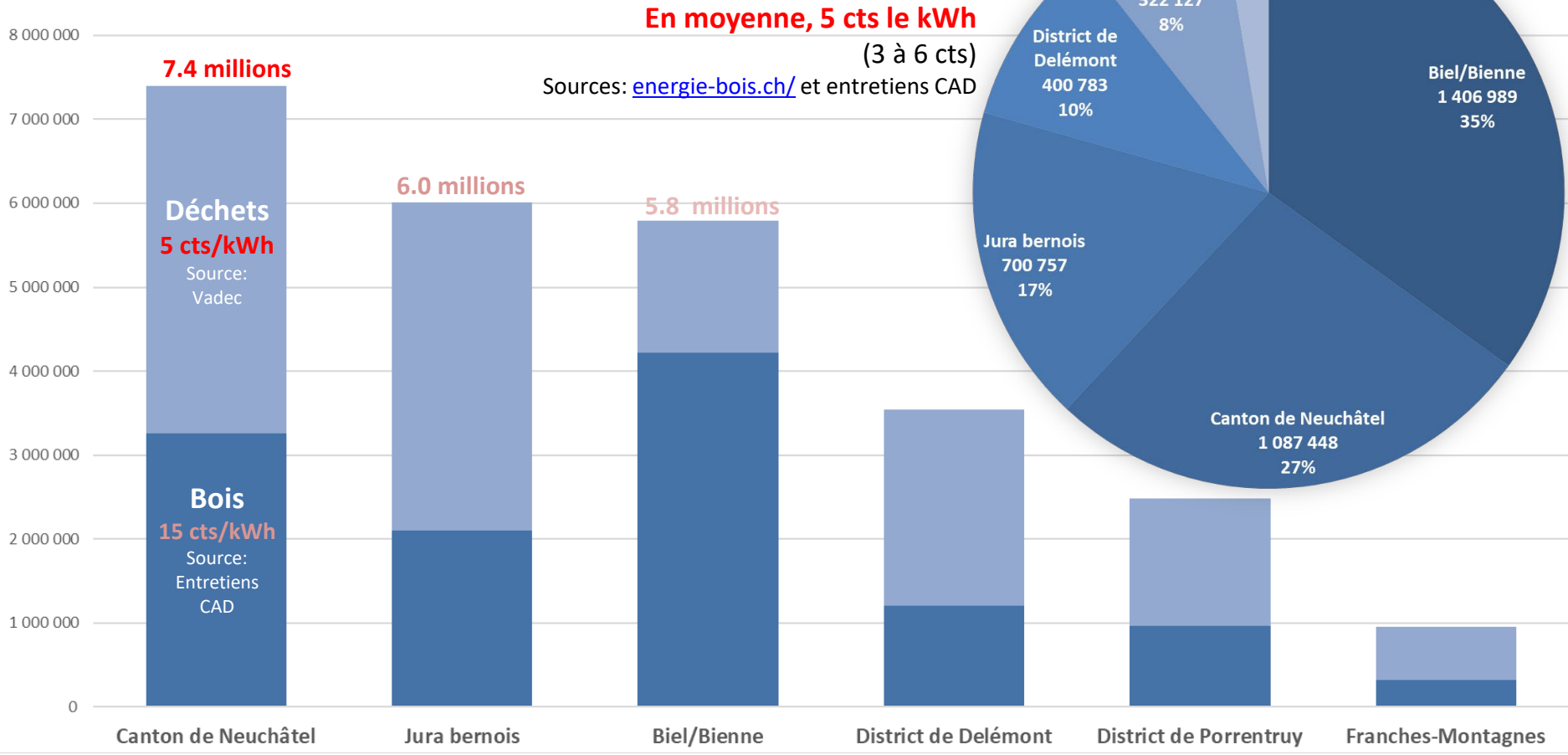




CHAUFFAGE DANS L'ESPACE BEJUNE

Taille de marché actuelle des CAD

d'après la part cantonale du bois et du chauffage à distance (OFS 2022), par district

