Journal of Alpine Research | Revue de géographie alpine

109-3 | 2021

Les matérialités de la transition énergétique en montagne : pour une approche critique

(Dé)Connecter. Matérialités énergétiques dans les sites isolés de montagne

Marie Forget et Kilian Ayroles

Édition électronique

URL : <https://journals.openedition.org/rga/9737>

DOI : 10.4000/rga.9737

ISSN : 1760-7426

Traduction(s) :

(Dis)Connected. Energy Materialities of Isolated Sites in Mountain Areas - URL : <https://journals.openedition.org/rga/9785> [eng]

Éditeur :

Association pour la diffusion de la recherche alpine, UGA Éditions/Université Grenoble Alpes

Référence électronique

Marie Forget et Kilian Ayroles, « (Dé)Connecter. Matérialités énergétiques dans les sites isolés de montagne », *Journal of Alpine Research | Revue de géographie alpine* [En ligne], 109-3 | 2021, mis en ligne le 31 décembre 2021, consulté le 08 décembre 2022. URL : <http://journals.openedition.org/rga/9737> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/rga.9737>

Ce document a été généré automatiquement le 8 décembre 2022.

Creative Commons - Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 4.0 International
- CC BY-NC-ND 4.0

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

(Dé)Connecter. Matérialités énergétiques dans les sites isolés de montagne

Marie Forget et Kilian Ayroles

Introduction

- 1 La notion de transition, si elle est utilisée dans le langage courant comme un processus homogène et unidirectionnel vers un futur incertain, fait l'objet de nombreux travaux scientifiques qui cherchent à en démontrer la grande diversité institutionnelle, économique, sociale et géographique (Bridge *et al.*, 2013 ; Anderson et Wylie, 2009 ; Calvert, 2016). Elle invite à considérer la possibilité de ruptures majeures dans le système sociotechnique (Deshaies, 2014) en ne se réduisant pas à une simple substitution des sources énergétiques fossiles et fissiles par des systèmes dits renouvelables. Il est nécessaire d'y associer les systèmes techniques, l'organisation et les pratiques sociales ainsi que les représentations du monde, en passant par les modèles culturels (Akrich *et al.*, 2006). Ces changements passent nécessairement par l'évolution des matérialités énergétiques (Bakker et Bridge, 2008 ; Balmaceda *et al.*, 2019 ; Cederlöf, 2021 ; Bridge et Gailing, 2020) s'inscrivant de l'échelle mondiale à l'échelle territoriale.
- 2 Les territoires de montagne ont une place particulière dans cette transition aussi bien en termes de sensibilité aux problématiques environnementales, de ressources énergétiques disponibles et de configuration territoriale. Ils ont tout d'abord été le centre de l'invention des services électriques avec le développement de l'hydroélectricité et l'épopée de la Houille Blanche (Varaschin *et al.*, 2012 ; Dalmaso, 2008) qui donne naissance à un réseau électrique à l'échelle nationale (Varaschin *et al.*, 2009). Cette centralité, toute relative, varie au cours du temps en fonction du rôle donné à ces territoires au sein de leurs entités nationales respectives (réserve de nature, pôle touristique, pourvoyeurs de matières premières) (Forget, 2015 ; Svampa,

2012). Si ces territoires ont le plus souvent été considérés comme des marges territoriales, elles retrouvent actuellement une centralité forte dans les processus d'entrée en transition. En effet, ces espaces à dominante rurale attirent par leur cadre environnemental plutôt préservé, par la présence d'un artisanat et d'une agriculture perçus comme « authentiques », par les matières premières qui y sont disponibles (biomasse, eau, solaire, etc.) (Perlik, 2015) et par un très fort imaginaire qui leur est associé (par ex. Girault et Laslaz, 2018 ; Debarbieux et Rudaz, 2010).

- 3 En termes énergétiques, un site isolé correspond à une habitation ou un ensemble d'habitations, un lieu de production artisanal, industriel ou de services, qui n'est pas raccordé au réseau public de distribution d'électricité. Il s'agit d'une terminologie désignant à la fois un type de service de distribution d'électricité hors réseau (*off-grid*) et sa désignation technique. Les sites isolés de montagne (refuges, cabanes ou chalets d'alpage) sont des lieux privilégiés pour observer la mise en œuvre de solutions déconnectées, du fait de leur éloignement, de la difficile accessibilité (Girault et Laslaz, 2018). Ce sont ces « sites isolés » qui seront au cœur de la problématique de cet article. Étymologiquement le mot français « isolement » vient de l'italien « *isolato* » dont la signification est « séparé de tout comme une île » (Gumuchian *et al.*, 1980). On retrouve donc en montagne des problématiques énergétiques similaires aux problématiques insulaires avec un isolement qui peut être énergétique, ou plus large¹ (Gumuchian *et al.*, 1980).
- 4 Le phénomène d'isolement peut être subi ou choisi. Les contraintes géographiques² ont engendré une configuration du réseau plus lâche que dans d'autres territoires ruraux. La rentabilité réduite au regard des investissements importants et du nombre limité de consommateurs saisonniers en a laissé certains en marge du réseau. Dans le cas d'un isolement énergétique subi, les techniques de production isolées (renouvelables ou non) permettent de se rapprocher du confort énergétique domestique des vallées. L'isolement et la sobriété peuvent être choisis pour des raisons familiales, de loisirs, culturelles ou philosophiques, éthiques, spirituelles, ouvrant ainsi à un autre rapport au milieu montagnard. Ce choix se fait souvent par opposition au monde « d'en bas » et fait appel à un mode de vie traditionnel plus fruste. D'autres utilisent la déconnexion pour mieux préserver l'environnement par l'entrée en transition : les sources énergétiques deviennent renouvelables, l'habitat autonome et les services limités forcent à la sobriété. La configuration spatiale des sites isolés, marquée par la distance permet cette mise à l'écart volontaire et l'expérimentation de modèles énergétiques qui se veulent moins impactant sur l'environnement et plus en accord avec les rythmes de la nature (Walker, 2019).
- 5 Qu'il soit choisi ou subi, l'isolement énergétique est généralement temporaire puisqu'il concerne principalement des habitats dits « non permanents » du fait d'un habiter polytopique de ces espaces (Stock, 2006), qui répond à des dynamiques touristiques (refuges et habitat secondaire) ou agricoles (chalets d'alpage ou cabane de berger). Cet isolement est alors une expérience plus ou moins longue « de dé-placement, non seulement hors du cadre de vie et hors de la sphère sociale habituelle, celle de la quotidienneté qui se situe à l'aval, en fond de vallée » (Girault et Laslaz, 2018).
- 6 Cet article questionne les modalités de la (dé)connexion et ses motivations par une approche multiscalaire, de l'échelle du bâtiment, à celle des hameaux d'altitude, jusqu'à l'intégration de vallées entières (fig. 1). Si l'accès à l'énergie en haute montagne a déjà été investi par Nicoud *et al.* (2008), peu de travaux s'intéressent aux résidences