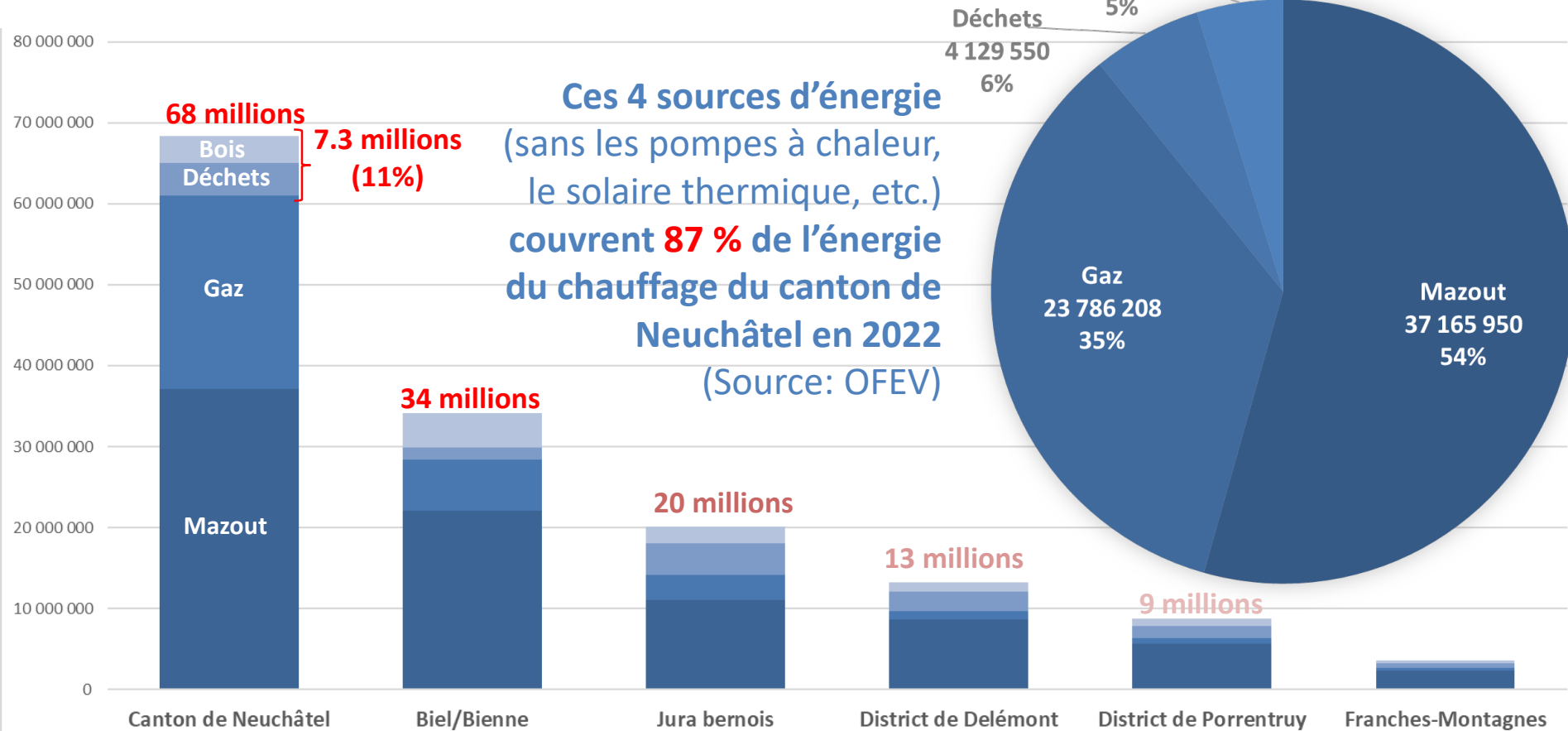


CHAUFFAGE DANS L'ESPACE BEJUNE

Estimation des tailles de marché par source d'énergie du chauffage, en CHF

Total de 148 millions de CHF annuels à l'échelle BEJUNE, dont:

- **122 millions de CHF pour les énergies fossiles (mazout et gaz) (82%)**
- **26 millions de CHF pour le bois et les déchets (18%)**