secondaires et à l'offre d'hébergement dans les étages alpins et subalpins. Notre choix s'est porté sur des sites à forts enjeux politiques dans l'adoption de solutions d'accès à l'énergie et recouvrant les fonctions résidentielle et touristique. Nous avons exclu de l'analyse les chalets servant de résidences secondaires sans service énergétique ainsi que les chalets liés à l'activité agropastorale, qui relèvent d'autres dynamiques. Ces cas feront l'objet d'un autre article.

Fig. 1. Configurations d'accès à l'énergie dans les sites isolés de montagne étudiés

- 7 Nous analyserons tout d'abord la volonté de vivre « comme en bas » en conjurant les contraintes de la déconnexion à travers des solutions bricolées ou plus institutionnelles. Nous considérons ensuite l'isolement énergétique comme un choix de vie au service de nouvelles trajectoires énergétiques. La méthode sur laquelle se base cet article est fondée sur un travail de terrain réalisé au fil des ans et plus particulièrement lors de l'été 2019. Ce travail de terrain a été réalisé dans le cadre des projets VEDETTE³ et TESLA⁴, a permis de réaliser une cinquantaine d'entretiens semi-dirigés avec des élus et des acteurs institutionnels⁵ et les habitants de ces espaces. Ces entretiens ont été complétés par des entretiens plus récents. Des méthodes d'analyse qualitative des données ont ensuite été appliquées aux matériaux récoltés.

Sortir du sentier ou le rejoindre ?

- 8 Les techniques développées au cours du XIX^e et XX^e siècle ont favorisé la production d'énergie à très fortes densités énergétiques⁶ en reliant les espaces de production et de consommation par des infrastructures en réseau. Ces systèmes sociotechniques (Akrich *et al.*, 2006) matérialisent nos modes d'organisation collective (Rumpala, 2019). En fonction de la configuration de leur déploiement, les énergies renouvelables peuvent soit intensifier la « dépendance au sentier » soit la réduire (Aykut et Evrard, 2017), en diminuant le poids du système sociotechnique antérieur. La réouverture des

possibilités techniques grâce à ces technologies décentralisées permet de déployer de nouvelles ressources et de proposer de nouvelles configurations spatiales. Dans les territoires de montagne alpins, nous sommes sortis du paradigme de l'électrification rurale, la couverture énergétique étant considérée comme achevée. Il existe néanmoins un manque d'accès au service pour certains habitats ou activités saisonnières.

Dispositifs énergétiques déconnectés : fossiles et bricolés

- 9 Les solutions d'alimentation électrique des sites isolés relèvent de plusieurs cas de figure. Ils peuvent être desservis soit :
 1. par le distributeur national Enedis, qui peut proposer des solutions techniques dites « en site isolé ». Des solutions déconnectées sont proposées si l'extension du réseau a un coût trop important. Leur dimensionnement est pensé en fonction des besoins et leur financement se fait sur le Fonds d'amortissement des charges d'électrification (FACÉ)⁶. Enedis est alors en charge de la distribution énergétique. Il signe un contrat spécifique à chaque site et a obligation de service (production et maintenance). Cela peut néanmoins poser problème dans les sites isolés de montagne difficilement accessibles durant la saison hivernale.
 2. En autonomie, avec des systèmes institutionnalisés ou plus ou moins bricolés. Ces systèmes sont alors souvent pensés sur la base d'une hybridation entre énergie fossile et renouvelable. Ils sont alors à la seule charge du propriétaire du lieu et soumis à autorisation.
- 10 Dans les faits, ces deux modèles se combinent, car, être reconnu en site isolé permet d'avoir accès à un service énergétique, à des subventions et de bénéficier d'un savoir-faire technique pour le dimensionnement des infrastructures. Le bricolage quant à lui est souvent utilisé par les habitants pour maintenir et réparer le système sans avoir recours aux services de l'opérateur de distribution. Les groupes électrogènes sont les dispositifs techniques les plus utilisés par les professionnels du tourisme et ponctuellement par des résidents. Ils sont peu onéreux à l'achat, compacts et utilisables en tout lieu et par tout temps. Cette flexibilité (Bustos-Gallardo *et al.*, 2021) est contrebalancée par les nuisances (bruit, odeurs), par sa complexité logistique (rotations d'hélicoptère) et son coût. Par exemple, le refuge Ricou, avant l'installation d'une picocentrale hydroélectrique de 6 kW consommait « 4000 L de fioul par an, 28 bouteilles de gaz de 35 kg, et 25 stères de bois » (gardien du refuge Ricou).
- 11 Le plus souvent, l'alimentation se fait avec des sources énergétiques hybrides, bricolées avec ou sans autorisation (photos 1A et 1B). Les turbines hydroélectriques et le solaire photovoltaïque sont les sources les plus utilisées. Les captages d'eau informels peuvent devenir problématiques quand ils prennent place dans des espaces protégés ou s'ils alimentent en énergie plusieurs bâtiments. Les installations, si elles n'ont pas d'impact important à l'échelle individuelle, possèdent un effet cumulatif. Dans le cas de la Vallée Étroite⁸ qui compte deux refuges et une trentaine de chalets, des prises d'eau « sauvages » alimentent des turbines privées et le hameau en eau potable⁹ (photos 1A).

Photo 1A. Prises d'eau informelles dans la Vallée Étroite au droit du hameau des Granges (Hautes-Alpes) ; 1B. Prise d'eau informelle en amont du hameau de Dormillouse (Parc national des Écrins).

Source : K. Ayroles, 2019

- 12 Agir en faveur d'un accès à l'énergie de manière collective est donc une opportunité pour l'État de supprimer les dispositifs utilisant des ressources fossiles et de régulariser les solutions informelles, qui sont autant de matérialités non contrôlées. Toutefois ces actions relèvent de motivations multiples, les entretiens ayant montré que la motivation environnementale est rarement la plus motrice. Une des raisons principales est la réduction de la précarité énergétique des travailleurs et le gain de temps lié à la maintenance et à la logistique. L'énergie hydroélectrique est perçue comme plus fiable et mécaniquement plus simple. Elle est également moins coûteuse et de logistique plus facile. En revanche, les demandes d'autorisation sont plus complexes, coûteuses et longues pour la mise en place de solutions renouvelables. Les contraintes juridiques, environnementales, paysagères et culturelles peuvent parfois décourager comme l'évoque le gardien du refuge de Ricou qui s'est lancé dans l'aventure par conviction environnementale¹⁰.
- 13 Les territoires de montagne, et particulièrement les sites isolés, sont des lieux phares de la transition énergétique de par la manière dont ils sont perçus et des imaginaires qui leur sont associés (Debarbieux, 2010). On y retrouve toutefois des modèles de transition assez différents avec un éventail de propositions allant de la transition comme support de la croissance touristique dans une logique d'offre de service pour « vivre comme en bas », au soutien d'une consommation frugale et d'une sobriété énergétique consentie.

Vivre comme en bas ?

- 14 Les sites isolés connaissent une dynamique de réappropriation de plus en plus importante, s'inscrivant dans la volonté de diversifier les activités touristiques en montagne avec une forte demande de « naturalité » de l'offre (Bourdeau *et al.*, 2011 ; Hagimont, 2017). Ainsi, les refuges cherchent à moderniser leurs services énergétiques pour répondre à l'augmentation des normes d'hygiène et de sécurité⁷ et de confort⁸. La force hydraulique reste la source énergétique renouvelable principale à laquelle s'ajoutent les installations solaires photovoltaïques et thermiques. On y lit donc facilement cette dépendance au lieu ou « *place dependance* » et la matérialité de l'énergie fonction des ressources naturelles locales (Chabrol, 2016).

- 15 Les énergies renouvelables, grâce aux progrès technologiques, offrent une alternative aux déconnexions subies et sont concomitantes du réinvestissement résidentiel de lieux partiellement abandonnés. Des hameaux de montagne retrouvent une habitabilité saisonnière, voire un habitat permanent, c'est le cas des hameaux de Dormillouse dans la vallée de Freissinières. La quinzaine de chalets qui les composent (photo 2) servent à la villégiature privée ou commerciale (gîtes et chambres d'hôtes), durant les périodes estivale et hivernale. Depuis une quarantaine d'années, une partie des résidents demande le raccordement des trois hameaux, projet peu appuyé par la commune de Freissinières et compliqué car localisé au cœur du Parc national des Écrins : l'établissement public avait refusé une éventuelle connexion aérienne. Aucun consensus n'a été trouvé au sujet du statut des résidences : considérées comme des résidences secondaires par la commune et le Parc, les habitants considèrent Dormillouse comme un « village » (résident retraité) qui disposait avec un réseau isolé de distribution d'électricité bricolé dans l'entre-deux-guerres. Le service énergétique à fournir n'est donc pas identique. Actuellement, il existe un accès partiel et individuel à l'énergie, la plupart du temps bricolé : groupe électrogène et panneaux solaires pour une maison, avec un exemple de petit parc de batterie (photo 3), et des prises d'eau sauvages pour l'hydroélectricité du refuge de L'École, qui est un refuge pilote auprès de l'État.

Photo 2 : Le village de Dormillouse se compose de 3 hameaux : Les Enflous, les Esclayers, les Romans

Photo 3. Groupe électrogène, panneau solaire et série de batteries pour stocker l'énergie solaire (hameau de Dormillouse, Parc naturel des Écrins).

Source : K. Ayroles, juillet 2019.

- 16 Il existe un manque de consensus au sein du hameau sur les projets à mener. Les héritiers des chalets dont les parents ont habité le village demandent une reconnexion à la vallée qui se matérialise par la reconstruction d'une route et l'extension du réseau électrique : « lorsqu'il y avait eu les travaux pour l'eau potable, on nous avait proposé gratuitement de refaire la route, on aurait pu enfouir les câbles » (Éric, berger à Dormillouse), « si on peut pas venir, pourquoi avoir l'électricité » (résident retraité), voire des formes de lassitude : « ça fait quarante ans que l'on a demandé l'électricité » (résident et ancien gardien du refuge de l'École). Les néo-arrivants sont souvent ceux qui relancent le projet d'autonomie collective : « l'association c'est une idée des habitants, mais le problème c'est que l'on pallie à l'État » (résident intermittent). Parmi eux, ceux qui opèrent des gîtes ou des chambres d'hôtes pilotent un projet d'équipement énergétique collectif autour de l'école : « Avec le raccordement, on veut faire monter l'énergie nucléaire ici, alors que l'on a les torrents » (gardien du refuge de l'École). En tant que refuge pilote, pour l'État l'objectif est de régulariser les prises d'eau anarchiques. D'autres résidents disposent d'équipements individuels sophistiqués et ne sont pas dépendants d'un éventuel raccordement ou projet commun d'autonomie : « Le CSM [un dispositif de domotique] nous dit s'il y a un problème électrique ou thermique [au gîte]. Ici on a tout comme en bas » (propriétaire du gîte L'Écrin de Violette). Des résidents plus occasionnels s'accommodent d'une plus grande précarité énergétique quand ils sont « en haut ». La dernière catégorie de population, héritière de l'expérience communautaire locale des années 1970, a une conception assez ouverte mais souhaite préserver l'isolement du village et s'oppose à un éclairage public par exemple : « Au début de ce projet et avec les panneaux solaires, le Parc avait dit "pas de lumière la nuit" : ici on n'a pas de pollution lumineuse » (ancien résident).
- 17 Le projet de réseau collectif en site isolé est donc affaibli par les conceptions différentes du service énergétique, le manque de pilotage par la commune au sein du Parc national et la nécessaire mise aux normes des installations électriques des chalets engendrant des coûts que certains propriétaires ne sont pas prêts à supporter. La réglementation (demande de permis et mise aux normes des installations électriques et d'hygiène et de sécurité), le coût de l'investissement des installations, et l'efficacité du bricolage individuel (groupes électrogènes, système solaire, hydroélectricité informelle) sont donc des freins à la constitution de systèmes collectifs autonomes.