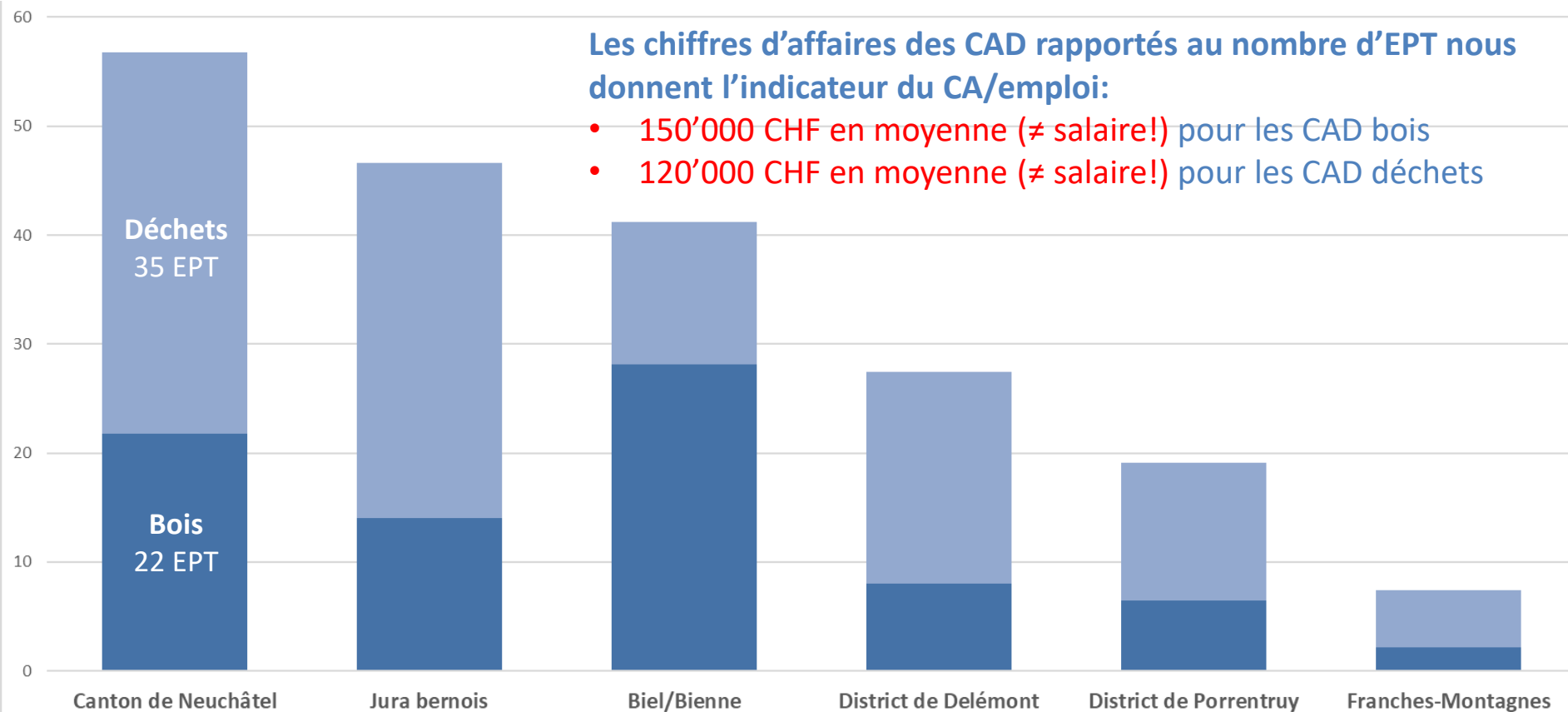
CHAUFFAGE DANS L'ESPACE BEJUNE

Estimation du nombre d'emplois EPT, par source d'énergie du chauffage

Les emplois retenus concernent **toute la chaîne en amont**: de la forêt (ou récolte des déchets) jusqu'au CAD, mais sans retenir les emplois en aval (services de pose et d'entretien des conduites, ferblanterie, etc.).