L'isolement énergétique, une opportunité au service de la transition

- 18 Pour certains gestionnaires de sites isolés, la localisation et les contraintes qui y sont associées deviennent une opportunité pour servir de démonstrateur d'autoconsommation et/ou montrer la voie de la sobriété devenant, pour certains, pilotes d'innovations techniques, juridiques et institutionnelles. Des processus de déverrouillage sociotechniques sont à l'œuvre à travers l'évolution du cadre législatif général généré par la demande de collectifs citoyens, les évolutions technologiques, l'acceptation progressive de la sobriété (dans le cadre d'un tourisme durable porté par les imaginaires liés à la montagne), mais également en creux par les projets de territoire portés par les acteurs des espaces protégés qui empêchent l'extension du réseau.

Coupons le câble

- 19 Que l'on joue sur la production via des énergies renouvelables ou sur la sobriété de la demande, le refuge est un lieu d'expérimentation privilégié (Roussillon, 2014). Ces derniers n'ont pas tous le même profil de clientèle et la sobriété « acceptable » n'est pas la même partout. D'ailleurs, une tendance à la montée en gamme des services est apparue ces dernières années. Le passage vers un service énergétique renouvelable peut ainsi être le support de la croissance touristique par l'amélioration de l'offre permettant d'offrir des services énergétiques comme en bas. Ce modèle nécessite donc de sur-dimensionner les dispositifs énergétiques avec une gestion par l'offre sans objectifs sur la réduction de la demande.
- 20 C'est par exemple le cas du refuge-porte du Plan du Lac (commune de Val Cenis), situé en limite de cœur du Parc national de la Vanoise. Il a été connecté au réseau dans les années 1960 avec l'ouverture de la route et la création de la prise d'eau d'Entre-Deux Eaux alimentant les barrages de Plan d'Amont et Plan d'Aval à Aussois (Jail, 1973). Cette ligne électrique de 20 kV était nécessaire au fonctionnement des systèmes informatiques de la prise d'eau permettant son contrôle à distance. Lors de sa construction, elle a également permis d'alimenter le refuge (photos 4A et 4D).

Photos 4A. Pylônes de la ligne électrique connectant la prise d'eau et le refuge de Plan du Lac ; 4B. Refuge du Plan du Lac et ses installations renouvelables : panneaux solaires thermiques et photovoltaïques en toiture ; 4C. Prise d'eau d'Entre deux Eaux ; 4D. Câble sectionné en attente de démantèlement.

Source : K. Ayroles, juillet 2019

- 21 Le Parc qui est le propriétaire du refuge, en concertation avec EDF et Enedis, ainsi qu'avec les financeurs (État, Région, Département, Agence de l'eau), a fait le choix d'une autonomisation énergétique, tout en maintenant le niveau d'équipement du refuge. Ils y trouvent chacun un intérêt différent : le Parc voit une opportunité pour éliminer un « point noir paysager » et améliorer l'image du refuge ; Enedis, celle d'une réduction des coûts de maintenance et d'opération, et EDF accompagne ce projet en autonomisant le système informatique de la prise d'eau. Ce refuge a ainsi été déconnecté du réseau en juillet 2019 en s'équipant de panneaux solaires pour la lumière, les appareils électriques et une partie de l'eau chaude⁹. Un parc de batteries stocke l'énergie électrique nécessaire pour garantir une autonomie de plusieurs jours. Une chaudière à granulés de bois fait l'appoint de production pour l'eau chaude et chauffe une partie des locaux. Le gaz reste utilisé pour les appareils de cuisine et un groupe électrogène de secours complète le dispositif. L'utilisation de matériels plus performants permet de réduire fortement la facture énergétique avec la consommation qui devrait passer de 122 kWh/j à 28 kWh/j et un niveau de confort inchangé.

Au rythme de la montagne

- 22 Si les solutions techniques permettent de rendre les bâtiments autonomes, elles ne s'accompagnent pas toujours d'une réflexion sur la sobriété nécessaire. Certains refuges revendiquent un rôle d'éducation à l'environnement : « On a installé un vélo pour recharger les téléphones portables, parce qu'il y avait de la demande. Mais c'est surtout un outil pédagogique » (Gardien du refuge du Viso).

- 23 Ainsi ils acceptent et encouragent la redéfinition des comportements et des temporalités de vie par un accès plus sobre et moins permanent à l'énergie (Walker, 2019). Les refuges, à l'image de ceux du Viso (Queyras) et de Ricou (Clarée), peuvent également s'envisager comme des espaces de sobriété volontaire : « l'idée ce n'est pas d'avoir plus d'énergie pour consommer plus et installer plus d'équipement » (gardien du refuge du Viso). Portée par leurs gardiens, l'association des refuges des Hautes-Alpes revendique un droit à la différenciation pour assouplir les dossiers administratifs qui requièrent au minimum deux ans de démarches et engendrent des coûts qu'ils ne peuvent pas supporter seuls : « Nous on veut être autonomes, sans grande instance, ils veulent facturer comme un service en bas, ici il n'y a que nous qui pouvons gérer la maintenance » (gardien du refuge Ricou). Les contraintes réglementaires et environnementales sont identiques sur le territoire national, mais la localisation dans un espace protégé¹⁰ augmente les exigences : pour la picocentrale hydroélectrique de 6 kW du refuge Ricou, sont demandés une étude de biodiversité, le calcul du débit issu du bassin versant, une étude floristique, une enquête publique auxquels s'ajoute l'avis de la Commission des Sites.
- 24 Ce choix de sobriété est donc conscient et assumé et se met au service d'un type de tourisme « responsable » qui est néanmoins de plus en plus contraint par des exigences nationales en termes de normes d'hygiène et de sécurité qui demandent plus d'énergie. Des négociations entre État et gardiens se mettent aujourd'hui en place pour faciliter les démarches d'autorisation (notamment dans le cadre du Contrat de transition écologique et solidaire). Un réseau de six refuges pilotes¹¹ pour la transition environnementale a ainsi vu le jour dans les Hautes-Alpes pour construire des retours d'expériences sur l'installation de chauffe-eau solaires et de système de turbinage hydroélectrique.

Démarches pilotes

- 25 Certains acteurs, tels que le Parc national de la Vanoise se sont saisi de l'opportunité de la transition pour réduire les nuisances environnementales liées à l'usage des groupes électrogènes. Il soutient le projet de basculer progressivement les 13 refuges en sites isolés en alimentation renouvelable. Le refuge du Plan du Lac en est un exemple, tout comme le refuge du col du Palet à Peisey-Nancroix équipé d'une pile à hydrogène expérimentale depuis 2015. Pour gérer les ressources énergétiques, d'importants efforts de rationalisation sont réalisés afin d'optimiser la production et le stockage de l'énergie solaire en intersaisons pour la redistribuer en haute saison. L'ensemble des panneaux photovoltaïques subviennent aux besoins quotidiens du refuge en saison d'ouverture et alimentent l'électrolyseur, en particulier l'hiver lorsque le refuge n'est pas gardé.
- 26 Les sites isolés en montagne permettent de tester de nouvelles solutions de stockage et de restitution de l'énergie et ainsi d'en penser les matérialités. Parmi les contraintes rencontrées, le besoin de connexion intelligente entre les constituants du système, suivi à distance, a nécessité le recours à une liaison par satellite faute de connectivité téléphonique. Les contraintes matérielles imposent également un local indépendant éloigné des autres bâtiments pour des questions de sécurité inhérente à la pression rencontrée dans les réservoirs à hydrogène. Grâce à l'expérience du Col du Palet, la même solution a pu être mise en œuvre pour l'alimentation en électricité dans un

hameau isolé du cirque de Mafate à la Réunion (Zélem, 2015), dans un bâtiment autonome en énergie de la métropole nantaise et dans des lycées de la Région Franche-Comté.

- 27 Cette solution a également été envisagée dans la Vallée Étroite sur la commune de Névache dans les Hautes-Alpes, à la frontière italienne. Elle a finalement été abandonnée du fait de son coût, équivalent ou supérieur à celui de la ligne de distribution depuis le réseau électrique national¹². Cette vallée est un ancien territoire italien, devenu française après-guerre (1947). En février 2021, elle est présentée par le Préfet de Région comme « la dernière vallée non électrifiée de France »¹³, alors qu'il s'agit d'un hameau d'alpage. Touristique été comme hiver pour la randonnée pédestre et à ski, elle compte deux refuges et une trentaine de chalets. Depuis une dizaine d'années, les habitants et commerçants de cette vallée demandent à la commune l'électrification des hameaux. Les contraintes sont importantes, car la vallée est coupée du reste du territoire communal durant les quatre mois d'hiver en raison de la fermeture du Col de l'Échelle. L'accès à l'énergie actuel est « bricolé », comptant 4 turbines hydroélectriques, quelques alimentations d'appoint avec des panneaux photovoltaïques et des groupes électrogènes individuels. Pour dépasser l'enclavement énergétique un projet a été lancé pour construire la première *microgrid* alimentée par une centrale hydroélectrique collective, en site isolé, gérée par l'opérateur Enedis. Cette solution n'est pas nouvelle en soi, mais sa particularité révèle un vide juridique puisque ce statut est réservé aux territoires insulaires et est directement géré par EDF. L'enjeu principal pour Enedis est, d'une part, la difficulté de maintenance du système et, d'autre part, l'engagement de fournir un service équivalent à ceux proposés par le réseau. Le projet inclut ainsi une limitation de la demande énergétique de 3KVa par maison, contrat qui n'existe plus sur le reste du territoire national. Il reste, de plus, plusieurs points administratifs à préciser quant à la liberté de choix du fournisseur pour les consommateurs, à l'équilibrage des coûts d'exploitation par la péréquation nationale et à l'engagement à ne pas solliciter davantage de fourniture d'électricité sur le moyen terme.
- 28 Ces projets et négociations, débutés en 2015 ne semblent cependant plus d'actualité, le Préfet de Région ayant annoncé en février 2021 la connexion du hameau au réseau électrique italien qui opère un barrage électrique quelques kilomètres en aval géré par ENEL. Les projets autonomes deviendraient alors caducs car le coût de l'extension est nettement diminué par rapport à l'extension du réseau français. Le projet d'alimentation en électricité consiste à poser en technique souterraine un câble de 15 000 volts sur une distance de 4600 m permettant la mise en service de trois postes de distribution et de conversion basse tension.

Conclusion

- 29 Les réponses techniques aux contraintes de l'isolement semblent trouver un écho aux préconisations de sobriété énergétique portée dans le cadre de la transition. Les sites isolés de montagnes offrent l'opportunité de penser modèle de service énergétique fondé sur les ressources énergétiques locales, une grande sobriété rythmée par les apports énergétiques captés, donnant une nouvelle chance aux solutions autonomes à l'échelle du bâtiment ou du groupe de bâtiments. Il est possible de regrouper les matérialités énergétiques en quatre grandes catégories : (1) le **bricolage** (fondés ou

non sur les énergies renouvelables) pour lesquels le raccordement au réseau n'est pas envisagé, (2) **la distribution d'électricité en site isolé** normée et régularisée à l'échelle d'un bâtiment et gérée par Enedis, avec des blocages concernant une distribution collective. (3) **des refuges pilotes** où l'objectif est la simplification juridique, la régularisation technique et administrative de picocentrales hydroélectriques privées (4) **l'extension du réseau**. Souvent, ces catégories coexistent comme à Dormillouse où cohabitent des systèmes bricolés individuels, un projet d'approvisionnement collectif par *micro-grid*, un projet de refuge pilote en site isolé, et un projet de raccordement.