Les chiffres d'affaires des CAD rapportés au nombre d'EPT nous donnent l'indicateur du CA/emploi:

- 150'000 CHF en moyenne (≠ salaire!) pour les CAD bois
- 120'000 CHF en moyenne (≠ salaire!) pour les CAD déchets

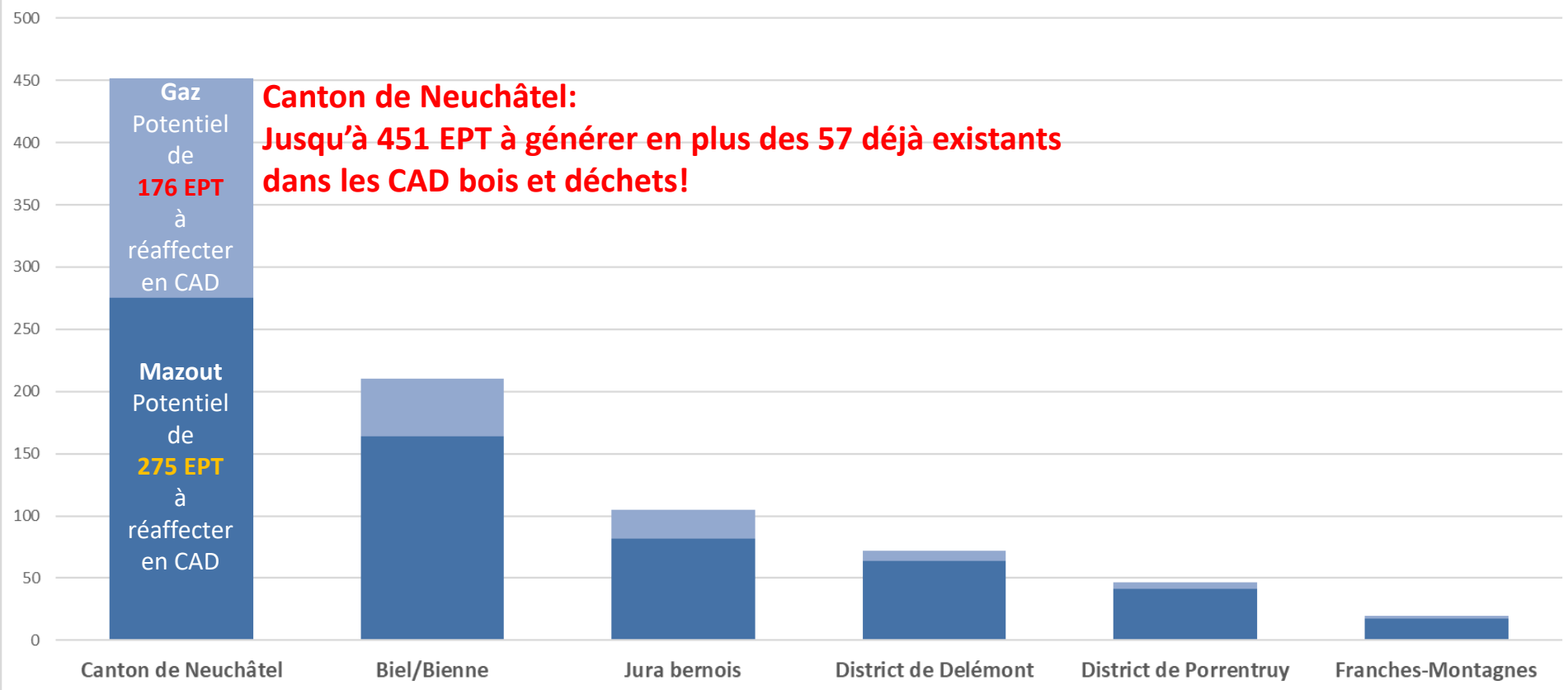




CHAUFFAGE DANS L'ESPACE BEJUNE

Potentiel moyen de création d'emplois dans les CAD en **circuits courts** à partir des deux sources d'énergie fossile du chauffage

Les chiffres d'affaires des CAD bois et déchets rapportés au nombre d'EPT nous donnent le CA/emploi moyen de **135'000 CHF (≠ salaire!)**.

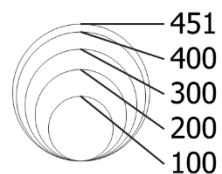


POTENTIEL D'EMPLOIS LIÉS AUX CAD

904 EPT dans l'espace BEJUNE
...sans les emplois induits en aval !

Par district

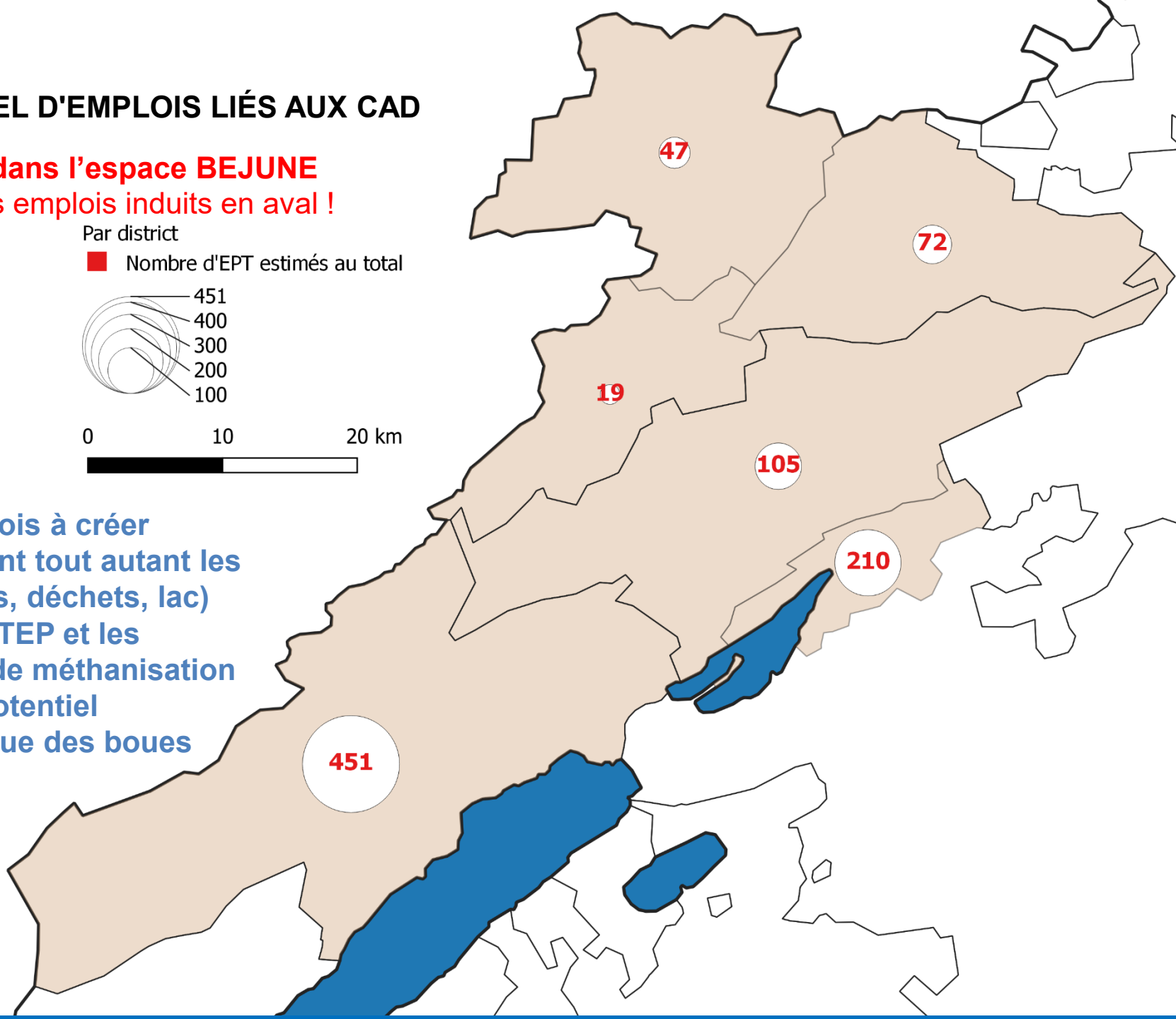
■ Nombre d'EPT estimés au total



0 10 20 km



Ces emplois à créer concernent tout autant les CAD (bois, déchets, lac) que les STEP et les stations de méthanisation avec le potentiel énergétique des boues urbaines.