- 30 Les expérimentations présentent des succès en demi-teinte avec un rôle clé des acteurs portant les projets : ceux du Parc national de la Vanoise avec le refuge de Plan du Lac et du Col du Palet ont abouti et on fait modèle, en revanche ceux de la Vallée Étroite se sont recomposés plusieurs fois et se soldent par un semi-échec puisque la vallée pourrait être raccordée au réseau. Pour le hameau de Dormillouse, la superposition de plusieurs projets incompatibles, soutenus inégalement par les acteurs institutionnels et les habitants, rendent difficile la résolution des problèmes d'accès aux services énergétiques, malgré la constitution d'une association des résidents.
- 31 La volonté de sobriété, l'efficacité énergétique et les énergies renouvelables trouvent ainsi leur place, à différentes échelles et selon des modes de consommation différents. Les refuges sont à ce titre des territoires d'innovation particulièrement intéressants, interrogeant à la fois sur les pratiques de consommation et de production autonome. Les différents exemples empiriques présentés montrent, chacun à leur manière, leur potentiel de « marge créative » en faisant évoluer les cadres réglementaires par des innovations cumulatives dans les domaines juridiques, la gouvernance institutionnelle, ou la création de collectifs citoyens impliqués. Cela permet de repenser l'organisation technique des réseaux et de renouveler les jeux d'acteurs ainsi que d'instrumentaliser la contrainte en travaillant sur l'exemplarité, notamment dans les espaces protégés. Les sites isolés en montagne sont néanmoins des laboratoires fragiles car l'exportabilité de ces modèles sociotechniques reste limitée.
- 32 Les matérialités énergétiques sont alors pensées à l'échelle des bâtiments avec les dispositifs de production et de stockage (panneaux solaires, turbines et batteries). À l'échelle du site l'autonomie implique le déploiement de nouveaux réseaux de câbles connectant le *microgrid*, de tuyaux pour la collecte et adduction eau vers les turbines qui peuvent impacter paysages et environnement immédiat. L'enjeu central est surtout de penser les projets à une échelle plus vaste, complexifiant techniquement (réseau et équilibre réseau), juridiquement, institutionnellement et socialement les projets.
- 33 Mais on ne peut comprendre les sites isolés que dans leurs relations au territoire plus vaste, notamment à travers l'émergence de nouveaux territoires énergétiques spécifiques nés d'une synergie entre syndicats d'électrification (ex Syme05), collectivités territoriales (communes, département et région), établissements publics gestionnaires des espaces protégés, entreprises d'installation d'énergie renouvelable (surtout solaire) et forums sur l'énergie (forum OCOVA). De plus, si l'échelle d'aménagement du site stricto sensu est plutôt limitée, la filière de production et de stockage des dispositifs de production renouvelables¹⁴ est pleinement intégrée dans la mondialisation et soulève d'autres controverses. En effet, ces technologies sont très fortement demandeuses en matières premières (silicium, cuivre, lithium, etc.) (Forget *et al.*, 2021). Ainsi, des fronts énergétiques se mettent en place à l'échelle des territoires

de montagne de l'Arc alpin visant à déployer des solutions autonomes et propres (Carrizo et Forget, 2017 ; Forget *et al.*, 2021). À ces fronts, répondent d'autres fronts énergétiques et miniers permettant de répondre à la demande croissante des matières premières pour la construction des dispositifs de production et de stockage de l'énergie. Un double mouvement de mise en ressource apparaît ainsi : la mise en ressource de nouveaux gisements énergétiques locaux (pico-hydroélectricité, solaire thermique, solaire photovoltaïque) et la mise en ressource de gisements lointains (Guibert, Sabourin, 2019). Les énergies renouvelables, sous leurs multiples formes, rappellent que si les ressources sont des constructions sociales, la matière et, partant les territoires où elles se trouvent, sont centraux dans la production énergétique.

BIBLIOGRAPHIE

Anderson B, Wylie J., 2009.- « On Geography and Materiality », dans *Environment and Planning A : Economy and Space*, vol. 41, n° 2, p. 318-335.

Akrich M., Callon M., Latour B., 2006.- *Sociologie de la traduction. Textes fondateurs*, Paris, Presses de l'École des Mines.

Aykut S., Evrard A., 2017.- « Une transition pour que rien ne change ? Changement institutionnel et dépendance au sentier dans les “transitions énergétiques” en Allemagne et en France », dans *Revue internationale de politique comparée*, vol. 24, n° 1-2, p. 17-49.

Balmaceda M., Högselius P., Johnson C., Pleines H., Rogers D., Tynkkynen V., 2019.- « Energy materiality: A conceptual review of multi-disciplinary approaches », dans *Energy Research & Social Science*, vol. 56, p. 101220.

Bakker K, Bridge G. 2006.- « Material worlds? Resource geographies and the ‘matter of nature’ », dans *Progress in Human Geography*, vol. 30, n° 1, p. 5-27.

Blanchon D., Boissière A., 2009.- *Atlas mondial de l'eau. De l'eau pour tous ?*, Paris, Autrement, 79 p.

Bustos-Gallardo B., Bridge G., Prieto M., 2021.- « Harvesting Lithium: water, brine and the industrial dynamics of production in the Salar de Atacama », dans *Geoforum*, vol. 119, p. 177-189.

Bourdeau P., Mao P., Corneloup J., 2011.- « Les sports de nature comme médiateurs du “pas de deux” ville-montagne. Une habitabilité en devenir ? », dans *Annales de géographie*, vol. 4, n° 680, p. 449-460.

Bridge, G., Bouzarovski, S., Bradshaw, M., Eyre, N., 2013- « Geographies of Energy Transition: Space, Place and the Low-Carbon Economy », dans *Energy Policy*, vol. 53, p. 331-340.

Carrizo S.C, Forget M., 2017, « Fronteras y frentes energéticos en Argentina », dans *Revista Orbis Latina*, vol. 7, n° 1, Foz do Iguaçu/ PR (Brasil), Janeiro, p. 37-51. En ligne : <https://revistas.unila.edu.br/index.php/orbis> (consulté le 15 décembre 2021).