CONCLUSIONS

- **Entre 82% (BEJUNE) et 89% (canton NE)** du marché actuel du chauffage des ménages concerne les énergies fossiles (mazout/gaz) **et 18% (BEJUNE) et 11% (Canton NE) les CAD bois-déchet** (sans les sources individuelles telles que les pompes à chaleur).
- **L'exploitation durable des ressources (bois, déchets, lac, boues) renferme un potentiel de développement très élevé si le marché actuel des énergies fossiles est transféré en circuits courts** (CAD, mais aussi STEP, stations de méthanisation, etc.) :
 - **Jusqu'à 122 millions de CHF annuels ou 904 EPT dans l'espace BEJUNE**
 - **Jusqu'à 60 millions de CHF annuels ou 451 EPT dans le canton de NE**

} Sans les CHF et EPT en aval !
- **Circuits courts = valorisation bois + valorisation déchets + valorisation boues urbaines**
Exemple: les collectivités publiques dans le bois possèdent 50% des ressources, mais 50% échappe au territoire (propriétaires privés externes)
- **D'après les entretiens réalisés, entre 30 à 50% des besoins au moins** pourraient être couverts par des énergies dont les **ressources sont circulaires et durables**, alors qu'actuellement on est autour des **10 à 20%**.
- **Critères relatifs à la valeur économique du kilowattheure: «étalon de mesure» assez fiable de 5 centimes le kWh** pour bois, déchets, voire boues urbaines.
- **Difficultés de mise en œuvre de l'économie circulaire et durable pour le chauffage :** filières complexes (déchets, lac, méthanisation) ou plus simples (bois), avec des infrastructures lourdes (conduites) à installer. **Potentiel d'application technologique à évaluer** pour les innovations récentes (gazéification hydrothermale).

PERSPECTIVES

- **La concurrence liée au traitement des déchets devra être gérée**
 - Exemple: **la gestion des plastiques** confiée à une entreprise jurassienne pour générer du Diesel à partir du plastique (économie circulaire non renouvelable).
 - Le même bassin de récolte du plastique est aussi exploité par Vadec: **concurrence!**
- **Modèles de gouvernance**
 - **Absence de dialogue** entre les différents acteurs d'une **même chaîne de valorisation énergétique**.
 - **Exemple dans le cas du bois**: les exploitants des chaufferies dialoguent peu avec les autres acteurs en amont ou en aval. Faut-il mettre en place une **association fédératrice** pour développer ces dialogues? Ou une **association-faitière**?
 - **Coopération BEJUNE** voire transfrontalière dans l'exploitation durable du bois de chauffe?
- **Potentiel de valorisation économique de toutes les huiles minérales et végétales**
 - En Suisse, existence de **nombreuses entreprises intermédiaires** de transport/valorisation des **huiles industrielles et alimentaires**.
 - **Exemple dans le cas de l'horlogerie**: ces huiles sont très utilisées et des intermédiaires les récupèrent pour les reconditionner, souvent à l'extérieur de la Suisse.
 - La plus grande **densité énergétique** se trouve dans ces huiles.

Robustesse territoriale et développement économique

Discussion

DISTINGUER PERFORMANCE ET ROBUSTESSE

- **La performance** est la somme de **l'efficacité** et de **l'efficience**
- **La robustesse** désigne la capacité d'un système à résister à des fluctuations.
- **Les deux concepts s'opposent. On ne peut pas être à la fois très performant et très robuste.**
- Toute performance extrême **fragilise** quelque chose (externalité, rétroaction).
- Dans l'ère de la performance, le « développement durable » **est un oxymore**. Dans de la robustesse, le « développement durable » **a du sens. Idem pour l'économie circulaire...**
 - 75 ans de performance tous azimuts ont généré **un flot de problèmes** et donc de **contestations diverses** qui conduisent à **l'effondrement progressif de l'ère de la performance**.
 - **Une ère nouvelle débute** et se renforce d'année en année, celle de **la robustesse...**