Calvert K., 2016.- « From “energy geography” to “energy geographies”: Perspectives on a fertile academic borderland », dans *Progress in Human Geography*, vol. 40, no 1, p. 105-125.

- Cederlöf G., 2021.- « Out of steam: Energy, materiality, and political ecology », dans *Progress in Human Geography*, vol. 45, no 1, p. 70-87.
- Chabrol M., 2016.- Énergie, territoire et Path dependence : enjeux spatiaux et territoriaux d'une déclinaison régionale de la transition énergétique en Provence-Alpes-Côte d'Azur, Thèse d'Histoire, Université d'Avignon, 324 p.
- Dalmasso A., 2008.- « Barrages et développement dans les Alpes françaises de l'entre-deux-guerres », dans *Revue de Géographie Alpine / Journal of Alpine Research*, vol. 96, n° 1, mis en ligne le 03 mars 2009. En ligne : <https://journals.openedition.org/rga/400> (consulté le 3 mars 2021).
- Debarbieux B. et Rudaz G., 2010.- Les faiseurs de montagne. Imaginaires politiques et territorialités (XVIII^e-XXI^e siècle). Paris, CNRS Éditions, 373 p.
- Deshaies, M., 2014.- « Les évolutions récentes du système de production d'électricité français : les défis de la transition énergétique », dans *L'Information géographique*, 2014/4, vol. 78, p. 6-26. En ligne : <https://www-cairn-info.camphrier-1.grenet.fr/revue-l-information-geographique-2014-4-page-6.htm>
- Duruissseau, K., 2014.- « L'émergence du concept de transition énergétique. Quels apports de la géographie ? », dans *Bulletin de la Société Géographique de Liège*, vol. 63, p. 21-34.
- Forget, M., Bos, V., Carrizo, S., 2021.- « De nouveaux territoires énergétiques dans les Andes et les Alpes. Sur les sentiers des transitions », dans *Espaces, Populations, Sociétés*.
- Girault C., Laslaz L., 2018.- « Penser l'espace montagnard dans la solitude », dans *Géographie et cultures*, vol. 108. En ligne : <http://journals.openedition.org/gc/9392> (consulté le 27 janvier 2021).
- Gumuchian H., Mériaudeau R., Peltier C., 1980.- « L'isolement en montagne : éléments de réflexion », dans *Revue de géographie alpine / Journal of Alpine Research*, vol. 68, n° 4, p. 305-325. En ligne : https://www.persee.fr/doc/rga_0035-1121_1980_num_68_4_2209 (consulté le 15 décembre 2021).
- Hagimont S., 2017.- « Les montagnes touristiques. Altérations et permanences d'un imaginaire de la ruralité (Pyrénées, fin XVIII^e-XXI^e siècle) », dans P. Hamman (éd.), *Ruralité, nature et environnement. Entre savoirs et imaginaires*, Toulouse, Érès, coll. « Sociétés urbaines et rurales — Poche », p. 425-454.
- Jail, M., 1973.- « Deux réalisations récentes en Haute-Maurienne : le barrage-réservoir du Mont-Cenis et la route pastorale d'Entre-Deux-Eaux ; leur répercussion sur quelques secteurs de l'économie locale », dans *Travaux scientifiques du Parc national de la Vanoise*, Tome III, p. 207-218.
- Laslaz, L., 2005.- Les zones centrales des Parcs Nationaux alpins français (Vanoise, Écrins, Mercantour) : des conflits au consensus social ? Contribution critique à l'analyse des processus territoriaux d'admission des espaces protégés et des rapports entre sociétés et politiques d'aménagement en milieux montagnards, Thèse de doctorat en géographie, Chambéry, Université de Savoie, 2 vol., 644 p.
- Laslaz L., Cadoret A. et Milian J. 2020.- *Atlas des espaces protégés en France. Des territoires en partage ?*, Muséum national d'Histoire naturelle, Paris, 120 p.
- Guibert M., Sabourin E., 2019.- *Ressources, inégalités et développement des territoires ruraux en Amérique latine, dans la Caraïbe et en Europe*. Retour sur le colloque IdA – AFD – EU – LAC, 189 p. En ligne : https://agritrop.cirad.fr/595911/1/ouvrage%20territoires%20ruraux%20ALC%20&%20UE%20Colloque_2019%20IdA.pdf (consulté le 15 décembre 2021).

- Nicoud G. (dir.), Boldo P., Beltramo R., Duglio S., 2008.- « Énergie en site isolé d'altitude », Rapport Programme Interreg III, Alcotra, Projet Refuges, no 192, 40 p.
- Perlik M., 2015.- « Les territoires de montagne comme fournisseurs mondiaux de ressources : nouvelles formes de disparités entre montagnes et pôles métropolitains », dans *Journal of Alpine Research / Revue de géographie alpine*, vol. 103, n° 3. En ligne : <http://journals.openedition.org.camphrier-1.grenet.fr/rga/3130> (consulté le 5 mars 2021).
- Rumpala Y. 2013.- « Formes alternatives de production énergétique et reconfigurations politiques. La sociologie des énergies alternatives comme étude des potentialités de réorganisation du collectif », dans *Flux*, vol. 2, n° 92, p. 47-61.
- Roussillon A., 2014.- « Opération collective de gestion environnementale. Refuges gardés des Pyrénées », Communication 2^e Journée Technique du Tourisme Durable en Midi-Pyrénées, ADEME, ARPE Languedoc Roussillon, Région Midi Pyrénées, 22 p.
- Smil, V., 2010.- *Energy Transitions. History, Requirements, Prospects*, Santa Barbara, Praeger, 178 p.
- Stock M., 2006.- « L'hypothèse de l'habiter poly-topique : pratiquer les lieux géographiques dans les sociétés à individus mobiles », dans *EspacesTemps.net*. En ligne : <https://www.espacestems.net/articles/hypothese-habiter-polytopique> (consulté le 15 décembre 2021).
- Svampa M., 2012.- « Consenso de los commodities, giro ecoterritorial y pensamiento crítico en América Latina », dans *Observatorio Social de América Latina*, n° 32, p. 15-39. En ligne : <http://maristellavsvampa.net/archivos/ensayo59.pdf> (consulté le 15 décembre 2021).
- Varaschin D., Beltran A., Bouneau C., Bouvier Y. et Williot J-P., 2009.- *État et énergie : XIX^e-XX^e siècles*, Paris, Comité pour l'histoire économique et financière de la France, 624 p.
- Varaschin D., Bouneau C., Laborie L., Viguié R., Bouvier Y., 2012.- *Les Paysages de l'électricité : Perspectives historiques et enjeux contemporains (XIX^e-XX^e siècles)*, Bruxelles, PIE Peter Lang, 2012, 273 p.
- Walker G., 2019.- « Rythmanalyse des relations énergie-société-climat », dans *Multitudes*, vol. 4, n° 77, p. 54-60. En ligne : <https://www-cairn-info.camphrier-2.grenet.fr/revue-multitudes-2019-4-page-54.htm> (consulté le 15 décembre 2021).
- Zélem M.C., 2015.- « L'autonomie énergétique des territoires isolés et insulaires suppose un nouveau modèle énergétique : le cas de la Guyane et de La Réunion » dans *Sociologie de l'énergie : Gouvernance et pratiques sociales*, Paris, CNRS Editions, p. 83-95