Ontologies de la performance et de la robustesse

	Performance	Robustesse
Valeurs	Efficacité et efficience	Résistance
Systèmes	Complicqués	Complexes
Anticipation	Utopie	Dystopie
Mode de coordination	Compétition	Coopération
Mode d'organisation	Silotage et délégation	Diversité et transversalité
Nature et Société	Séparées	Intriquées
Environnement	Stable	Fluctuant
Espace	Hors-sol	Territoires
Temps	Court	Long
Sols	Remembrement	Démembrement
Externalités, rétroactions	Ex post	Ex ante
Innovation	Lutte	Coopération avec le non-humain
Déchet, entropie	Conséquence	Ressource
Production	Linéaire	Cyclique
Connaissances	Propriété intellectuelle	Open Source
Santé	Silotée par domaine d'expertise	Holistique
Le sensible	Produit commercial	Bien commun

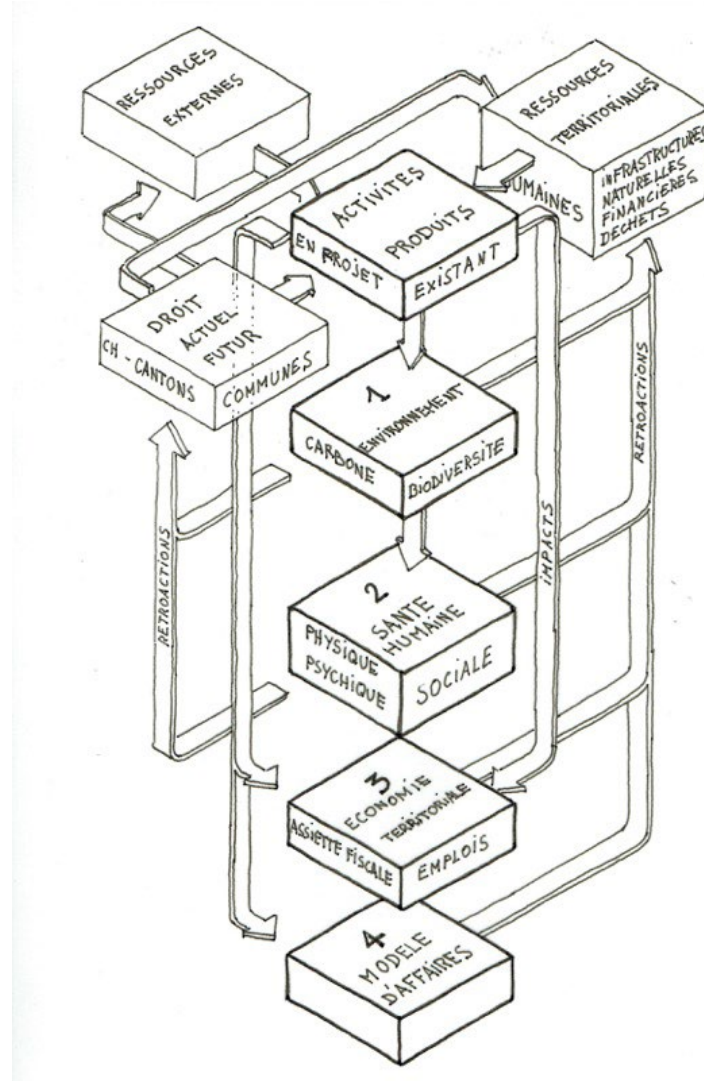
Les paysages de la performance



Les paysages de la robustesse



Schéma de robustesse (Système complexe)



- **Sous régime de performance, le droit est homogénéisant** (logique de compétition).
- **Sous régime de robustesse, les variations juridiques** déterminent la valorisation économique des ressources territoriales et stimulent l'innovation orientée robustesse:
 - Une simple **adaptation des règlements communaux** de circulation permet théoriquement de créer des centaines d'emplois dans le domaine du transport de petits colis et de déchets en mobilité douce.
 - Par la révision de **plans de quartiers, l'interdiction des toits plats et l'obligation d'intégrer du bois** dans la structure porteuse des bâtiments stimule la filière bois régionale.
- **Proposition: créer un second axe de promotion économique orienté robustesse. Charger les services cantonaux de l'énergie et de l'environnement de le mettre en œuvre.**