NOTES

1. Par exemple culturel, physiologique, communicationnel, psychologique, etc.
2. Par exemple la densité de population, la pente, l'altitude, les conditions climatiques, etc.
3. *Verrous et Dynamiques de la Transition énergétique en Territoire de montagne*, USMB, 2019.
4. *Trajectoires Énergétiques dans les Alpes et les Andes, Regards croisés sur des territoires en transition*, Labex ITEM 2018-2020. Ce travail a été réalisé grâce au soutien financier du Labex ITEM (ANR-10-LABX-50-01) dans le cadre du programme « Investissements d'Avenir » géré par l'Agence nationale de la Recherche
5. Des entretiens semidirectifs ont ainsi été effectués avec des acteurs politiques des municipalités, et des intercommunalités, des espaces protégés (notamment les Parcs Nationaux), des acteurs techniques notamment des syndicats d'électrification et ENEDIS, des gestionnaires de

refuge et de gîtes ainsi que des habitants des hameaux ou vallées déconnectés. Ces entretiens ont été complétés par des observations de terrain.

6. Charbon, gaz, pétrole, nucléaire et dans une moindre mesure hydroélectricité.

7. Les services de restauration en refuge doivent par exemple respecter les chaînes du froid, ce qui les oblige à alimenter des congélateurs et des frigos forts consommateurs en énergie. Il est également nécessaire de pouvoir faire fonctionner en permanence les systèmes de télécommunication et les radios.

8. Les personnes fréquentant les refuges sont souvent demandeuses d'un certain niveau de confort notamment un service de douche et de l'eau chaude ainsi que la possibilité de recharger des appareils électroniques comme les téléphones portables. Cette demande est également liée à l'augmentation de l'usage de ces appareils pour la sécurité et l'orientation (GPS et cartographie numérique).

9. Leur puissance totale est de 19 kWc dont 6 kWc dévolus à la production d'eau chaude sanitaire.

10. Un espace protégé est ici entendu comme une étendue délimitée, socialement investie de valeurs, au sein duquel les pouvoirs publics décident de mesures de protection (réglementaires ou contractuelles, parfois par acquisition foncière) et de prescriptions (Laslaz *et al.*, 2020).

11. Les refuges de Chamossière, du Chardonnet, de Buffère et Ricou sont tous des refuges privés, le refuge du Pré de la Chaumette est un refuge FFCAM, tandis que le refuge de l'École est un refuge communal. C'est une variable clé quant à la capacité d'initiative en l'absence d'un opérateur commun comme le Parc national de la Vanoise

12. Le coût de raccordement a été estimé par Enedis à environ 1,2 millions d'euros, hors études et maîtrise d'œuvre.

13. Assises régionales de la montagne, le 23 février 2021 (en direct).

14. Panneaux solaires, batteries, pile à combustible, etc.

RÉSUMÉS

Les territoires de montagne ont une place particulière dans la transition énergétique, à la fois pour leur sensibilité au changement climatique et pour les ressources qu'elles renferment. La configuration géographique des territoires isolés leur donne un rôle clé dans le développement de solutions énergétiques déconnectées et une autonomie fondée sur le développement d'énergies renouvelables et de dispositifs de stockage efficaces. Ces sites permettent d'analyser les matérialités de ces solutions, les motivations qui les sous-tendent et de questionner la dépendance aux lieux et au sentier socio-technique fondé sur les réseaux électriques. Cet article interroge les matérialités énergétiques dans les sites isolés de montagne des Alpes. Il questionne les modalités de la (dé)connexion ainsi que leurs motivations par une approche multiscalaire, de l'échelle du bâtiment, à celle des hameaux d'altitude jusqu'à l'intégration de vallées. Cette analyse informe plus largement les matérialités de l'isolement dans la transition énergétique, créant des espaces catalyseurs d'innovations et d'expérimentation d'une transition fondée sur un modèle énergétique, sobre, efficace et décentralisé.

Mountain territories have a special role in the energy transition, because of their sensitivity to climate change and for the natural resources they contain. The geographical configuration of isolated territories gives them a key role in the development of disconnected energy solutions, through autonomous and renewable ones. These sites enable the study of the solutions'

materiality and authorizes questioning the place dependence and the socio-technical path based on electrical networks. This article aims at exploring the energy materialities in isolated mountain sites in the Alps. It questions the modalities of (de)connection as well as their motivations through a multiscalar approach, from the buildings, to high altitude hamlets, and to the integration of valleys. This analysis informs more broadly the materialities of isolation in the energy transition, creating catalytic spaces for innovation and experimentation of a transition based on a sober, efficient and decentralized energy model.

INDEX

Mots-clés : transition énergétique, site isolé, territoire de montagne, autonomie énergétique, refuge de montagne

Keywords : energy transition, isolated site, mountain territory, energy autonomy, mountain refuge

AUTEURS

MARIE FORGET

Université Savoie Mont-Blanc, Laboratoire EDYTEM

KILIAN AYROLES

Université Savoie Mont-Blanc, Laboratoire EDYTEM